

8. Fu, K., Zhu, D., Zhang, Y., Zhang, C., Wang, X., Wang, C., Jiang, T., Mao, F., Meng, X., & Yu, H. (2023). Predictive modeling of tensile strength in aluminum alloys via machine learning. *Materials*, 16(22).
9. Liang, T., Wang, J., Xue, C., Zhang, C., & Zhang, M. (2022). Design of high strength and electrically conductive aluminium alloys by machine learning. *Materials Science and Technology*, 38, 116–129.
10. Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 4765–4774.
11. Ramprasad, R., Batra, R., Pilania, G., et al. (2017). Machine learning in materials informatics: Recent applications and prospects. *npj Computational Materials*, 3, Article 54.

УДК 621.01:629.3

ГЕНЕРАТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ВАЖЕЛЯ СТІЙКИ СТАБІЛІЗАТОРА АВТОМОБІЛЯ JEEP COMPASS ДЛЯ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Д.О. Довгаль

доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

Анотація. У роботі розглянуто застосування генеративного проектування для оптимізації важеля стійки стабілізатора автомобіля Jeep Compass. Вихідна деталь виготовляється з полімерного матеріалу методом лиття та має обмеження за геометрією. Побудовано розрахункову схему з урахуванням реальних умов навантаження та виконано генеративне проектування в середовищі Autodesk Fusion 360. Отримано оптимізовану конструкцію, орієнтовану на адитивне виробництво, зі зменшеною масою та покращеним розподілом напружень.

Ключові слова: генеративний дизайн, Autodesk Fusion 360, важель стійки стабілізатора, 3D-моделювання, оптимізація конструкції.

GENERATIVE DESIGN OF A STABILIZER LINK ARM FOR JEEP COMPASS USING ADDITIVE MANUFACTURING

Denys Dovhal

Ph.D., Associate Professor, Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

Abstract. The paper considers the application of generative design for optimizing a stabilizer link arm of a Jeep Compass vehicle. The original part is made of polymer material using injection molding, which imposes geometric constraints. A structural model is developed considering real loading conditions. Generative design is performed in Autodesk Fusion 360, resulting in a lightweight and structurally efficient design adapted for additive manufacturing.

Keywords: generative design, Autodesk Fusion 360, stabilizer link arm, 3D modeling, structural optimization.

Вступ. Важелі стійок стабілізатора є важливими елементами підвіски автомобіля, які забезпечують передачу зусиль між стабілізатором поперечної стійкості та елементами підвіски (рис. 1). Вони працюють в умовах циклічних механічних навантажень, що вимагає забезпечення достатньої міцності, жорсткості та довговічності конструкції.



Рис. 1. – Ричаг стійки стабілізатора передньої підвіски

Сучасні конструкції таких деталей часто виготовляються з полімерних матеріалів методом лиття, що дозволяє зменшити масу виробу. Проте технологія лиття накладає обмеження на форму деталі, що призводить до нераціонального розподілу матеріалу та наявності зон із надлишковою масою.

Унаслідок цього виникають такі проблеми:

- надлишкова матеріалоемність;
- неефективний розподіл напружень;
- обмежені можливості оптимізації геометрії;
- невідповідність форми реальним умовам навантаження.

Сучасні підходи генеративного проектування дозволяють формувати конструкцію за принципом: **«навантаження → розподіл матеріалу → форма»**, що особливо ефективно у поєднанні з адитивними технологіями.

Мета роботи полягає у розробці оптимізованої конструкції важеля стійки стабілізатора передньої підвіски автомобіля Jeep Compass методом генеративного проектування з урахуванням реальних навантажень та адаптацією під адитивне виробництво.

Матеріал і результат досліджень. Як вихідний об'єкт дослідження прийнято важіль стійки стабілізатора автомобіля Jeep Compass, який виготовляється з полімерного матеріалу методом лиття (Рис. 2).



Рис. 2. – Вихідна модель важеля стійки стабілізатора

Основні особливості конструкції:

- наявність двох посадочних зон під шарові опори;
- подовжена геометрія важеля;
- робота на вигин та частково на кручення;
- полімерна структура корпусу.

Значна частина матеріалу в центральній зоні не бере ефективної участі у сприйнятті навантажень, що свідчить про потенціал оптимізації.

Важіль стійки стабілізатора працює як проміжний силовий елемент, що з'єднує стабілізатор поперечної стійкості з амортизаційною стійкою передньої підвіски. При русі автомобіля, особливо під час наїзду на нерівності та в поворотах, на нього діють змінні зусилля, які передаються через шарнірні з'єднання (рис. 3).

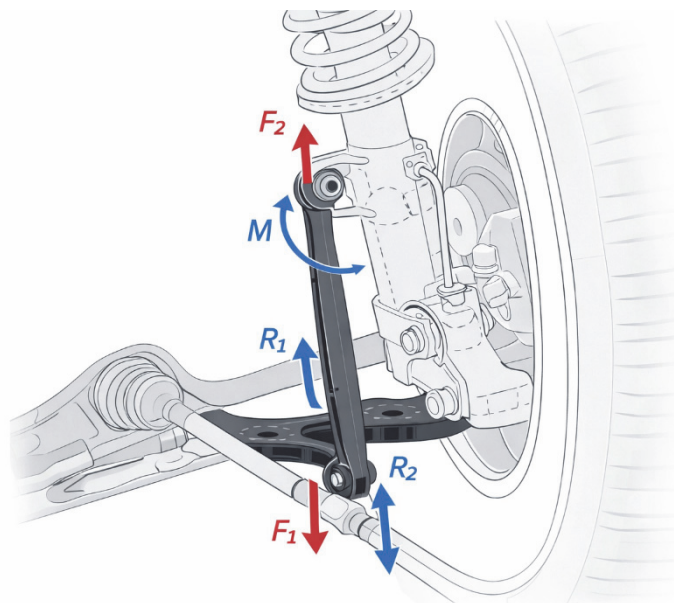


Рис. 3. – Розрахункова схема силового навантаження важеля стійки стабілізатора

На важіль стійки стабілізатора діють сили, що передаються від стабілізатора поперечної стійкості та амортизаційної стійки. У нижньому шарнірі виникає сила F_1 , що прикладається з боку стабілізатора, а у верхньому — сила F_2 , що є реакцією з боку амортизаційної стійки. Унаслідок дії цих сил у тілі важеля виникають внутрішні реакції R_1 , R_2 , а також згинальний момент M . Таким чином, важіль працює в умовах складного напруженого стану, що включає осьове навантаження, поперечний вигин та циклічну дію змінних сил.

У розрахунковій схемі (рис. 2) важеля стійки стабілізатора на його кінцях діють сили F_1 та F_2 , що передаються відповідно від стабілізатора поперечної стійкості та амортизаційної стійки. Для розрахунків прийнято $F_1 = F_2 = 2500$ Н. Додатково враховано поперечне навантаження $Q = 300$ Н, що імітує перекося в шарнірних з'єднаннях. Для перевірки міцності розглянуто перевантажувальний режим із силами $F_1 = F_2 = 3500$ Н.

Генеративне проектування важеля стійки стабілізатора виконувалося в середовищі Autodesk Fusion 360 з урахуванням умов роботи деталі в складі передньої підвіски автомобіля.

У середовищі Autodesk Fusion 360 геометрія моделі була сформована з використанням трьох типів областей (рис. 4): зелені тіла (Preserve Geometry) задають незмінні зони — посадочні втулки, що забезпечують приєднання деталі; червоні тіла (Obstacle Geometry) визначають заборонені області (внутрішні отвори та торцеві поверхні), у яких не допускається формування матеріалу; жовта область (Design Space) відповідає центральній частині важеля та є простором, у межах якого виконується генеративне формування конструкції.

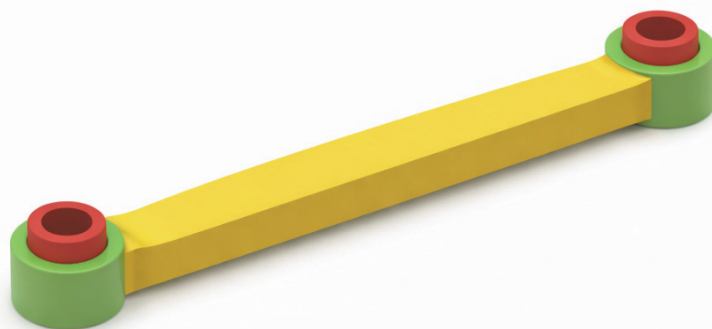


Рис. 4. – Формування вихідної геометрії для генеративного проектування важеля

Після задання граничних умов, навантажень та обмежень у середовищі Autodesk Fusion 360 було виконано генеративний синтез конструкції важеля стійки стабілізатора. У результаті обчислювального процесу отримано декілька варіантів геометрії, що відповідають заданим критеріям міцності, жорсткості та мінімізації маси.

На рис. 4 наведено приклади сформованих рішень, які відрізняються конфігурацією внутрішньої структури, розподілом матеріалу та характером силових елементів. Усі варіанти забезпечують передачу навантаження між посадочними зонами, проте мають різний ступінь оптимізації, що дозволяє обрати найбільш раціональну конструкцію з урахуванням технологічних та експлуатаційних вимог.

Один із представлених варіантів (рис. 6) прийнято як базовий для подальшого аналізу та доопрацювання, оскільки він характеризується оптимальним поєднанням жорсткості, маси та рівномірності розподілу напружень.



Рис. 5. – Варіанти генеративно сформованих конструкцій важеля стійки стабілізатора

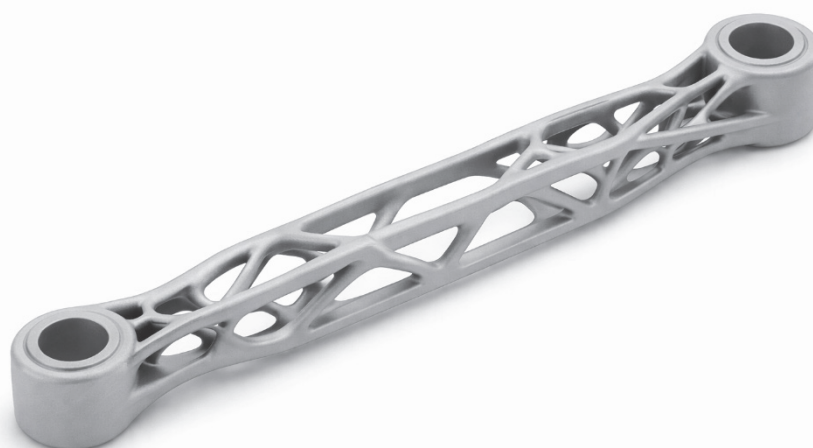


Рис. 6. – Оптимізована генеративна модель важеля стійки стабілізатора для подальшого аналізу

Для оцінки ефективності генеративного проектування виконано порівняльний аналіз вихідної конструкції важеля стійки стабілізатора та оптимізованої моделі. Вихідний важіль має традиційну геометрію з частково порожнистою структурою, що забезпечує необхідну міцність, проте характеризується надлишковою масою та нерівномірним розподілом напружень.

Генеративна конструкція формує біонічну структуру відповідно до силових потоків, забезпечуючи раціональний розподіл матеріалу. Це дозволяє зменшити масу деталі приблизно на 25–40% при збереженні жорсткості та підвищенні ефективності роботи матеріалу (табл. 1).

Табл.1. – Результати порівняльного аналізу вихідної та оптимізованої конструкцій важеля

Параметр	Вихідна конструкція	Генеративна конструкція
Тип структури	Суцільна / ребриста	Біонічна, гратчаста
Маса	≈ 300–350 г (100%)	≈ 180–250 г (60–75%)
Матеріал	РА6 / РА6-GF	РА-CF / РА6-GF (для 3D-друку)
Розподіл напружень	Нерівномірний	Рівномірний
Ефективність матеріалу	Середня	Висока
Технологія	Лиття	Адитивне виробництво

Висновки.

1. Виконано генеративне проектування важеля стійки стабілізатора автомобіля Jeep Compass з урахуванням умов навантаження та експлуатації.
2. Сформовано розрахункову схему та визначено основні силові фактори, що діють на деталь.
3. У середовищі Autodesk Fusion 360 отримано декілька варіантів генеративних конструкцій, що відрізняються геометрією та розподілом матеріалу.
4. Встановлено, що оптимізована конструкція забезпечує зменшення маси на 25–40% при збереженні міцності та жорсткості.
5. Підтверджено доцільність застосування адитивних технологій для виготовлення біонічних конструкцій складної форми.
6. Показано ефективність використання генеративного проектування для оптимізації деталей підвіски автомобілів.

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. Thompson, M. K., Moroni, G., Vaneker, T., Fadel, G., Campbell, R. I., Gibson, I., Bernard, A., Schulz, J., Graf, P., Ahuja, B., & Martina, F. (2016). Design for additive manufacturing:

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