



Review Article

Received: November 21, 2023

Accepted: December 31, 2023

Published: January 25, 2024

ISSN 2658-5553

Roadblock made from plastic processing products

Nazinyan, Levon Gaikovich^{1*} 
Shevchenko, Sergey Mikhailovich¹ 

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation;
nazinyan.lg@edu.spbstu.ru (N.L.G.); shef10b@yandex.ru (S.S.M.)

Correspondence:* email nazinyan.lg@edu.spbstu.ru; contact phone [+79189026085](tel:+79189026085)

Keywords:

Plastic roads; Simulation; Abaqus; Stress concentration analysis; Stress distribution

Abstract:

The object of research is a polymer roadblock made from plastic processing products. The study is aimed at determining the optimal geometric and structural characteristics of the polymer block, which will provide the necessary strength when loaded by cars. **Methods.** Modeling of the main stresses of the block took place in the Simula Abacus software package. **Results.** Analysis of the distribution of compressive stresses in the initial cross-sectional area showed that peaks of compressive stresses are achieved in the internal corners of the block at the places where the load is applied. Stress concentration occurs when the cross section of the block changes abruptly. A smoother transition from one section to another made it possible to significantly reduce the resulting stress concentration. Rounding corners increases the material consumption of the block, which requires determining the optimal rounding radius.

1 Introduction

Применение продуктов переработки пластиковых отходов в дорожном строительстве набирает популярность в мире [1], [2]. Целью исследования является разработка экологически устойчивого и эффективного дорожного блока из переработанного пластика для обеспечения устойчивости и прочности дорожного покрытия, минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Объектом исследования является применение пластиковых материалов в дорожном строительстве, а предметом исследования является разработка и анализ экологически устойчивого пластикового дорожного блока.

В исследованиях [3], [4] рассматривается использование переработанного пластика в асфальтовом покрытии. В результате был сделан вывод, что такая модификация продлевает срок службы дороги и делает её более прочной.

Использование переработанного пластика в дорожном полотне увеличило его устойчивость к износу и разрыву [5].

Модификация асфальта переработанным пластиком показывает снижение влагостойкости от 5 до 22% в зависимости от содержания пластика, однако дает такие преимущества, как значительное повышение усталостной прочности на 150% и сопротивление колеечности на 85% по сравнению с обычным горячим асфальтом [6].

Однако не все способы являются экологически безопасными. Эффективных методов отслеживания потенциальной экологической опасности, которую представляет использование отходов пластика в верхних слоях дорожного полотна, все ещё нет [7], [8].

Был обнаружен выброс токсинов в окружающую среду при термической обработке пластика и его атмосферном окислении [9].

Исследования [10], [11] показали, что необдуманное использование продуктов переработки пластмасс может вызвать проблемы с экологией в будущем. Такое использование пластиковых



отходов представляет собой попытку лишь отсрочить, а не решить реальные экологические проблемы.

Смешанные пластиковые отходы с асфальтобетонной смесью имеют вероятность попадания токсичных веществ в окружающую среду [12], [13].

В работе [14] смоделировали истирание асфальта, модифицированного пластиком. Включение переработанного пластика в качестве модификатора в битумную смесь привело к более раннему выделению микропластика по сравнению с его добавлением в качестве заполнителя в асфальтовую смесь.

Проблемы, связанные со строительством пластиковых дорог, включают широкую вариативность состава пластика и его свойств после переработки, что влияет на механические свойства и воздействие дорог на окружающую среду [15], [16].

Изучены недостатки использования пластиков в качестве добавки к асфальтобетонной смеси. Из недостатков некоторых пластмасс отмечено выделение токсичных веществ, изменение цвета и ухудшение физических свойств. Перспективными выделены полиэтилен высокого и низкого давления, полиуретан и полиэтилентерефталат [17], [18].

Новая дорожная конструкция с использованием композиции пластика, стали и асфальтобетонной смеси была предложена в работе [19]. Основными несущими слоями является стальная пластина и полимерный материал. В результате анализа были выявлены преимущества подобной конструкции перед обычной асфальтобетонной дорогой.

Пластиковый дорожный модульный блок был спроектирован, как альтернатива обычному асфальтобетону [20]. В качестве материала использовался переработанный пластик. Из достоинств была отмечена простота крепления блоков между собой, долговечность и прочность, а также хорошее сцепление шин с поверхностью.

В работе [21] представлена идея применения армированных композиционных пластмасс в создании плит проезжей части и тротуаров.

В статье [22] представлена конструкция модульной дорожной пластиковой плиты, которая может быть использована в качестве проезжей части.

Дорожные блоки из продуктов переработки пластиковых отходов представлены в работе [23]. Блоки оказались устойчивы к нагрузке от автомобилей и атмосферному воздействию.

Сравнение двух способов внедрения продуктов переработки пластика в дорожное строительство было проведено в работах [24], [25]. Были сделаны выводы, что создание модульных плит или слоев дорожной одежды является более выгодным способом с экологической точки зрения, по сравнению с модификацией асфальтобетонной смеси.

В результате обзора можно сделать вывод, что использование пластиковых материалов в дорожном строительстве представляет собой перспективное направление, при условии правильного подхода к выбору материалов и методов их применения. Разработка и внедрение пластиковых дорожных блоков представляются более экологически обоснованным решением по сравнению с традиционными методами дорожного строительства, требующими использования неэкологичных материалов. Исследования в направлении цельных пластиковых дорожных блоков немногочисленны и требуют доработок, которые касаются увеличения прочности и снижения материалоемкости.

Целью данного исследования является проектирование дорожного блока из продуктов переработки пластика, который будет обладать наиболее эффективной конструкцией с точки зрения прочности. Также будет произведено моделирование нагружения различных вариантов блока в программном комплексе Simula Abaqus, по результатам которого будет произведена оптимизация конструкции и выбор оптимальной формы.

2 Materials and Methods

В данном исследовании с помощью программного комплекса Abaqus (<https://www.3ds.com/products/simulia/abaqus>) моделируется возникновение основных напряжений и их распределение в области поперечного сечения неподвижного полимерного блока при приложении к нему нагрузки. Блок имеет монолитное прямоугольное сечение длиной 7 м, шириной 3 м и высотой 0.4 м. Также имеются полости, разделенные непрерывными по всей длине перегородками. В качестве нагрузки используется давление отпечатка колеса легкового автомобиля площадью 0.04 м^2 величиной 0.45 МПа. Схема нагружения представлена 3 автомобилями, стоящими в ряд на расстоянии 0.5 м друг от друга между колесами. Исходя из

Nazinyan, L.; Shevchenko S.

Roadblock made from plastic processing products;

2024; AlfaBuild; 30 Article No 3004. doi: 10.57728/ALF.30.4

характера распределения концентраций и величины пиковых напряжений, были определены опасные сечения блока. После анализа полученных напряжений сечение блока было оптимизировано. Программный комплекс Abaqus использует в своих расчетах метод конечных элементов. Для расчетов были приняты следующие характеристики материала: коэффициент Пуассона 0.4, плотность 900 кг/м^3 и модуль упругости полипропилена $E = 90 \cdot 10^7 \text{ Па}$.

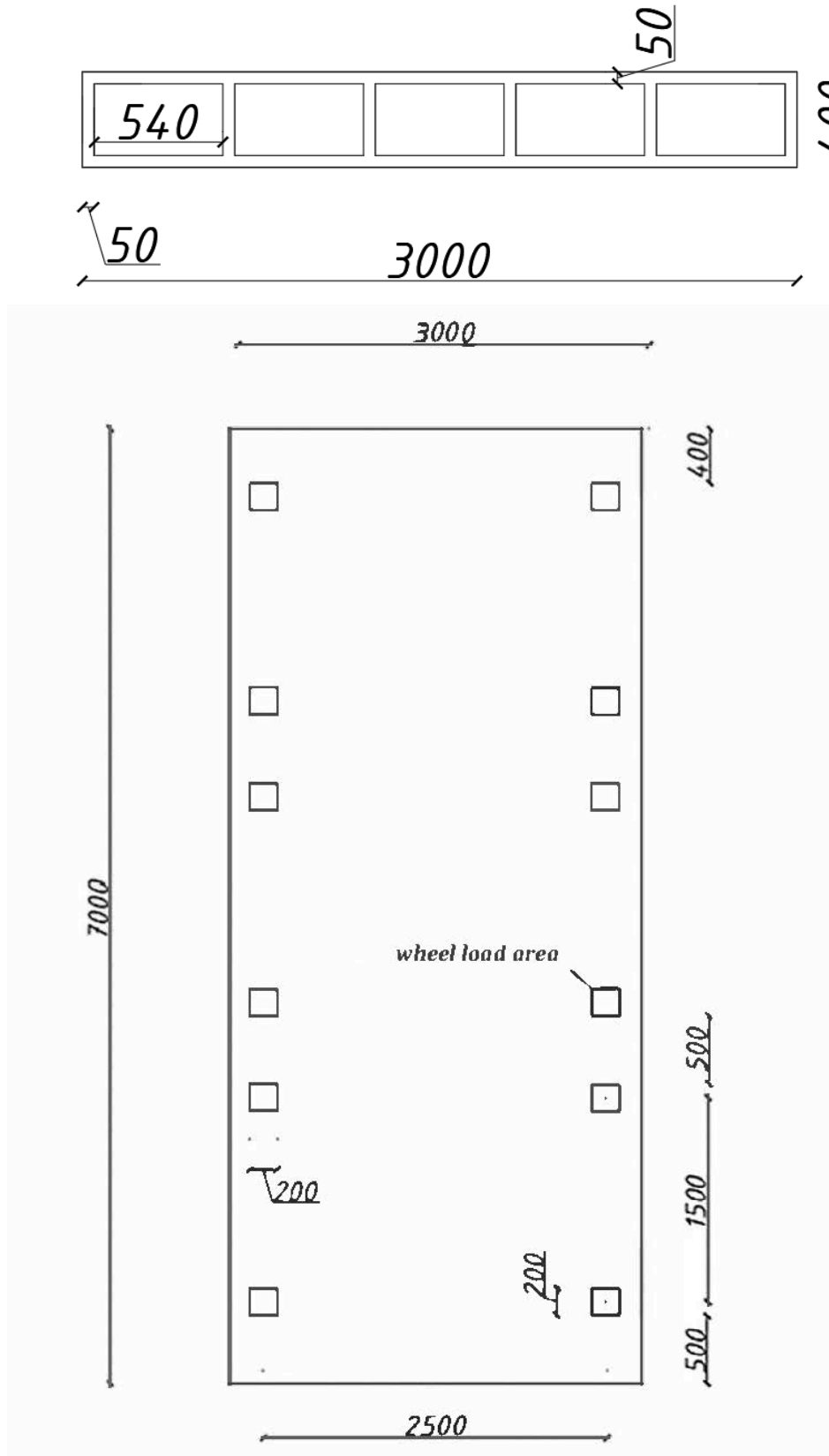


Fig. 1 - Calculation diagram of block loading
Рис. 1 - Расчетная схема нагружения блока

3 Results and Discussion

В результате было смоделировано распределение основных напряжений в конструкции блока под действием нагрузки, соответствующей нагрузке колеса легкового автомобиля (рис. 2, рис. 3). Определены наиболее опасные участки (рис. 4, рис. 5) для дальнейшей модификации сечения.

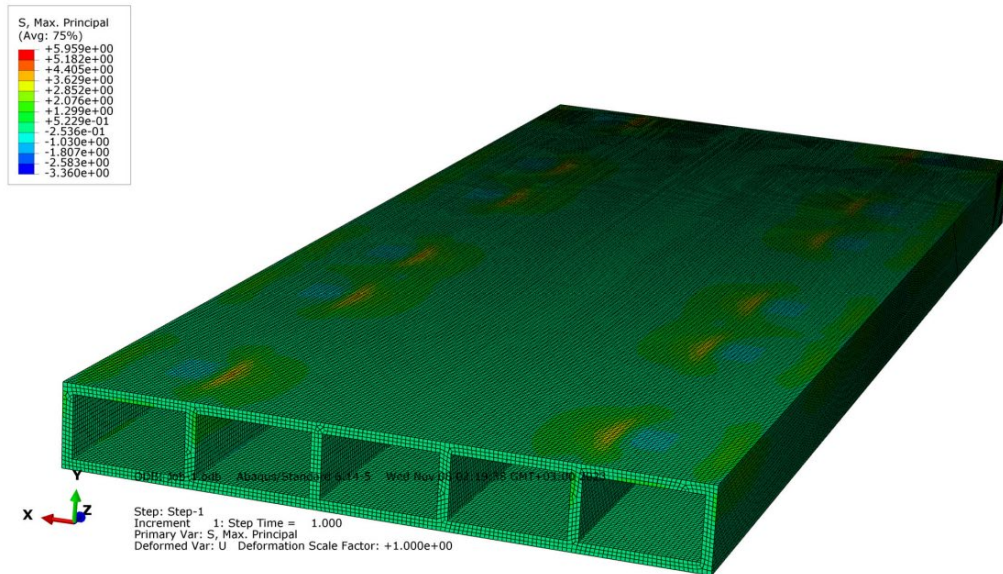


Fig. 2 - Distribution of main stresses in the block structure
Рис. 2 - Распределение основных напряжений в конструкции блока

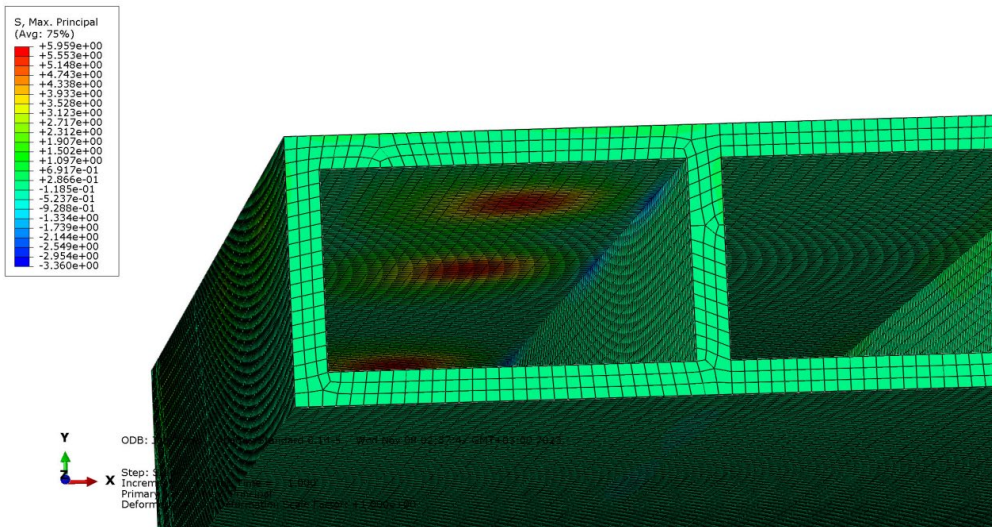


Fig. 3 - Distribution of main stresses in the block structure in the load summation zone
Рис. 3 - Распределение основных напряжений в конструкции блока в зоне суммирования нагрузок

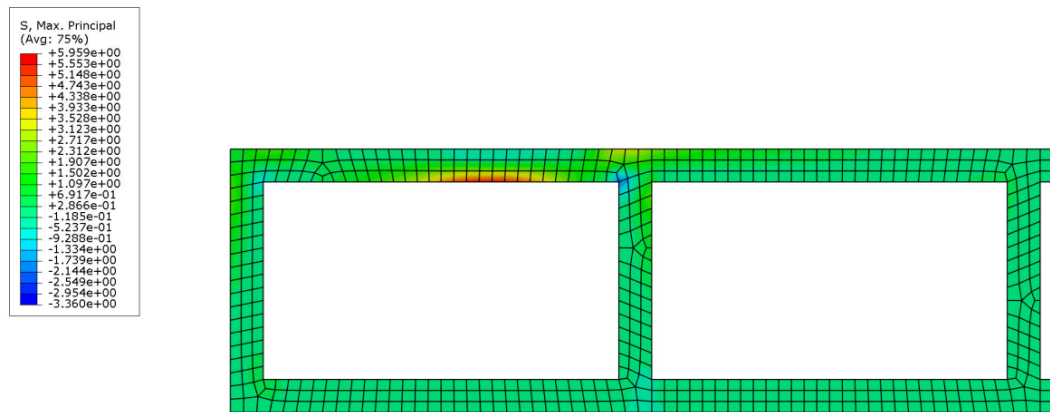


Fig. 4 - Distribution of main stresses over the dangerous section of the block
Рис. 4 - Распределение основных напряжений по опасному сечению блока

На рисунке 4 показано распределение основных напряжений по опасному сечению блока. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в верхней зоне внешней стенки блока концентрация наибольших сжимающих напряжений (отмечена синим цветом) достигается в местах приложения нагрузки (0.47 МПа). Концентрация наибольших растягивающих напряжений расположена над внутренними перегородками (2.9 МПа). В нижних зонах внешней стенки наибольшие растягивающие напряжения находятся под зонами приложения нагрузки, достигая 5.6 МПа. Наибольшие сжимающие напряжения находятся в местах примыкания внутренних стенок блока к наружным стенам, достигая 2.2 МПа. В зоне суммирования сил нижней зоны напряжение достигает 1 МПа в точке между площадями нагружения и растет по мере отдаления от центра, достигая пика в 5.6 МПа. В зоне суммирования сил верхней зоны напряжение достигает 0.42 МПа в точке между площадями и растет по мере отдаления от центра.

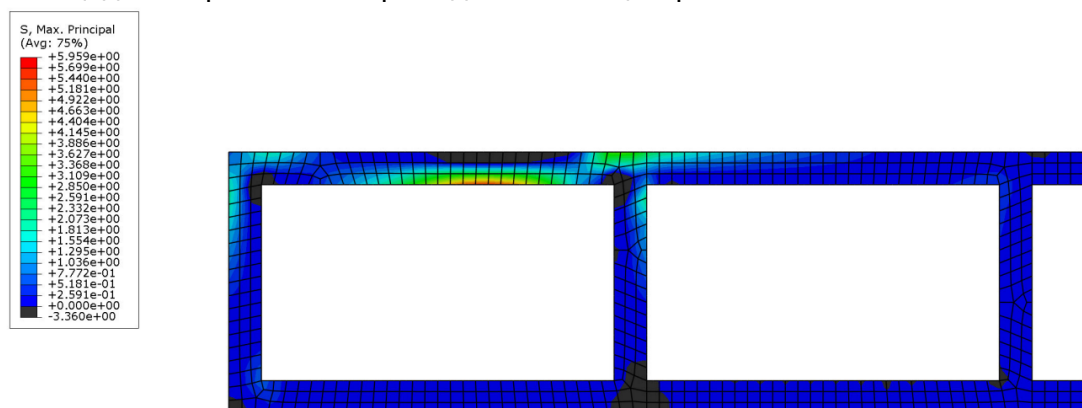


Fig. 5 - Distribution of concentrations of the main tensile stresses along the dangerous section of the block

Рис. 5 - Распределение концентраций основных растягивающих напряжений по опасному сечению блока

На рисунке 5 показано распределение концентраций основных растягивающих напряжений по опасному сечению блока. Сжимающие напряжения в данном случае были скрыты для большей наглядности. Обратим внимание на распределение напряжений. Стоит подчеркнуть, что в некоторых местах картина распределения максимальных растягивающих напряжений является «сквозной», т.е. растягивающие напряжения проходят через стенки блока, а в некоторых

напряжения возникают только на части сечения. Кроме того, в областях, отмеченных синим цветом, также имеются растягивающие напряжения, хотя их значения невелики.

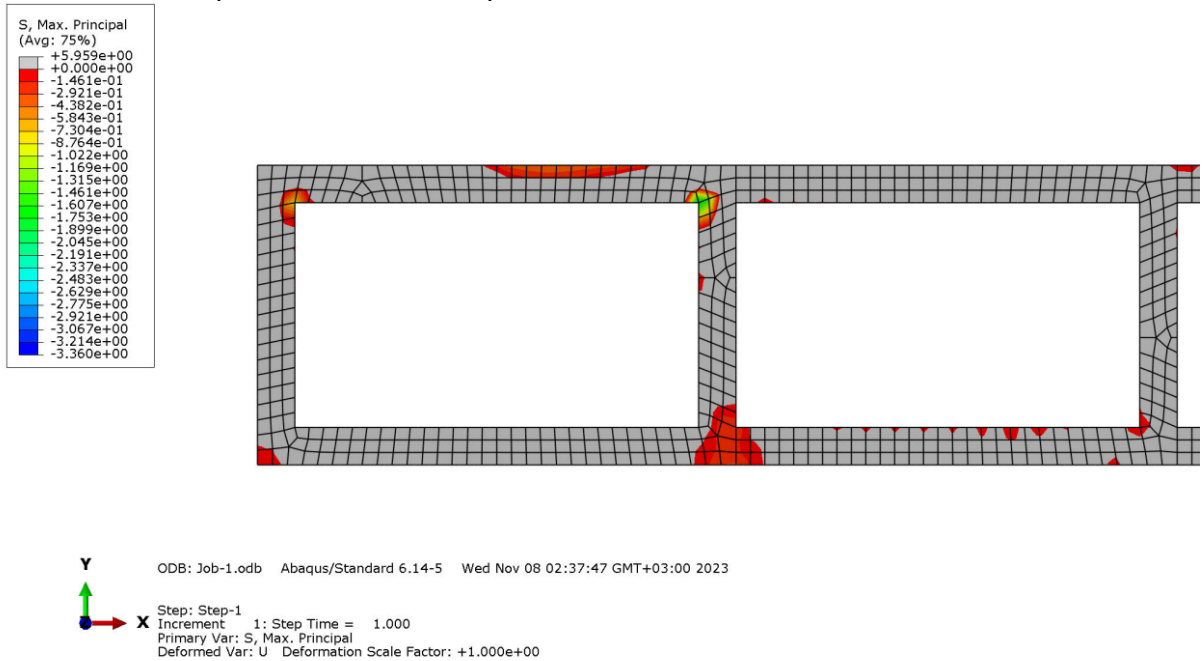


Fig. 6 - Distribution of concentrations of the main compressive stresses over the dangerous section of the block

Рис. 6 - Распределение концентраций основных сжимающих напряжений по опасному сечению блока

На рисунке 6 показано распределение концентраций основных сжимающих напряжений по сечению блока. Растягивающие напряжения в данном случае были скрыты для большей наглядности. Обратим внимание на распределение напряжений. Пики сжимающих напряжений (отмечены красным цветом) достигаются в верхней зоне внешней стены блока, куда приложена нагрузка, а также в углах примыкания внутренних стенок к внешним. Также опасной зоной является нижняя зона внешней стенке. Кроме того, в областях, отмеченных красным цветом, также имеются сжимающие напряжения. Их значения невелики, но их расположение в этих местах говорит нам о потенциальном развитии трещин на этих участках.

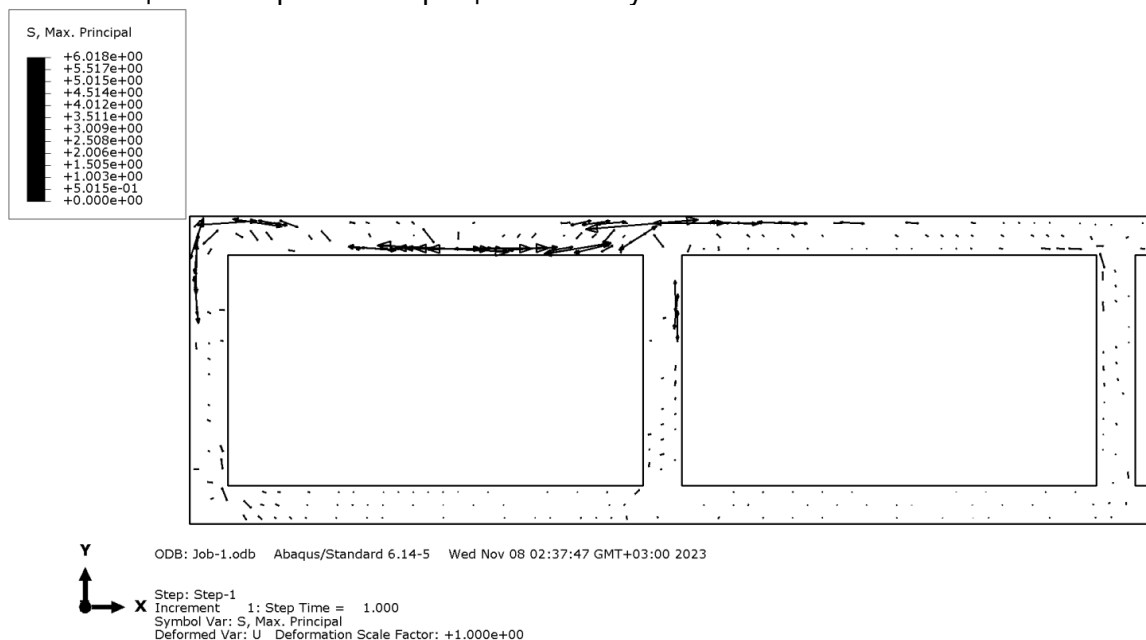


Fig. 7 - Diagram of the directions of tensile stresses acting on the block

Рис. 7 - Схема направлений растягивающих напряжений, действующих на блок

В дополнение к вышесказанному, для более наглядной демонстрации результатов было также смоделировано распределение растягивающих и сжимающих напряжений в блоке при приложении к нему вышеупомянутого нагрузки (рис. 7, рис. 8). Как видно из схемы (рис. 7), наибольшие растягивающие напряжения достигаются в верхней зоне на стыках внешних стенок, а также в нижней зоне верхней стенки, где расположено место приложения нагрузки, что наблюдалось при моделировании распределения главных напряжений в сечении блока.

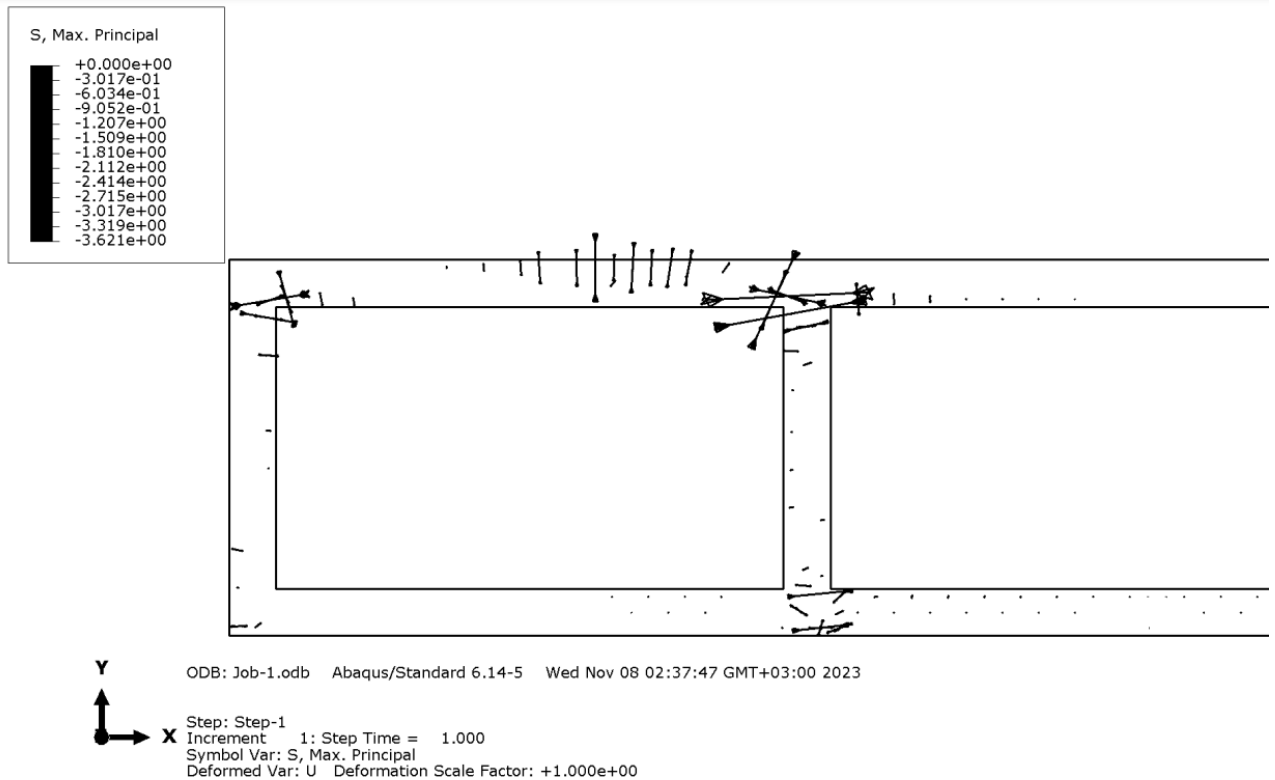


Fig. 8 - Diagram of the directions of compressive stresses acting on the block
Рис. 8 - Схема направлений сжимающих напряжений, действующих на блок

Наибольшие сжимающие напряжения (рис. 8) достигаются в местах примыкания внутренних стенок к наружным, а также в верхней зоне, где расположено место приложения нагрузки, что наблюдалось при моделировании распределения главных напряжений в сечении блока. Более того, сжимающие напряжения, действующие на стык внутренней стенки с верхней наружной стенкой, больше, чем в остальных зонах.

Подводя промежуточные итоги, можно сделать следующие практические выводы. Во-первых, пики сжимающих напряжений достигаются во внутренних углах блока в местах приложения нагрузки. В указанных местах напряжения распределяются по определенной площади, которая незначительно выходит за границы указанных участков. Во-вторых, пики растягивающих напряжений расположены над внутренними перегородками и в нижней зоне внешней стенки в месте приложения нагрузки. В-третьих, концентрация напряжений происходит при резком изменении сечения блока, соответственно, условное округление участков концентрации напряжений уменьшит возникающие в них напряжения. Этому и будет посвящена вторая часть статьи.

Для уменьшения концентрации напряжений в местах резкого изменения сечения было решено модифицировать блок таким образом, чтобы переход от одного сечения к другому был более плавным. Для этого все внутренние углы блока скругляются с радиусом 50 мм.

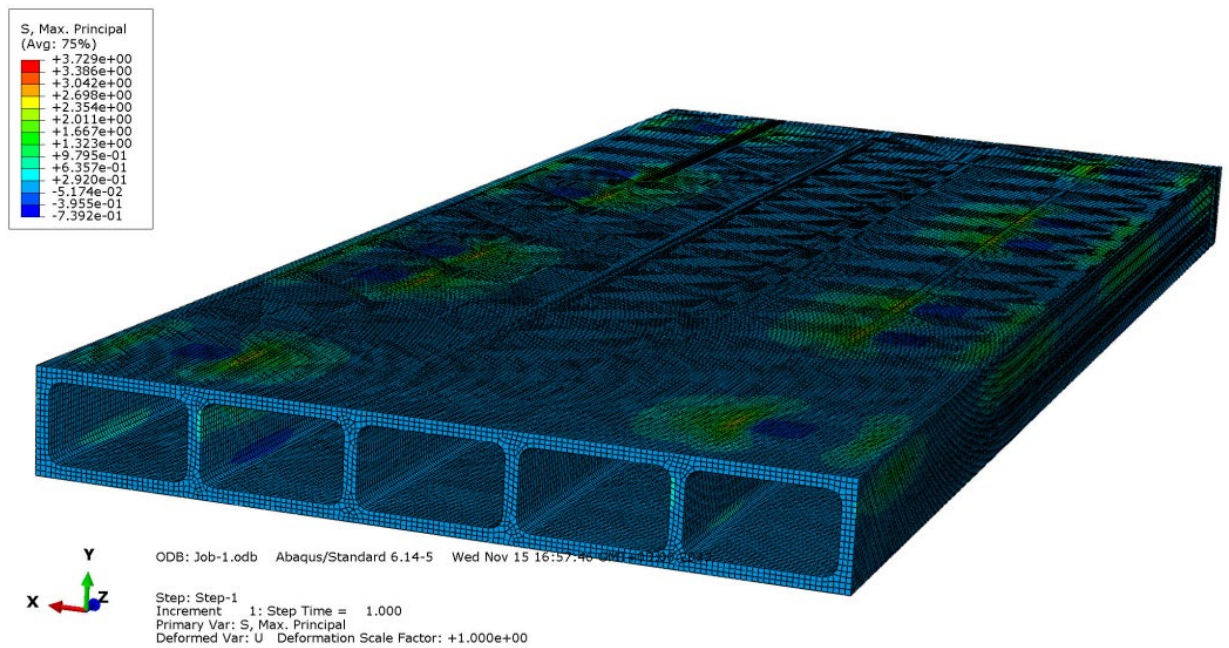


Fig. 9 - Distribution of main stresses in the structure of the modified block

Рис. 9 - Распределение основных напряжений в конструкции модифицированного блока

Раскрывая специфические особенности распределения основных напряжений по новому сечению, можно отметить, что оптимизация геометрии позволила более плавно распределить как сжимающих, так и растягивающих напряжений. Уместно будет обратить внимание на оба случая по отдельности. В случае сжимающих напряжений зона пиковых напряжений расширилась во внутренних углах блока, но их величина значительно уменьшалась.

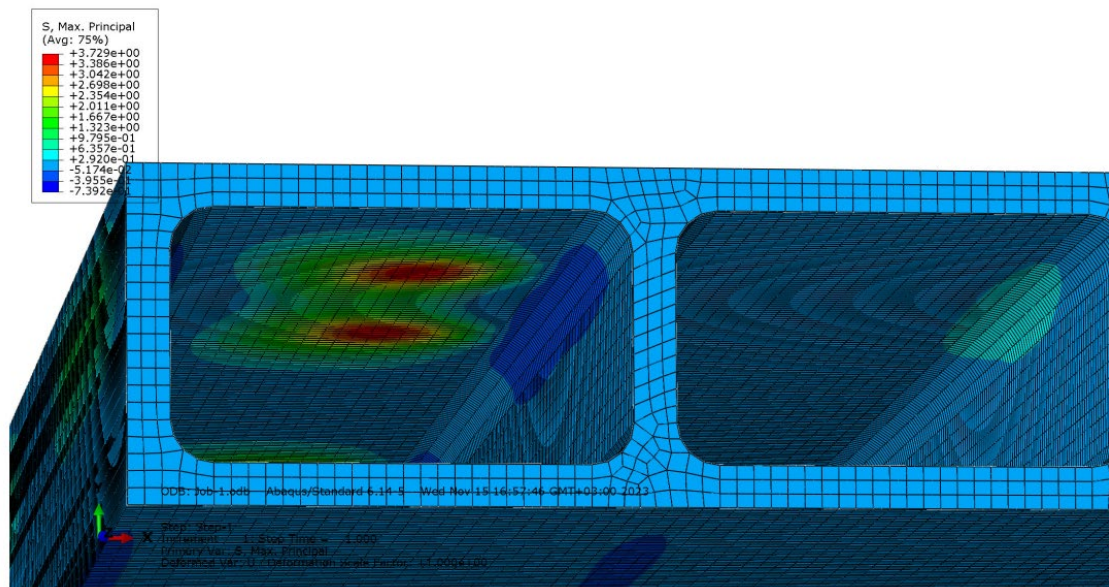


Fig. 10 - Distribution of main stresses in the structure of the modified block in the load summation zone

Рис. 10 - Распределение основных напряжений в конструкции модифицированного блока в зоне суммирования нагрузок

На рисунке 11 показано распределение основных напряжений по опасному сечению модифицированного блока. В модифицированном блоке в верхней зоне внешней стенки концентрация наибольших сжимающих напряжений (отмечена синим цветом) достигается в

местах приложения нагрузки (0.47 МПа). Концентрация наибольших растягивающих напряжений расположена над внутренними перегородками (1.6 МПа).

В нижних зонах верхней стенки наибольшие растягивающие напряжения находятся под зонами приложения нагрузки, достигая 3.6 МПа. Наибольшие сжимающие напряжения находятся в местах примыкания внутренних стенок блока к наружным стенам, достигая 0.7 МПа.

В зоне суммирования сил нижней зоны верхней стенки напряжение достигает 0.8 МПа в точке между площадями нагружения и растет по мере отдаления от центра, достигая пика в 3.6 МПа. В зоне суммирования сил верхней зоны верхней стенки напряжение достигает 0.35 МПа в точке между площадями и растет по мере отдаления от центра.

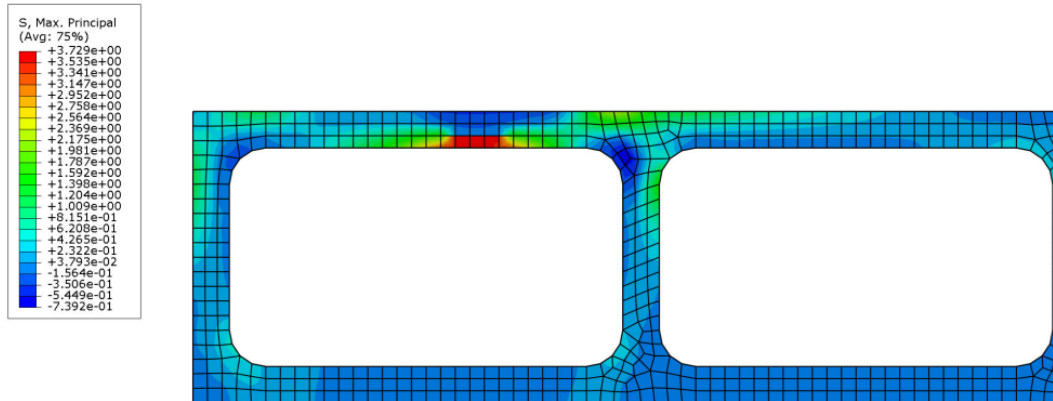


Fig. 11 - Distribution of main stresses over the dangerous section of the modified block
Рис. 11 - Распределение основных напряжений по опасному сечению модифицированного блока

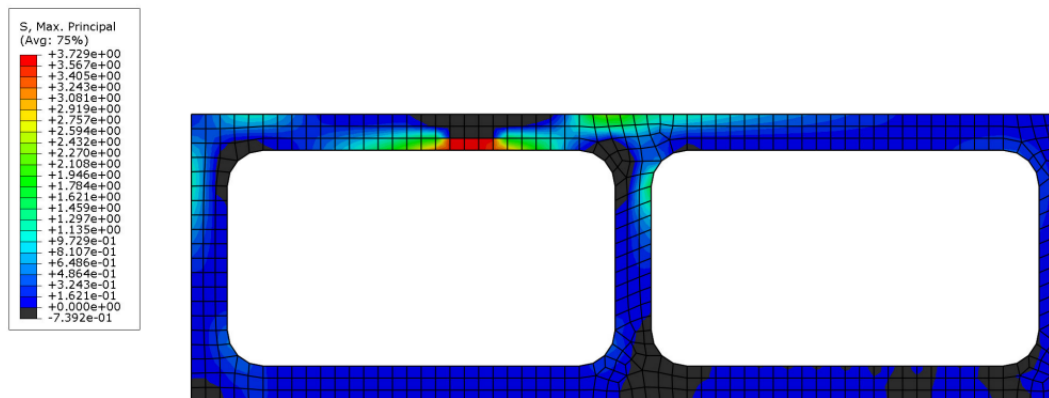


Fig. 12 - Distribution of concentrations of the main tensile stresses along the dangerous section of the modified block
Рис. 12 - Распределение концентраций основных растягивающих напряжений по опасному сечению модифицированного блока

На рисунке 12 показано распределение концентраций основных растягивающих напряжений по опасному сечению модифицированного блока. Сжимающие напряжения в данном случае были скрыты для большей наглядности. В некоторых местах картина распределения максимальных растягивающих напряжений является «сквозной», как и до модификации сечения. Однако значение напряжений заметно уменьшилось.

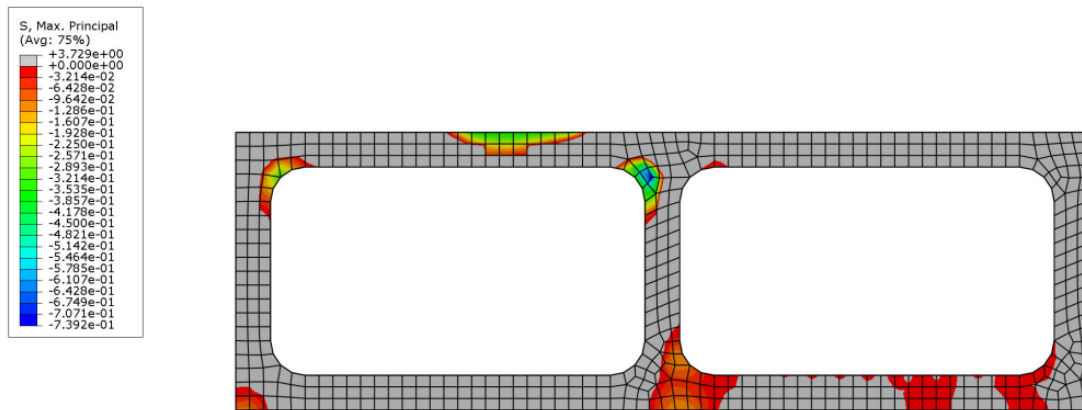


Fig. 13 - Distribution of concentrations of the main compressive stresses along the dangerous section of the modified block

Рис. 13 - Распределение концентраций основных сжимающих напряжений по опасному сечению модифицированного блока

На рисунке 13 показано распределение концентраций основных сжимающих напряжений по сечению блока. Растягивающие напряжения в данном случае были скрыты для большей наглядности. После модификации блока зоны сжимающих напряжений увеличились во внутренних углах блока. Однако их значение уменьшилось, что подтверждает более равномерное распределение нагрузки в новом сечении.

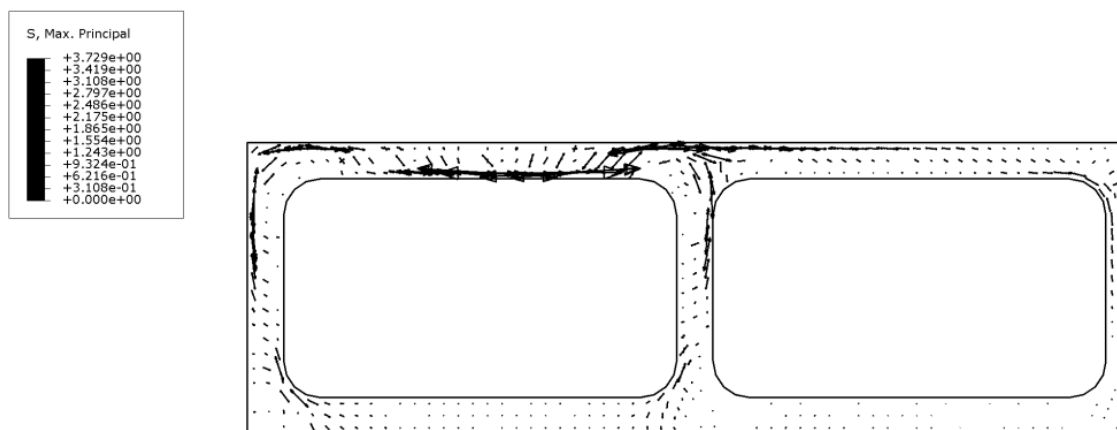


Fig. 14 - Diagram of the directions of tensile stresses acting on the modified block

Рис. 14 - Схема направлений растягивающих напряжений, действующих на модифицированный блок

Как видно из схемы (рис. 14), наибольшие растягивающие напряжения практически не изменили характера своего распределения после модификации. Верхняя зона на стыках внешней стенки с внутренней и нижняя зона верхней внешней стенки сохранили свой размер.

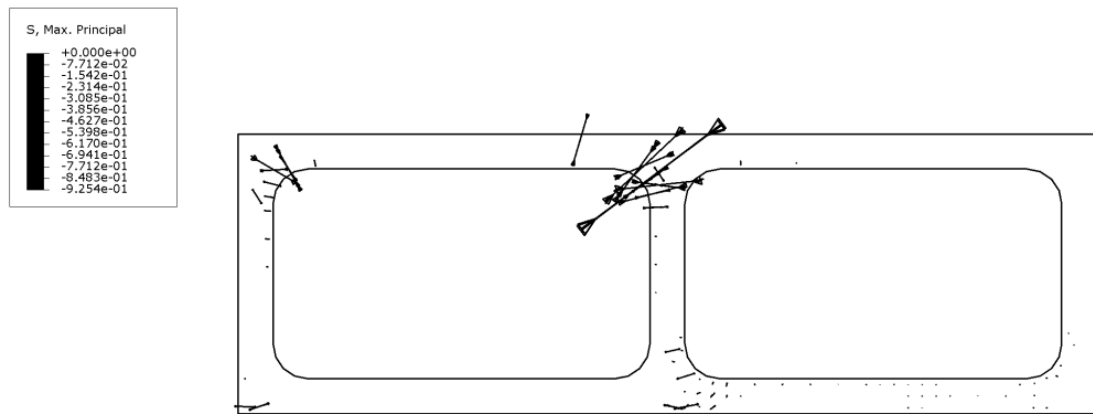


Fig. 15 - Diagram of the directions of compressive stresses acting on the modified block

Рис. 15 - Схема направлений сжимающих напряжений, действующих на модифицированный блок

Наибольшие сжимающие напряжения (рис. 2, 15) изменили характер своего распределения после модификации блока. Так, зона их распределения увеличилась в местах примыкания внутренних стенок к наружным, что наблюдалось при моделировании распределения главных напряжений в сечении блока.

Учитывая направление сжимающих напряжений, действующих на модифицированный блок, можно наблюдать снижение их концентрации во всех зонах.

В результате изучения распределения основных напряжений в площади поперечного сечения модифицированного блока можно сделать несколько важных выводов. Во-первых, более плавный переход от одного участка к другому позволил значительно снизить возникающую концентрацию напряжений. Во-вторых, скругление внутренних углов не решает проблему опасных сечений, которые образуются в местах суммирования нагрузок, так как их значения все ещё велики.

4 Conclusions

1. Анализ распределения сжимающих напряжений в начальной площади сечения показал, что пики сжимающих напряжений достигаются во внутренних углах блока в местах приложения нагрузки. В указанных местах напряжения распределяются. Пики растягивающих напряжений расположены над внутренними перегородками и в нижней зоне внешней стенки в месте приложения нагрузки.
2. Концентрация напряжений происходит при резком изменении сечения блока. Более плавный переход от одного участка к другому позволил значительно снизить возникающую концентрацию напряжений.
3. Скругление внутренних углов не решает проблему опасных сечений, которые образуются в местах суммирования нагрузок, так как их значения все ещё велики.
4. Скругление углов повышает материалоемкость блока, что требует определения оптимального радиуса скругления.

References

- 1 Ogundana, A.K. (2023) Waste Plastic in Road Construction, Pathway to a Sustainable Circular Economy: A Review. E3S Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101116>.
- 2 Bansal, S., Singh Kushwah, S., Garg, A. and Sharma, K. (2023) Utilization of Plastic Waste in Construction Industry in India – A Review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.693>.
- 3 Shah, A.M., Lodhi, R.H., Javed, M.F., Jasiński, M., Jasińska, E. and Gono, M. (2023) Structural Performance of Waste Plastic Bottles Modified Asphalt: A Review. *Resources*. <https://doi.org/10.3390/resources12010010>.



- 4 Meghana, M.L., Rajya Lakshmi, G. V., Harika, G. and Harshit, N.C. (2023) Effective Utilization of Plastic Garbage for Road Construction. 2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2023. <https://doi.org/10.1109/ICACCS57279.2023.10112972>.
- 5 Shah, A., Sawakhande, H., Prajapati, D., Shah, D. and Vyas, A.Prof.A. (2023) Utilization of Waste Fibers in Road Construction. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, **11**. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.51385>.
- 6 Boom, Y.J., Xuan, D.L., Enfrin, M., Swaney, M., Masood, H., Pramanik, B.K., Robert, D. and Giustozzi, F. (2023) Engineering Properties, Microplastics and Emissions Assessment of Recycled Plastic Modified Asphalt Mixtures. *Science of the Total Environment*, **893**. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164869>.
- 7 Veropalumbo, R., Oreto, C., Viscione, N., Pirozzi, F., Pontoni, L., Trancone, G., Race, M. and Russo, F. (2023) Exploring the Effect on the Environment of Encapsulated Micro- and Nano-Plastics into Asphalt Mastics for Road Pavement. *Environmental Research*, **216**. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114466>.
- 8 Das, M. and Das, P. (2023) Road Construction by Waste Polymer: A Solution to Environmental Pollution. Novel Polymeric Materials For Environmental Applications, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 341–382. https://doi.org/10.1142/9789811265938_0009.
- 9 Raja, C.J.S., Sampath, N.S., Suresh, C. and Bhaskar, A.P. (2020) A Review on Use of Plastic in Construction of Roads. *Journal of Advancement in Engineering and Technology*, **7**. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3780333>.
- 10 Cirino, E., Curtis, S., Wallis, J., Thys, T., Brown, J., Rolsky, C. and Erdle, L.M. (2023) Assessing Benefits and Risks of Incorporating Plastic Waste in Construction Materials. *Frontiers in Built Environment*, Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1206474>.
- 11 Myszka, R., Enfrin, M. and Giustozzi, F. (2023) Microplastics in Road Dust: A Practical Guide for Identification and Characterisation. *Chemosphere*, **315**. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137757>.
- 12 Ki, D., Kang, S.Y., Ma, G. and Oh, H.J. (2021) Application of Waste Plastic Films in Road Infrastructure and Construction. *Frontiers in Sustainability*, Frontiers Media SA, **2**. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.756723>.
- 13 Boom, Y.J., Enfrin, M., Grist, S. and Giustozzi, F. (2023) Analysis of Possible Carcinogenic Compounds in Recycled Plastic Modified Asphalt. *Science of the Total Environment*, **858**. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159910>.
- 14 Enfrin, M., Myszka, R. and Giustozzi, F. (2022) Paving Roads with Recycled Plastics: Microplastic Pollution or Eco-Friendly Solution? *Journal of Hazardous Materials*, **437**. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129334>.
- 15 Enfrin, M. and Giustozzi, F. (2022) Recent Advances in the Construction of Sustainable Asphalt Roads with Recycled Plastic. *Polymer International*. <https://doi.org/10.1002/pi.6405>.
- 16 Kraynyuk, O. V., Buts, Y. V., Ponomarenko, R. V., Lotsman, P.I., Asotskyi, V. V. and Darmofal, E.A. (2022) Geocological Analysis of Impacts of the Use of Plastic Waste in Road Construction on the Geological Environment. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, **31**. <https://doi.org/10.15421/112245>.
- 17 Rosita, Y.D. and Sugianto, S. (2019) Potholes Road Classification by Shape and Area Features. *Record and Library Journal*, Universitas Airlangga, **5**, 72. <https://doi.org/10.20473/rj.v5-i1.2019.72-79>.
- 18 Liu, S.S., Budiwirawan, A., Arifin, M.F.A., Chen, W.T. and Huang, Y.H. (2021) Optimization Model for the Pavement Pothole Repair Problem Considering Consumable Resources. *Symmetry*, **13**. <https://doi.org/10.3390/sym13030364>.
- 19 Jiang, W., Yuan, D., Sha, A., Huang, Y., Shan, J. and Li, P. (2021) Design of a Novel Road Pavement Using Steel and Plastics to Enhance Performance, Durability and Construction Efficiency. *Materials*, **14**. <https://doi.org/10.3390/ma14030482>.
- 20 Lysyannikov, A. v., Egorov, A. v., Lysyannikova, N.N., Shram, V.G., Kovaleva, M.A., Lynev, A.S. and Kaizer, Y.F. (2019) Polymer Materials from Recycled Plastic in Road Construction. *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/4/044064>.



- 21 Strugac, A. and Trifonov, A. (2019) Architecture of Contemporary Pedestrian Bridges Made of Fiber-Reinforced Composite Materials. *Russian journal of transport engineering*, Publishing Company World of Science LLC, **6**. <https://doi.org/10.15862/17sats119>.
- 22 Shevchenko, S., Ukolov, S., Simonov, D., Trepalin, V. and Yustikova, L. (2020) Design of Modular Removable Road Pavement Slabs for the Agro-Industrial Complex. *E3S Web of Conferences*, **175**. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511025>.
- 23 Ali, I., Kumar, R., Mev, U.K., Jakhar, M. and Ali, I. (2018) Application of Plastic Waste Management in Road Construction. *International Journal of Civil, Mechanical and Energy Science*, **4**. <https://doi.org/10.22161/ijcmes.4.2.2>.
- 24 Wang, B., Wang, T. and Hao, G. (2022) Review on the Development of Plastic Road. *Advances in Transdisciplinary Engineering*. <https://doi.org/10.3233/ATDE220324>.
- 25 Nazinyan, L. and Shevchenko, S. (2022) Use of Processed Plastic Products in Road Construction. A Review. *AlfaBuild*, **2**. <https://doi.org/10.57728/ALF.22.5>.