

Проект бетонної каное, армованої композитною арматурою

Олександр Журавський¹, Владислав Тимошук², Дмитро Журавський³

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури,
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

¹zhuravskiy.od@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-7065-3312

²tymoshchuk_vlad@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6855-0031

³dima.zuravskiy@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2702-9367

DOI:10.32347/2522-4182.5.2019.39-44

Анотація. Для участі у міжнародних змагань на бетонних каное серед студентів на кафедрі залізобетонних та кам'яних конструкцій КНУБА була запроєктована та виготовлена бетонна каное, армована композитною арматурою. Конструкція каное була змодельована та розрахована у ПК «ЛІРА-САПР».

Ключові слова. Каное, базальтофібробетон, базальтова арматура, пінополістирол, метод скінчених елементів.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Проблематика даної статті полягає у визначенні оптимальної товщини стінок каное, складу базальтофібробетону та схеми армування каное для забезпечення її міцності та тріщиностійкості, а також достатньої плавучості. Для досягнення мінімальної ваги каное прийнято використати не металеве армування.

КОНСТРУКЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК БЕТОННОЇ КАНОЕ

Для проекту бетонної каное були прийняті габаритні розміри від дерев'яної каное, яка показана на рис. 1. В плані каное має лінзоподібну форму. Загальна довжина каное складає 4,3 м, максимальна ширина – 900 мм. Мінімальна висота борта становить 400 мм. Згідно прийнятої технології виготовлення стінки та днище каное мають трьохшарову конструкцію, яка складається із внутрішнього та зовнішнього шару базальтофібробетону



Олександр Журавський
завідувач кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій
к.т.н., доц.



Владислав Тимошук
аспірант кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій



Дмитро Журавський
студент гр. ПЦБ-21 будівельного факультету

товщиною 3...5 мм та внутрішнього шару пінополістиролу товщиною 10 мм. Для підсилення найбільш напружених зон в зовнішньому шарі базальтофібробетону влаштовані карбонові сітки. У поперечному напрямку влаштовані поперечні ребра (шпангоути) з пінополістиролу товщиною 20 мм та висотою 20...30 мм. Вздовж верхніх граней бортів, вздовж кілевого ребра та вздовж шпангоутів була влаштована базальтова арматура діаметром 6 мм (по 2 стержня).

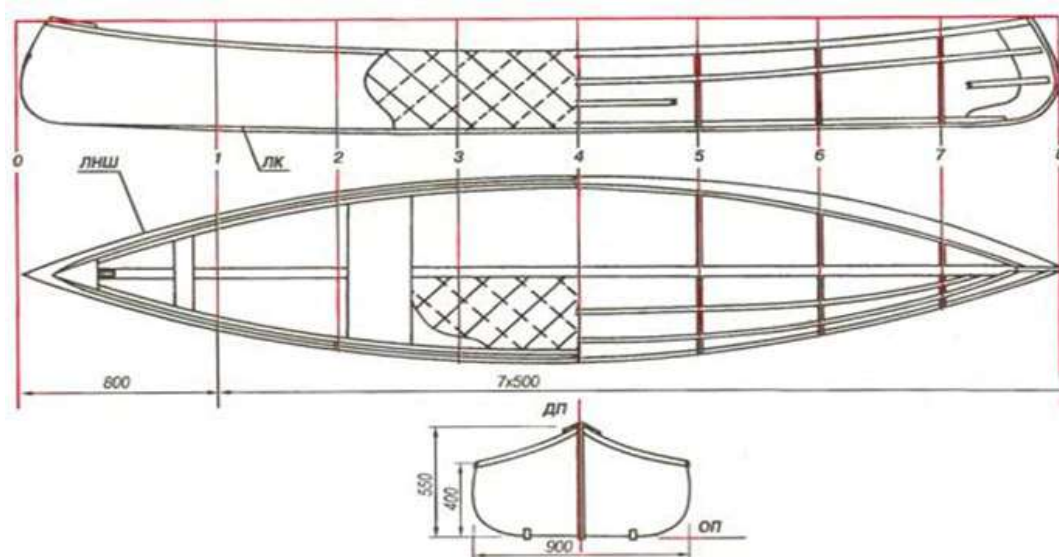


Рис. 1. Вихідні розміри дерев'яної двомісної каное, які були взяті для бетонної каное
Fig. 1. The original dimensions of the wooden double canoe that were taken for the concrete canoe

Для розрахунку каное була розроблена її розрахункова модель в ПК «ЛІРА-САПР» (рис. 2). Модель каное виконана у вигляді оболонки із плоских трикутних скінчених елементів. Також було добавлено лінійні елементи, що моделювали армування базальтовою арматурою (рис. 3). Лінійні та плоскі елементи з'єднані у вузлах жорстко.

У відповідності з даними виробника (Компанія «ТЕХНОБАЗАЛЬТ-ІНВЕСТ») модуль пружності стержневої арматури становить $70 \cdot 10^3$ МПа, а тимчасовий опір розриву – 1100 МПа, щільність -1,9 г/м³. Базальтова фібра прийнята товщиною 20 мкм та довжиною 50 мм.

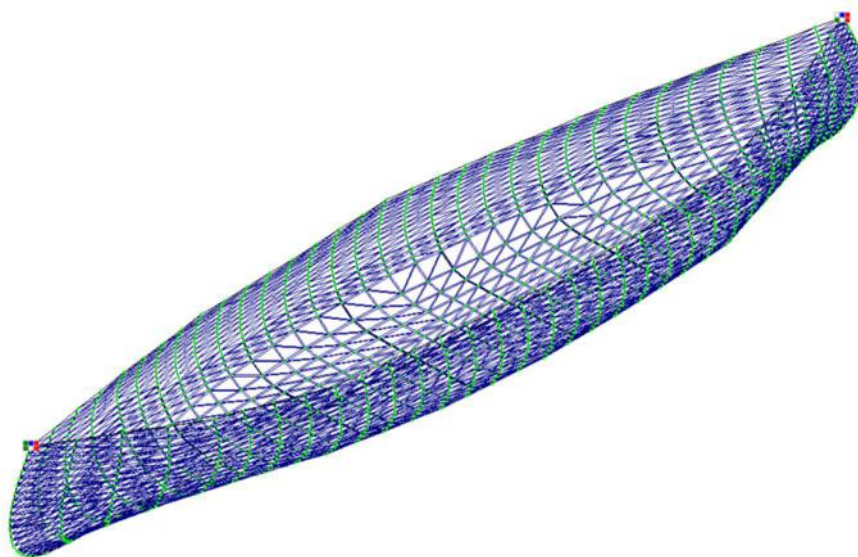


Рис. 2. Розрахункова модель бетонної каное в ПК «ЛІРА-САПР»
Fig. 2. Calculation model of concrete canoe in PC «LIRA-SAPR»

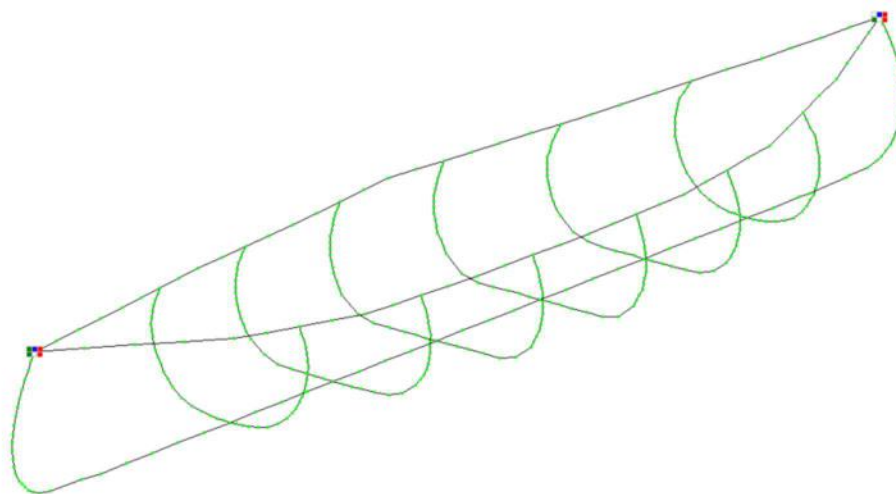


Рис. 3. Схема розміщення базальтової арматури
Fig. 3. Scheme of placement of basalt reinforcement

У якості бетонної матриці використано двокомпонентний гідроізоляційний розчин SILTEK V-33/E-33. Кількість базальтової фібри становила 3%. Для визначення характеристик базальтофібробетону були виготовлені дослідні зразки кубу з ребром 75 мм та зразки-«вісімки». У результаті випробування встановлена міцність базальтофібробетону на стиск 8,4 МПа, а на осьовий розтяг – 1,8 МПа.

Отримані розрахункові характеристики були використані при введенні жорсткостей скінчених елементів.

Навантаження на каное прикладалось від власної ваги, ваги двох гребців по 80 кг та гідростатичного тиску води.

У результаті розрахунку були отримані мозаїки напружень (рис. 4 та 5). Вони показали найбільш напружені зони, які були підсилені карбоновими сітками.

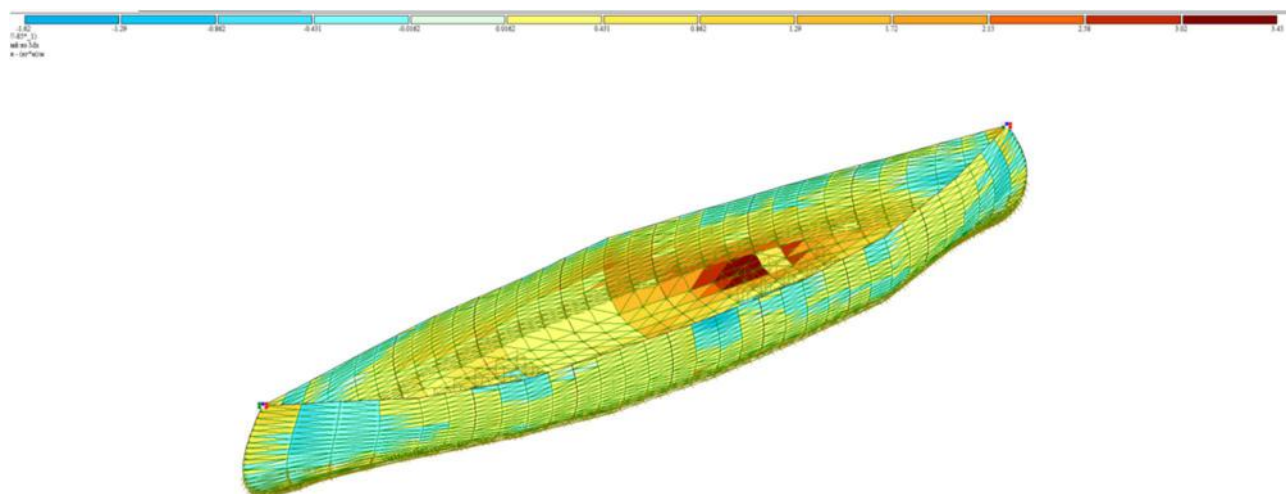


Рис. 4. Мозаїка напружень по M_x ($\text{кг}\cdot\text{м}/\text{м}^2$)
Fig. 4. Mosaic of stresses by M_x ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{m}^2$)

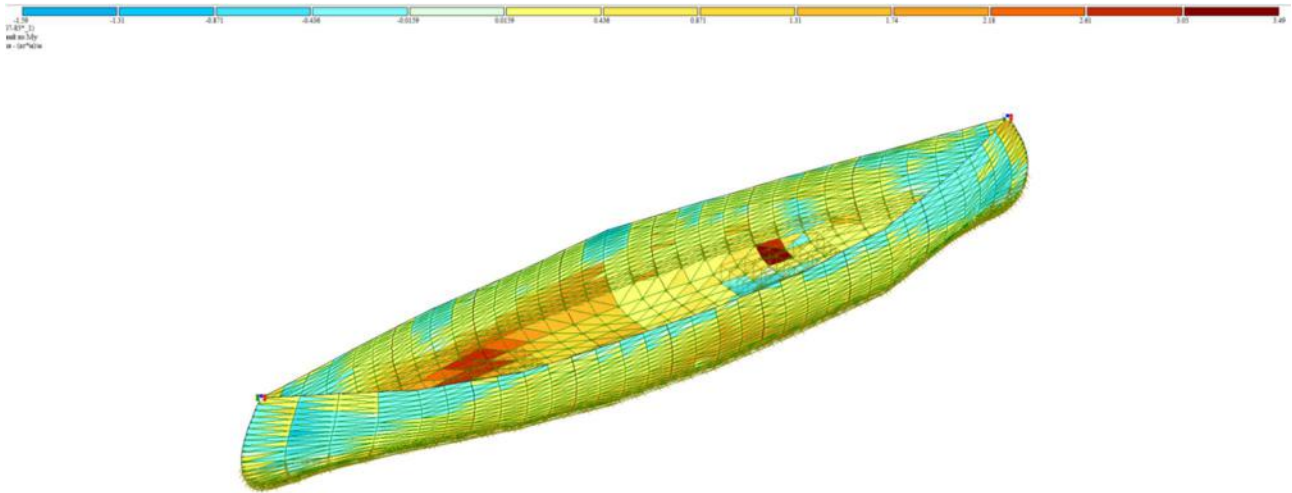


Рис. 5. Мозаїка напружень по M_y ($\text{кг}\cdot\text{м}/\text{м}^2$)
Fig. 5. Mosaic of stresses by M_y ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{m}^2$)

ВИГОТОВЛЕННЯ КАНОО

Виконаний розрахунок показав правильність прийнятих конструктивних рішень. Після цього почалось виготовлення каное.

Спочатку була виготовлена основа каное із листів пінополістиролу товщиною 10 мм з тимчасовими поперечними та поздовжнім ребром з пінополістиролу товщиною 20 мм. Далі були встановлені базальтові стержні. Після чого каное було перевернуте вверх

дном і виконане нанесення зовнішнього шару базальтофібробетону та карбонової сітки (рис. 6). Після витримки протягом 14 діб і набору міцності зовнішнього шару базальтофібробетону каное було перевернуте на днище та нанесений внутрішній шар базальтофібробетону. Після набору міцності внутрішнього шару було виконане зачищення поверхонь від нерівностей та оздоблення каное (рис. 7). В цілому термін виготовлення становив близько 40 днів.



Рис. 6. Процес виготовлення бетонної каное
Fig. 6. The process of making concrete canoe



Рис. 7. Готова бетонна каное
Fig. 7. Concrete canoe ready

Після спуску каное на воду воно показало пристойну плавучість. Осадка судна при повному завантаженні становила

10...12 см (рис. 8). Після зважування нашої каное її вага становила 84 кг.



Рис. 8. Команда КНУБА під час змагань
Fig. 8. KNUBA team during the competition

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після проведення експериментальних та чисельних досліджень ми прийшли до висновку, неметалева композитна арматура

можливо використовувати при спорудженні легких конструктивних елементів. Такі конструкції абсолютно не піддаються впливу корозії. В подальшому необхідно досліджувати конструктивні елементи, які експлуатуються у водному середовищі, такі як понтони, платформи для будинків на

воді та інше.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посібник / М.С.Барабаш, П.М.Кір'язєв, О.І.Лапенко, М.А.Ромашкіна. – К.: НАУ, 2018.- 492 с.
2. ДСТУ Н Б В.2.6-185:2012. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою. –К.: Мінрегіон України, 2012. -28 с.

REFERENCES

1. Basics of Computer Modeling: Tutorial manual / MS Barabash, PM Kiryazev, OI Lapenko, MA Romashkin. - K.: NAU, 2018.-492 p. (in Ukraine).
2. DSTU N B B.2.6-185: 2012. Guidelines for the design and manufacture of concrete structures with non-metallic composite reinforcement. -K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012. -28 p. (in Ukraine).

Design of concrete canoe reinforced with composite reinforcement

*Oleksandr Zhuravskiy, Vladyslav Tymoshchuk,
Dmytro Zhuravskiy*

Summary. To participate in international competitions on concrete canoe among students at the Department of concrete and masonry structures KNUBA has been designed and manufactured concrete canoe reinforced composite reinforcement. The design of the canoe was modeled and calculated in the PC «LIRA-SAPR». The problem of this article is to determine the optimal thickness of the walls of the canoe, the composition of basalt fiber and the scheme of reinforcement of the canoe to ensure its strength and crack resistance, as well as sufficient buoyancy. To achieve the minimum weight of the canoe it is customary to use non-metal reinforcement.

The dimensions of the wooden canoe were accepted for the concrete canoe project. In terms of canoeing has a lenticular shape. The total canoe length is 4,3 m and maximum width is 900 mm. The minimum height of the board is 400 mm. According to the accepted manufacturing technology, the walls and canoe bottom have a three-layer construction, consisting of an inner and

outer layer of basalt fiber concrete 3... 5 mm thick and an inner layer of expanded polystyrene foam 10 mm thick. To strengthen the most intense zones in the outer layer of basalt fiber reinforced carbon mesh. In the transverse direction, transverse ribs (frames) made of expanded polystyrene 20 mm thick and 20... 30 mm high are arranged. Along the upper sides of the sides, along the keel rib and along the frames, basalt reinforcement with a diameter of 6 mm (2 rods) was installed.

To calculate the canoe, its calculation model was developed in the LIRA-CAD PC. The canoe model is made in the form of a shell made of flat triangular finite elements. Linear elements were also added to model the basalt reinforcement. Linear and flat elements are rigidly connected at the nodes.

According to the manufacturer, the modulus of elasticity of the rod reinforcement is $70 \cdot 10^3$ MPa, and the temporary tear resistance - 1100 MPa, density - $1,9 \text{ g/m}^3$. The basalt fiber was adopted with a thickness of 20 mkm and a length of 50 mm.

Two-component waterproofing solution SILTEK V-33/E-33 was used as the concrete matrix. The amount of basalt fiber was 3%. To determine the characteristics of basalt fiber concrete test cubes with an edge of 75 mm and samples-"eight" were made. As a result of the test, the tensile strength of basalt fiber was compressed at 8.4 MPa and the axial tensile strength was 1.8 MPa.

The obtained design characteristics were used to introduce finite element stiffnesses.

Canoe loading was applied on its own weight, the weight of two 80 kg paddles and hydrostatic water pressure.

As a result of the calculation, mosaics of stresses were obtained. They showed the most intense zones, which were reinforced with carbon mesh.

After experimental and numerical studies, we came to the conclusion that non-metallic composite reinforcement can be used in the construction of light structural elements. Such structures are absolutely not susceptible to corrosion. In the future, it is necessary to investigate structural elements that are used in the aquatic environment, such as pontoons, platforms for waterfront homes and more.

Keywords. Canoeing, basalt fiber, basalt reinforcement, expanded polystyrene, finite element method.