

має кругову нескінченну циліндричну порожнину, паралельну його поверхні. Шар і півпростір - однорідні ізотропні матеріали, відмінні один від одного. На порожнині і на верхній межі шару задані переміщення. Для розв'язку просторової задачі теорії пружності використаний узагальнений метод Фур'є щодо системи рівнянь Ламе. В результаті задоволення граничним умовам і умовам сполучення шару і півпростору, отримані нескінченні системи лінійних алгебраїчних рівнянь, які розв'язані методом редукції. В результаті були знайдені переміщення і напруження в різних точках пружного тіла. Проведено числовий аналіз напружено - деформованого стану шару і півпростору.

**Ключові слова:** циліндрична порожнина в півпросторі, композит, рівняння Ламе, умови сполучення, узагальнений метод Фур'є

**Miroshnikov V.Yu. DETERMINATION OF THE STRESS STATE OF THE COMPOSITE IN THE FORM OF A LAYER AND A HALF-SPACE WITH A CYLINDRICAL**

**CAVITY, WITH DISPLACEMENTS SPECIFIED ON THE BOUNDARY SURFACES.**

The spatial problem of the theory of elasticity for a half-space rigidly coupled to an elastic layer is solved. The half-space has an infinite circular cylindrical cavity parallel to its surface. Layer and half-space - homogeneous isotropic materials, different from each other. Displacements are specified on the cavity and on the upper boundary of the layer. To solve the spatial problem of the theory of elasticity, the generalized Fourier method with respect to the system of Lamé equations is used. As a result of satisfying the boundary conditions and the conjugation conditions of the layer and half-space, infinite systems of linear algebraic equations are obtained, which are solved by the reduction method. As a result, displacements and stresses were found at various points of the elastic body. A numerical analysis of the stress - strain state of the layer and half-space is carried out.

**Keywords:** cylindrical cavity in half-space, composite, Lamé equation, conjugation conditions, generalized Fourier method.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-97-3-64-69

УДК 621.792.05:691.588:621.792.4

**Фірсов П.М., Золотов С.М., Кічаєва О.В., Хамзе Мохамад**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
(вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна, 61002; e-mail: [pavelfirsov1991@gmail.com](mailto:pavelfirsov1991@gmail.com);  
<https://orcid.org/0000-0001-9119-3968>; <https://orcid.org/0000-0002-1493-3958>;  
<https://orcid.org/0000-0002-3649-1871>)*

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТАЛЕКЛЕЙОВОГО З'ЄДНАННЯ З БЕТОНОМ

Розглянуто питання щодо теоретичного обґрунтування проектування сталеклеювого з'єднання з бетоном без застосування анкерів, шляхом конструктивної приклеюки сталевих вузлів або опорних частин технологічного устаткування безпосередньо до поверхні бетону. За результатами розрахунків обчислено математичну модель напружено-деформованого стану безанкерного клеювого з'єднання для трьох шарів (сталеві пластина, клеювого шва та бетонної основи) при осесиметричному довільному навантаженні. Набули подальшого розвитку методики з оцінки напружено-деформованого стану сталеклеювих з'єднань з бетоном. Результати даних експериментальних досліджень можуть бути використані для розробки вузлів кріплення виробничого обладнання та технологічних ліній підприємств, а також для подальшого поліпшення складів полімерних клеювих матеріалів.

**Ключові слова:** бетон, сталеклеюве кріплення, акриловий модифікований клей, функція напружень, руйнування, осесиметричне навантаження.

**Вступ.** В наш час в будівельній галузі при підсиленні, реконструкції, відновленні залізобетонних конструкцій та при влаштуванні анкерних кріплень використовуються різноманітні клеюві полімерні розчини [1-3]. За рахунок ряду переваг та відносно низької вартості, найбільш

раціональними для використання в будівництві, з метою забезпечення надійної сумісної роботи бетону і сталі, є епоксидні та акрилові клеї.

У наукових публікаціях Лапенка О.І., Машкової А.І., Білокурова П.С. [4, 5] наведено чисельні експериментальні

дослідження випробувань раціональних згинальних конструкцій (балочні системи) зі сталевих елементів із заповненими бетоном порожнинами за допомогою склеювання. На підставі проведених експериментів було доведено, що прикріплені за допомогою склеювання бетон в боковій порожнині згинальних елементів працює сумісно з металом на всіх етапах навантаження. При цьому, несуча здатність досліджуваних елементів, у яких використовується клейове з'єднання металу з бетоном, вища в порівнянні з елементами без такого з'єднання.

В роботах Стороженка Л.І., Горба О.Г. [6, 7] приведені відомості про експериментальні випробування залізобетонних балок підсилених листовим та профільним зовнішнім армуванням, в яких сумісна робота сталі та бетону забезпечується за допомогою склеювання. Дані випробування проводилися з метою визначення несучої здатності та характеру деформування елементів. Також, в рамках даних експериментів, було виконано порівняння конструкцій з клейовим з'єднанням та без нього. За результатами даних досліджень клейове з'єднання виявилось ефективним та надійним, про що свідчить його безвідмовна робота до повного руйнування, яке відбувалося після втрати зв'язку між бетоном і сталлю. Міцність клейового з'єднання була вищою ніж міцність бетону, тобто спостерігалось руйнування по бетону. Таким чином було доведено, що для забезпечення сумісної роботи сталі та бетону з метою підсилення залізобетонних конструкцій можливо використання акрилових та епоксидних клеїв. При цьому відпадає необхідність використання анкерних засобів та влаштування обойм.

**Актуальність.** Найпоширенішими основними видами кріплень інженерних комунікацій і технологічного обладнання до фундаментів, бетонних і залізобетонних конструкцій виступають анкерні та дюбельні з'єднання. Дані типи кріплень мають як свої переваги, так і ряд певних недоліків [8, 9]. Одним з таких негативних моментів є вирив анкерного болта, під час якого анкер частково або повністю вилітає

з матеріалу основи. Ще одним варіантом руйнування анкерного з'єднання є зріз анкера. Це явище спостерігається при дистанційному монтажі елемента, який підлягає закріпленню, і супроводжується поломою самого анкера. Руйнування анкерного болта утворюється через дію згинальних сил, величина яких перевищує розрахункові максимально допустимі параметри для даного конкретного з'єднання.

При експлуатації в умовах підвищеної вологості можливе руйнування анкерного болта корозією (рис. 1, а). Під впливом високих температур анкерні болти можуть плавитися або вигоряти, тобто анкер втрачає форму і руйнується частково або повністю (рис. 1, б)



Рис. 1. Дефекти анкерних кріплень: а - оцинкований анкер після 7 років експлуатації в умовах агресивного навколишнього середовища; б – зміна початкової геометричної форми анкера внаслідок розгерметизації під дією високих температур.

Доволі часто зустрічається і вирив основи анкером. В цьому випадку анкерні болти справно виконують покладену на

них функцію, але навантаження, що докладаються, значно перевищують межу міцності, яка характерна для основи матеріалу. Найчастіше в цьому випадку спостерігається злам кромки матеріалу (якщо анкер встановлений поблизу краю основи), або вилом фрагмента матеріалу кінцевої форми.

Для усунення перелічених проблем постає необхідність розробки альтернативного виду з'єднання. Таким новим конструктивним з'єднанням може виступати клейовий безанкерний спосіб кріплення. Кріплення за цим способом може здійснюватися шляхом конструктивної приклейки сталевих вузлів або опорних частин технологічного устаткування безпосередньо до попередньо обробленої (підготовленої) поверхні бетону.

В наукових роботах [10, 11] розглянуті загальні питання улаштування і міцності безанкерних кріплень на основі клейових з'єднань сталь-бетон і узагальнено досвід їх застосування, що показує явну перспективність такого способу кріплення технологічного обладнання та інженерних комунікацій в порівнянні з традиційним способом анкерування фундаментних бетонів і закладення випусків арматури закладних деталей. До даного способу установки кріпильних вузлів відносять ряд певних переваг, які полягають в тому, що для їх установки не потрібні значні трудові витрати для улаштування з'єднань, розбирання бетону, буріння свердловин, улаштування хомутів і т.п., чим досягається істотна економія коштів і трудовитрат. Це особливо актуально у випадках інженерного переобладнання промислових підприємств, де необхідно провести велику кількість кріплень і монтажних процесів в короткі тимчасові рамки.

Отже, виходячи з вищевикладеного матеріалу, для дослідження напружено-деформованого стану, яке дозволить проводити подальший розрахунок розглянутого з'єднання, необхідно розробити розрахункову модель зазначеного стану клейового сталобетонного з'єднання.

#### Матеріали і методи досліджень.

Застосовані методи теоретичної і будівельної механіки для дослідження

напружено-деформованого стану клейових безанкерних з'єднань сталі з бетоном при короткочасному довільному навантаженні.

Отримані дані теоретичних розрахунків узгоджуються з наведеними у наукових статтях [12, 13] результатами експериментальних досліджень статичної міцності клейових сталобетонних з'єднань на акрилових модифікованих клеях при різних видах навантажень (відрив, зсув тощо).

**Мета дослідження.** Основною метою дослідження є розробка математичної моделі напружено-деформованого стану безанкерного клейового з'єднання для трьох шарів (сталевий пластини, клейового шва та бетонної основи) при осесиметричному довільному навантаженні.

**Результати досліджень.** В даному випадку розглядається осесиметрична задача теорії пружності для тришарового тіла, шари якого пов'язані між собою умовами безперервності напружень та деформацій при осесиметричному довільному навантаженні (рис. 2).

Багат шарова система розглядається як напівпростір, який складається з однорідних пружних шарів, пов'язаних між собою умовами безперервності напружень та деформацій.

Кожен шар характеризується трьома параметрами: висотою  $h_i$ , модулем пружності  $E_i$  та коефіцієнтом Пуассона  $\mu_i$ . Крім того, останній підстилаючий шар не обмежений у вертикальному напрямку.

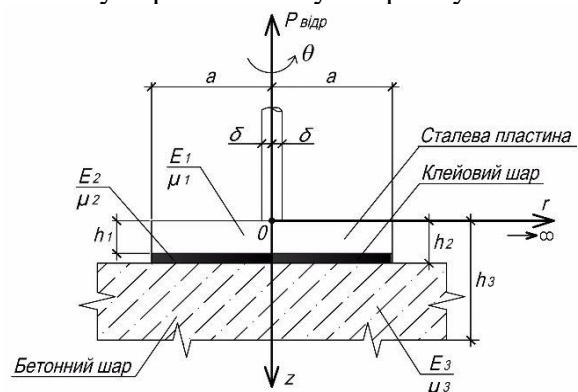


Рис. 2. Розрахункова модель клейового сталобетонного з'єднання

На поверхні сталевий пластини задані нормальні напруження, які



розподілені симетрично щодо осі  $z$  по любому закону. Дотичні напруження на її поверхні дорівнюють нулю. Прийнята умова не має принципового значення та задана відповідно до граничних умов, що представляють практичний інтерес (випадок вертикального навантаження).

У такій постановці питання, яке розглядається, зводиться до вирішення осесиметричної задачі теорії пружності.

Компоненти тензора напружень та вектора переміщення в циліндричній системі координат було позначено наступним чином (рис. 3):

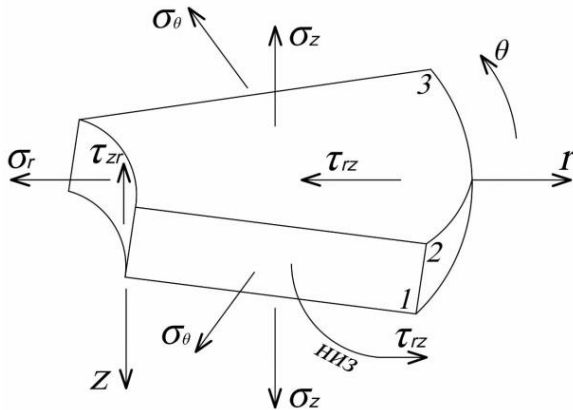


Рис. 3. Координатні напруження на відповідних майданчиках:

1 – майданчик  $\theta$ ; 2 – майданчик  $r$ ; 3 – майданчик  $z$ .

- $\sigma_z$  - нормальне напруження на майданчику, який перпендикулярний до осі  $z$ ;
- $\sigma_r$  - нормальне напруження на майданчику, який перпендикулярний до осі  $r$ ;
- $\sigma_\theta$  - нормальне напруження на майданчику, який перпендикулярний до осі  $\theta$ ;
- $\tau_{rz}$  - дотичні напруження;
- $w$  - переміщення уздовж осі  $z$ ;
- $u$  - переміщення уздовж осі  $r$ .

-  $\Phi$  – функція напружень (функція Ері), через яку можна виразити всі компоненти напружень [14]. В умовах плоскої осесиметричної задачі компоненти тензора напружень і вектора переміщення виражаються через функцію напружень у наступний спосіб:

$$\sigma_z = \frac{\partial}{\partial z} \left[ (2 - \mu) \nabla^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right]; \quad (1)$$

$$\sigma_r = \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \nabla^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} \right]; \quad (2)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \nabla^2 \Phi - \frac{1}{r} \times \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right]; \quad (3)$$

$$\tau_{rz} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ (1 - \mu) \nabla^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right]; \quad (4)$$

$$w = \frac{1+\mu}{E} \left[ (1 - 2\mu) \nabla^2 \Phi + \frac{1}{r} \times \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right]; \quad (5)$$

$$u = -\frac{1+\mu}{E} \times \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \times \partial z}. \quad (6)$$

У формулах (1)-(6)  $\nabla^2$  – це гармонічний оператор в системі циліндричних координат (оператор Лапласа), який виражається наступним чином [15]:

$$\nabla^2 = \left( \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right).$$

Функції напружень  $\Phi(z, r)$  задовольняє диференціальному рівнянню:

$$\nabla^4 \Phi = 0, \quad (7)$$

де:  $\nabla^4 = \left( \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)^2$  - бігармонічний оператор в системі циліндричних координат.

Для побудови рішення даної задачі скористаємося наступним рішенням рівняння (7) в межах  $i$ -го шару:

$$\Phi_i^0 = (A_i e^{-kz} + B_i e^{kz} + D_i z e^{-kz} + C_i z e^{kz}) \times J_0(kz), \quad (8)$$

де:  $A_i, B_i, C_i, D_i$  – невідомі коефіцієнти;  $k$  – довільне дійсне число;  $J_0(kz)$  - функція Бесселя нульового порядку 1-го роду.

Користуючись виразом (8), утворимо нове рішення рівняння (7). В межах  $i$ -го шару воно матиме наступний вигляд:

$$\Phi_i = \int_0^r (A_i e^{-kz} + B_i e^{kz} + D_i z e^{-kz} + C_i z e^{kz}) \times J_0(kz) dk. \quad (9)$$

Відносно коефіцієнтів  $A_i, B_i, C_i$  та  $D_i$  припускаємо, що вони задовольняють умовам, які забезпечують рівномірну збіжність невластних інтегралів (9) у всій області зміни параметрів. Так як напруження і деформації повинні обертатися в нуль на нескінченності, то для  $i = 3$  підстилаючого шару  $B_3 = C_3 = 0$ . Тоді функції напружень для кожного шару прийнятої системи будуть мати наступний вигляд. Для першого шару:

$$\Phi_1 = \int_0^r (A_1 e^{-kz} + B_1 e^{kz} + D_1 z e^{-kz} + C_1 z e^{kz}) \times J_0(kz); \quad (10)$$

Для другого шару:

$$\Phi_2 = \int_0^r (A_2 e^{-kz} + B_2 e^{kz} + D_2 z e^{-kz} + C_2 z e^{kz}) \times J_0(kz); \quad (11)$$

Для третього шару:

$$B_3 = C_3 = 0; \quad (12)$$

$$\Phi_3 = \int_0^r (A_3 e^{-kz} + B_3 e^{kz} + D_3 z e^{-kz} + C_3 z e^{kz}) \times J_0(kz). \quad (13)$$

Для визначення коефіцієнтів  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$  та  $D_i$  дотримуємося граничних умов на поверхні та умов сполучення між шарами.

Представляємо функцію розподілу нормального навантаження по поверхні першого шару (сталевий пластини) за допомогою інтеграла Фур'є-Бесселя:

$$|\sigma_{z_1}|_{z=0} = f(r); \quad (14)$$

При відомих умовах, що накладаються на функції  $f(r)$ , які безумовно виконуються для всіх практично можливих видів навантаження, справедливий такий вираз [16]:

$$f(r) = \int_0^a J_0(kr)kdR \times \int_0^\delta f(t)J_0(kt)tdt. \quad (15)$$

Вислову (13) можна надати інший вид, якщо його визначити наступним чином:

$$k \int_0^\delta f(t)J_0(kt)tdt - Y(k); \quad (16)$$

$$f(r) = \int_0^a J_0(kr) \times Y(k)dk. \quad (17)$$

Компоненти напружень  $\sigma_{z_1}$  та  $\tau_{rz_1}$  для першого шару визначаються згідно формул (1), (4) та (9):

$$\sigma_{z_1} = \int_0^a k^2 J_0(kr) \{ e^{-kz} [(1 - 2\mu_1)D_1 + k(A_1 + D_1z)] + e^{-kz} [(1 - 2\mu_1)C_1 - k(B_1 + C_1z)] \} dk; \quad (18)$$

$$\tau_{rz_1} = - \int_0^a k^2 J_1(kr) \{ e^{-kz} [(2\mu_1D_1 - k(A_1 + D_1z)] - e^{-kz} [(2\mu_1C_1 + k(B_1 + C_1z))] \} dk. \quad (19)$$

Компоненти напружень на поверхні першого шару повинні задовольняти граничним умовам задачі:

$$|\sigma_{z_1}|_{z=0} = f(r); \quad |\tau_{rz_1}|_{z=0} = 0,$$

- або в розгорнутому вигляді на підставі виразів (14)-(16):

$$f(r) = \int_0^a k^2 J_0(kr) [1 - 2\mu_1)D_1 + kA_1 + (1 - 2\mu_1)C_1 - kB_1] \times dk = \int_0^a J_0(kr)Y(k)dk; \quad (20)$$

$$\int_0^a k^2 J_1(kr) (2\mu_1D_1 - kA_1 - 2\mu_1C_1 - kB_1) dk = 0. \quad (21)$$

Співвідношення (20) та (21) повинні виконуватися при будь-якому значенні  $r$ , тому:

$$(1 - 2\mu_1)D_1 + kA_1 + (1 - 2\mu_1)C_1 - kB_1 = \frac{Y(k)}{k^2}; \quad (22)$$

$$2\mu_1D_1 - kA_1 - 2\mu_1C_1 - kB_1 = 0. \quad (23)$$

Для вирішення задачі на контактах сполучення шарів системи були прийняті граничні умови з урахуванням вимог безперервності компонентів напружень  $\sigma_{zi}$  та  $\tau_{rzi}$  і переміщень  $u_i$ ,  $w_i$  на межах розділу шарів з урахуванням прийнятих граничних умов були визначені напруження та переміщення на контактах клей-сталь і клей-бетон [17].

**Висновки.** Розроблена постановка осесиметричної плоскої задачі теорії пружності в циліндричній системі координат з урахуванням тришарової моделі, шари якої пов'язані між собою умовами безперервності напружень та деформацій при осесиметричному довільному навантаженні. Обраний необхідний метод рішення даної осесиметричної задачі, який полягає у визначенні компонентів тензора напружень і вектора переміщення через функцію напружень (функцію Ермі) з урахуванням прийнятих граничних умов.

Результати даних експериментальних досліджень можуть бути використані для розробки вузлів кріплення виробничого обладнання та технологічних ліній підприємств, а також для подальшого поліпшення складів полімерних клейових матеріалів, широко використовуваних в промисловому і цивільному будівництві [18].

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бліхарський З.Я. *Реконструкція та підсилення будівель і споруд*. Львів: Львівська політехніка, 2008. 108 с.
2. Золотов М.С. *Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування*. Харків: ХНАМГ, 2005. 121 с.
3. Золотов М.С., Шутенко Л.Н., Псурцева Н.А., Душин В.В. *Опыт применения клеевых соединений в строительстве*. Харьков: ХИИКС, 1985. 98 с.
4. Лапенко О.І., Машкова А.І. Розрахунок сталезалізобетонних конструкцій підсилених за допомогою епоксидних клеїв. *Збірник наукових праць ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка*. Полтава: ПолтНТУ, 2014. – Вип. 3 (2). – С. 83-85.
5. Лапенко О.І., Білокуров П.С., Грико Г.І., Машкова А.І. Рациональні згинальні конструкції зі сталевих елементів із заповненими бетоном порожнинами за допомогою склеювання. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 150. С. 98-104.

6. Стороженко Л.І., Лапенко О.І., Горб О.Г. Конструкції залізобетонних перекриттів по профільному настилу із забезпеченням сумісної роботи бетону і сталі за допомогою склеювання. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Львів: Львівська політехніка, 2010. - № 662. – С. 360-365.
  7. Стороженко Л.І., Горб О.Г., Білокуров П.С. Міцність клейових з'єднань сталі та бетону. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 149. С. 113-118.
  8. Шутенко Л.М., Золотов М.С., Серіков Я.О., Склярів В.О. *Кріплення технологічного обладнання і металевих конструкцій до фундаментів та безпека праці*. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2008. 285 с.
  9. Newman, A. *Foundation and anchor design guide for metal building systems*. Pennsylvania, USA: McGraw Hill Professional, 2013. 286 p.
  10. Zolotov S., Firsov P., Muhamad Hamze. Evaluation of stress-deformed condition level of glued materials for the without anchor steel-concrete joint. *Proceedings of CEE 2019 «Advances in Resource-saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering»* Springer Nature Switzerland AG, 2019. pp. 95-102.
  11. Золотов, М.С., Фирсов П.М. Влияние конструктивных факторов крепежного узла на прочность клеевого соединения безанкерного крепления. *Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2015. Вип. 30. С. 127- 134.
  12. Фирсов, П.М. Експериментальні дослідження короткочасної міцності сталеклейового безанкерного з'єднання на акрилових модифікованих композиціях. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізничн. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 167. С. 4 -17.
  13. Золотов, С.М., Фирсов П.М. Адгезионная прочность безанкерного соединения сталь-бетон на модифицированных акриловых клеях при равномерном и неравномерном отрыве. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, 2015. Вип. 4 (82). С. 102-106.
  14. Кичаева О.В., Перепелица К.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния системы «вентиляционная труба – фундамент – основание». *Зб. наук. праць Українська державна академія залізничного транспорту*. Харків, УкрДАЗТ, 2015. Вип. 155. С. 195-260.
  15. Чупринін О.О., Засядько Н.А., Шутенко Л.Н. *Основи теорії пружності та пластичності: навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей*. Харків: ХНАГХ, 2007. 135 с.
  16. Синявська, О.О., Слюсарчук П.В. *Ряди Фур'є*. Навчальний посібник. Ужгород: УжНУ, 2015. 70 с.
  17. Голденблат И.И. *Нелинейные проблемы теории упругости*. М.: Наука, 1969. 336 с.
  18. Золотов С.М., Фирсов П.М., Жданюк В.К., Білим П.А. *Акрилова композиція* Патент України на винахід № 117314. Україна. МПК С08L 33/12 (2006.01), С04В 24/24 (2006.01), С04В 111/72 (2006.01). № а 2017 04337; Заявл. 03.05.2017; Опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13. 6 с.
- Фирсов П.М., Золотов С.М., Кичаева О.В., Хамзе Мохамад МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТАЛЕКЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ С БЕТОНОМ.** Досліджено питання про вплив кількості поздовжніх смуг, на які розрізається пластина у запропонованому методі розрахунку, на розподіл внутрішніх зусиль при прикладенні до пластини будь-яких зовнішніх навантажень. Показано, що при розрахунку пластин з різним опиранням їх сторін, треба пластину розрізати на 10 і більше поздовжніх смуг.
- Ключові слова:** поздовжня смуга, поперечна смуга, згинальний момент, коефіцієнт поперечного розподілу, робоча арматура.
- Firsov P.M., Zolotov S.M., Kichaeva O.V., Hamze Mohamad MATHEMATICAL MODEL OF STEEL ADHESIVE CONNECTION WITH CONCRETE.** The issues of the theoretical justification of the design of steel-adhesive joints with concrete, without the use of anchors by structurally gluing technological equipment steel units or supporting parts directly to the concrete surface, are considered. According to the calculation results, a mathematical model of an anchorless adhesive joint stress-deformed condition for three layers (steel plate, adhesive layer and concrete massive) under an axisymmetric arbitrary load is calculated. The methodology for assessing the stress-deformed condition of steel-adhesive joints with concrete was further developed. The obtained results of experimental research data can be used for attachment joints projecting and industrial technological lines development, as well as for further polymeric adhesive materials.
- Keywords:** concrete, steel-adhesive joint, modified acrylic adhesive, stress function, destruction, axisymmetric loading.