

2. Аналіз результатів випробувань

Аналіз результатів випробувань трьох серій збірно-монолітних залізобетонних двопрогонових конструкцій мостів підтвердив можливості реалізації ідеї нерозрізності з застосуванням опрацьованих конструктивних і технологічних вирішень. Ці вирішення дають змогу отримати просту форму збірних елементів, забезпечити їх просторову роботу в збірно-монолітній багатопрогоновій конструкції моста із застосуванням попередньо напружених стиків і використання електротермічного методу натягу, а також регулюванням зусиль.

Аналіз результатів випробувань фрагментів натурних конструкцій підтвердив можливість широкої реалізації опрацьованих збірно-монолітних нерозрізних систем мостів з попередньо напруженими стиками. Аналіз величин деформацій бетону, бетону замоноличування і арматури показав, що всі елементи прогонової будови включаються до спільної роботи в стиснутій і розтягнутій зонах, про що свідчить характер утворення тріщин і руйнування цих конструкцій [4].

Результати випробувань таких конструктивних вирішень багатопрогонових нерозрізних мостів у 1975–2003 рр. були застосовані в проектах та будівництві двох мостів і багатьох інженерних будівель [1; 2].

1. Курилло А. С., Гнідець Б. Г. Сборные железобетонные конструкции производственных зданий с натяжением арматуры в монтажных стыках // Бетон и железобетон. – 1966. – №5. – С. 12–18.
2. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Сборно-монолитные неразрезные железобетонные мосты с предварительно напряженными стыками в двух направлениях // Вестник Львов. политехн. ин-та. – 1980. – № 145. – С. 17–19.
3. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Совершенствование конструктивно-технологических решений сборно-монолитных неразрезных пролетных строений мостов: Труды Союздор НИИ. – М., 1987. – С. 28–34.
4. Гнідець Б.Г., Гнідець О.З. Збірно-монолітні залізобетонні попередньо напружені прогонові будови мостів для будівництва методом поздовжнього насування: Труды Союздор НИИ. – М., 1987.

УДК 624.012:69.057

Б.Г. Гнідець, М.Р. Щеглюк

Національний університет “Львівська політехніка”

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ АРМАТУРИ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТІВ

© Гнідець Б.Г., Щеглюк М.Р., 2006

Наведено проектні пропозиції реконструкції залізобетонного моста зміною статичної схеми. Виконання запропонованої схеми реконструкції здійснюється з використанням попереднього напруження деяких елементів конструкції. Запропоновано використати удосконалену технологію електротермічного напруження стрижневої арматури в умовах будівництва.

In this article the resulted design offers of reconstruction of the ferro-concrete bridge, by change of the static circuit. Performance of the offered circuit of reconstruction is carried out by use of the previous pressure of some elements of a design. For this purpose it is offered to use the advanced technology of an electrothermal pressure of rod armature in conditions of construction.

Термін служби будівель і споруд загалом залежить від довговічності його складових конструктивних елементів і обладнання. Оскільки матеріали, конструкції і елементи будівель за міцністю неоднороззначні, то відповідно і терміни їх служби є різні. Залежно від типу конструкцій і виду використовуваних основних матеріалів для них встановлено нормативні усереднені терміни служби. Ці нормативні терміни не є граничними і на практиці можуть відхилятися в бік збільшення або зменшення [1].

Під час довготривалої експлуатації будівель і споруд з різних причин настає граничний етап, коли вони перестають відповідати вимогам норм і потребують реконструкції та підсилення

окремих елементів або заміни їх новими. Реконструкція є ефективним методом відновлення експлуатаційних властивостей будівель і споруд.

Під час реконструкції будівель та споруд ведуться різноманітні будівельні та монтажні роботи, використовується багато бетону і арматури та при цьому широко застосовується попереднє напруження конструкцій.

Сьогодні реконструкції і підсилення вимагають багато залізобетонних мостів, що викликано збільшенням навантажень, інтенсивності руху, корозією арматури і бетону чи осіданням опор. Реконструкція мостів може виконуватися без зміни або із зміною статичної схеми прогонової будови. Останній спосіб передбачає застосування попереднього напруження елементів конструкції. У цьому випадку може поширено застосовуватися електротермічний спосіб натягу напружувальних елементів підсилення, напруження арматури нових конструкцій, стиків тощо. При цьому способі напруження можуть використовуватися конструктивно-технологічні вирішення підсилення розрізних систем і забезпечуватися можливість їх застосування також в нерозрізних, консольних, консольно-підвісних і рамних мостах.

На рис. 1 показано конструктивну схему проектних пропозицій реконструкції залізобетонного моста завдовжки 110 м через річку Буг у м. Кам'янка-Бузька Львівської області. Передбачено підсилити прогонові будови моста зі зміною статичної схеми. Вільно оперті головні балки об'єднуються на опорах за допомогою замоноличування і попереднього напруження арматури. Запропонована конструкція підсилення достосована до розробленої ГНДЛ-88 Національного університету "Львівська політехніка" схеми підсилення без попереднього напруження [2].

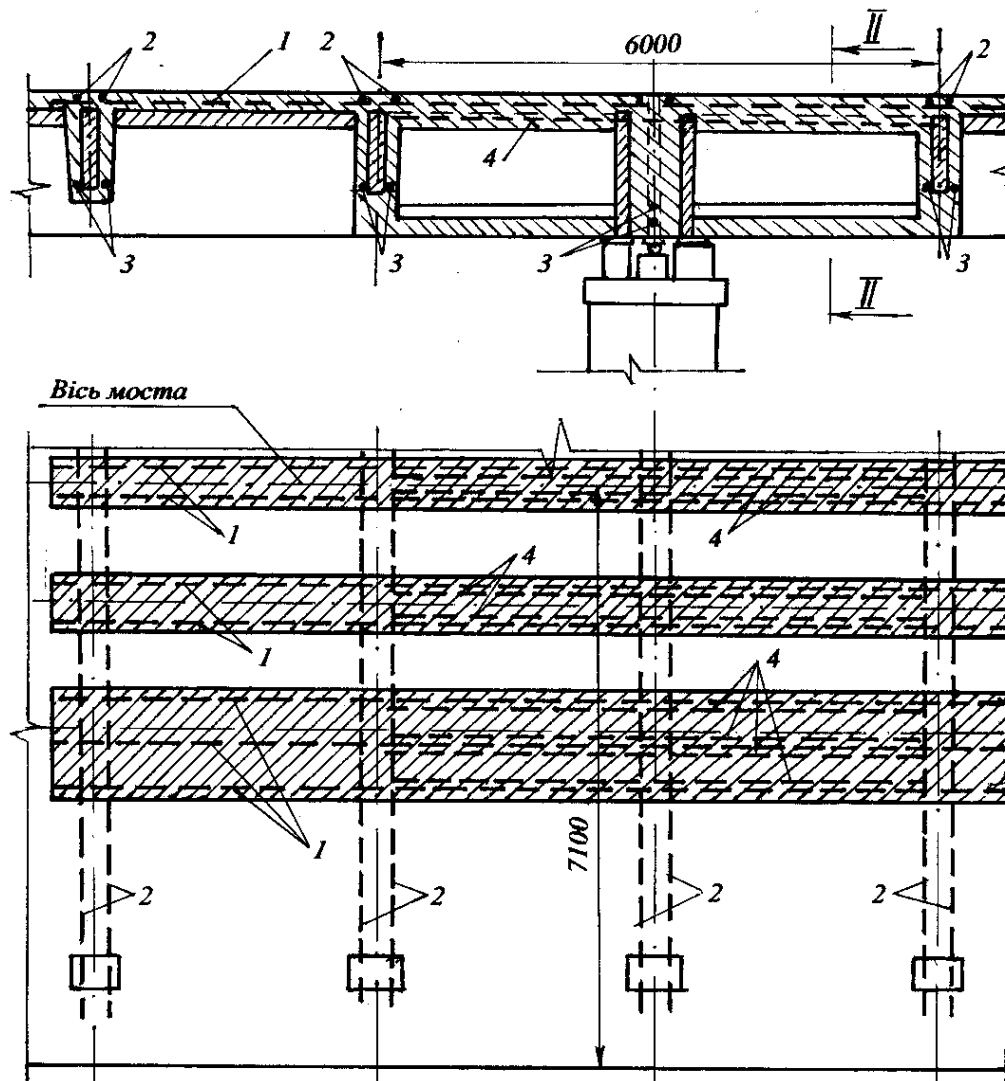


Рис. 1. Конструктивна схема реконструкції моста через річку Буг (штриховими лініями показано розташування напруженої арматури)

Для підсилення застосовано попереднє напруження поздовжньої надпорної арматури 1 і 4 головних балок та арматури 2 і 3 для діафрагм, а також армування великих консолей монолітної плити проїзної частини при поширенні габариту. Попереднє напруження при підсиленні елементів прогонової будови розроблено у двох варіантах. Напруження надпорної арматури 1 і 4 головних балок передбачено проводити у відкритих каналах з анкеруванням до закладних деталей конструкції.

Напруження верхньої арматури 2 діафрагм передбачено проводити у відкритих каналах, а також у закритих каналах із застосуванням каналоутворювачів, встановлених під час армування плити [4].

Напруження нижньої арматури 3 діафрагм передбачено проводити в закритих каналах. Розроблено два варіанти технології напруження цієї арматури. Перший варіант передбачає застосування різьбових анкерів. Коротуни з різьбою будуть приварені до кінців напружуваних стрижнів під час підготовки арматури. Як варіант можливе застосування високоміцної арматури з різьбовим профілем.

Другий варіант передбачає напруження арматури за допомогою рамних переставних упорів, встановлених знизу, які після тужавіння бетону замонолічування і відпуску натягу арматури демонтують і послідовно переставляють для напруження арматури наступного прогону.

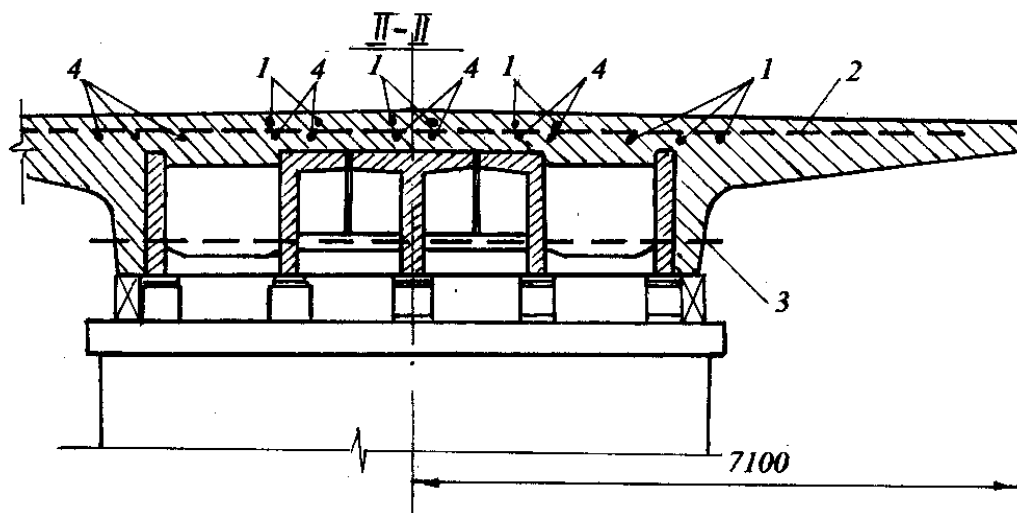


Рис. 2. Поперечний переріз моста по осях II – II

Попереднє напруження стрижневої арматури 6 і 7 у надпорній зоні плити (на рис. 1 і 2 не показано) проїзної частини передбачено проводити із застосуванням термореактивної смоли. Арматура покривається шаром термореактивної смоли і укладається в конструкцію під час бетонування. При нагріванні арматури смола спочатку розплавляється, а потім незворотно тужавіє, забезпечуючи надійне зчеплення і анкерування в бетоні.

Кількісні характеристики використаної арматури для реконструкції моста наведено в таблиці [5]. Для реконструкції необхідно використати більше 8 тонн попередньо напруженої арматури діаметром 25 мм класу А-Шв.

Технологія натягу арматури не відрізняється від технології електротермічного напруження стрижневої арматури будівельних конструкцій в умовах будівельного майданчика. Стрижні нагріваються електричним струмом і закріплюються в такому стані за допомогою різних анкерних пристроїв, конструкція яких залежить від виду стрижнів, місця їх закріплення на підсилюваному елементі та від самої конструкції. Найчастіше для цього використовуються упорні коротуни, різьбове з'єднання і зварювання (рис. 3) [3, 4]. Різьбове з'єднання використовується під час застосування стягелів із арматури гвинтового профілю і спеціальних муфт або гайок.

Кількісні характеристики використаної арматури для реконструкції моста

№ з/п	Діаметр, клас і марка арматури	Довжина напруженого стрижня, м	Кількість стрижнів на один стик, шт	Кількість стрижнів на всю споруду, шт.	Загальна довжина/маса, м/кг
1	Ø25, А-Шв, 35ГС	11,7	12	60	702/2495
2	Ø25, А-Шв, 35ГС	8,7	12	60	522/2124
3	Ø25, А-Шв, 35ГС	6,5	12	60	350/1348
4	Ø25, А-Шв, 35ГС	6,3	10	50	315/1212
6	Ø25, А-Шв, 35ГС	3	6	30	90/347
7	Ø25, А-Шв, 35ГС	4,3	6	30	130/500
				Разом	2110/8030

Способи анкерування напруженої арматури впливають на деякі технологічні і експлуатаційні властивості. Так, наприклад, використання приварених упорних коротунів вимагає високої точності під час конструювання арматурних заготовок, але уможливорює регулювання зусилля в напруженій арматурі та конструкції. Під час анкерування арматури за допомогою гайок або спеціальних муфт легко можна регулювати зусилля [3].

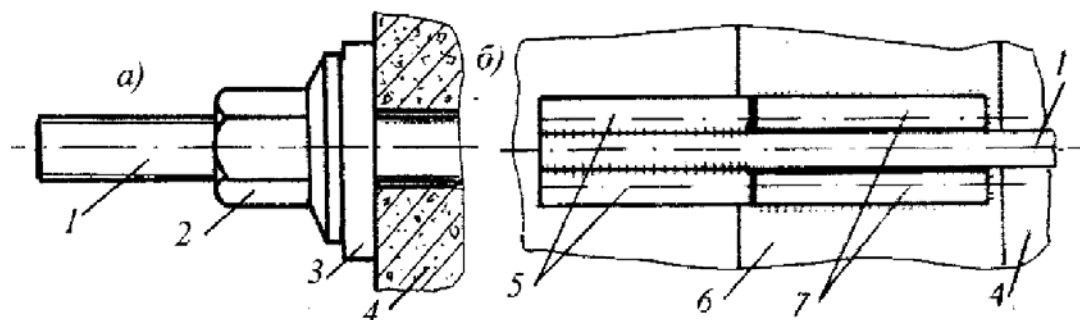


Рис. 3. Способи анкерування напруженої арматури за допомогою гайки (а) і упорних коротунів (б): 1 – напружена арматура; 2 – гайка; 3 – упорна шайба; 4 – бетон конструкції; 5 – упорні коротуни, приварені до арматури; 6 – закладна деталь; 7 – упорні коротуни, приварені до закладної деталі

Розроблена й удосконалена технологія напруження арматури в умовах будівництва дає змогу застосовувати для анкерування ванне, ванно-шовне і шовне зварювання (рис. 4) [3]. В такий спосіб можна зварювати кінці напруженої арматури з випусками робочої арматури конструкції. Шовне зварювання широко використовується для приварювання кінців напруженої арматури до закладних деталей (рис. 5). Зварювання унеможливорює регулювати зусилля в напруженій арматурі та конструкції, зате точність заготовки арматури не впливає на величину її натягу. Використовуючи автоматизовану систему контролю і керування нагрівом арматури, можна домогтись високої точності попереднього напруження.

У проектних пропозиціях реконструкції моста запропоновано анкерувати арматуру усіма наведеними вище способами. Для деяких елементів конструкцій передбачено два різні способи або їх комбінація [2].

Анкерування арматури позиції 1 і 4 (рис. 1), яка розташована у відкритих каналах, здійснюватиметься на упори за допомогою приварених коротунів завдовжки 150 мм, що нарізані із тієї самої сталі. У другому варіанті передбачено анкерування її за допомогою шовного зварювання двома фланговими швами. Через те, що доступ до одного боку арматури неможливий, то її приварюють до коротуна, що був попередньо приварений двома фланговими швами до закладної деталі (рис. 6).

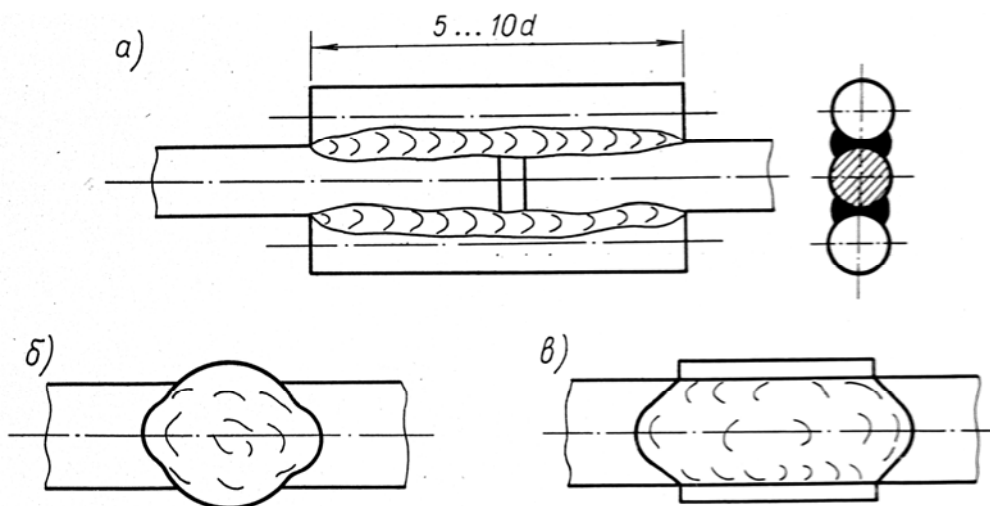


Рис. 4. З'єднання кінців напруженої арматури за допомогою шовного (а), ванного (б) і ванно-шовного (в) зварювання

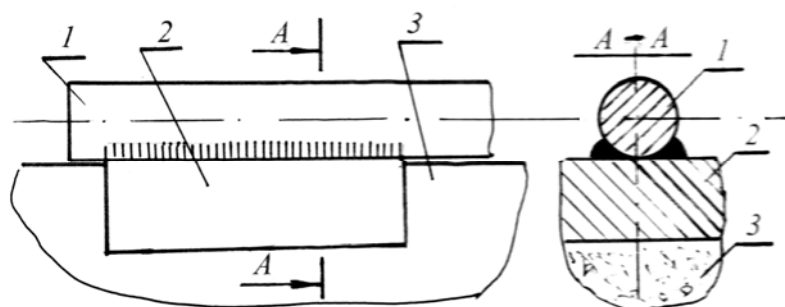


Рис. 5. Анкерування напруженої арматури приварюванням до закладної деталі: 1, 2, 3 – відповідно арматура, закладна деталь і бетон конструкції

Для напруження нагріту арматуру поз. 2 (рис. 1, 2), що також розташована у відкритих каналах, передбачено анкерувати до випусків робочої арматури за допомогою приварювання коротунів-накладок завдовжки 250 мм односторонніми фланговими швами (рис. 4, а).

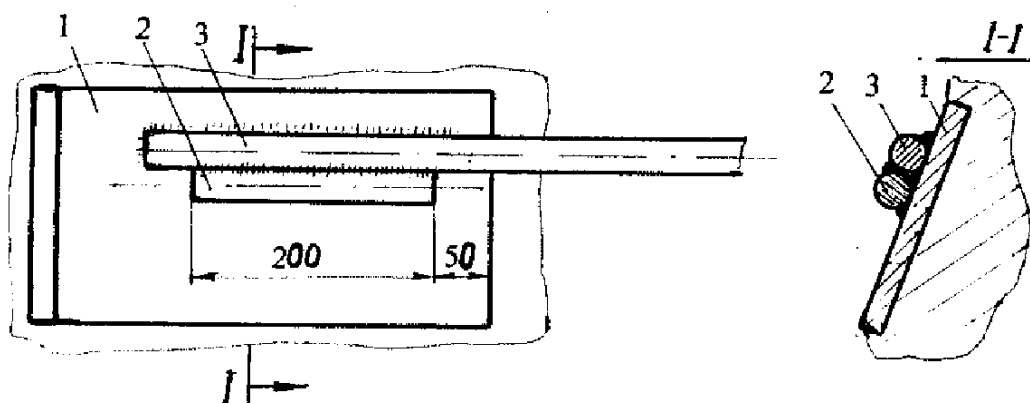


Рис. 6. Схема анкерування нагрітої арматури (поз. 1 і 4) приварюванням до закладної деталі: 1 – закладна деталь; 2 – приварений коротун; 3 – арматура

Арматуру поз. 3 пропонується нагрівати і анкерувати у спеціальних каналах за допомогою коротунів з різьбою і гайок. Канали утворюють за допомогою металорукава діаметром 40 мм, який забетоновується у конструкцію під час її виготовлення. Після охолодження арматури до температури оточуючого повітря в канали нагнітають цементний розчин.

Другий варіант передбачає використовувати для напруження цієї арматури спеціальну переставну раму з упорами. Для анкерування на кінцях стрижня приварено упорні коротуни. Напружену арматуру бетонують в конструкції і після тужавіння бетону до проектної міцності натяг арматури відпускають.

1. Прокоп'юшин А.П. Экономическая эффективность реконструкции жилищного фонда. – М.: Стройиздат, 1990. – 225 с. 2. Розробка конструкції і технології підсилення залізобетонних мостів з використанням попереднього напруження зі зміною статичної схеми: Звіт про НДР / Національний університет “Львівська політехніка”, Інститут будівництва та інженерії докілья, кафедра мостів та будівельної механіки. – Львів: Держдор НДІ. – №7073. – 2004. – 51 с. 3. Гнідець Б.Г., Щеглюк М.Р., Кавацюк І.Д. Електротермічне попереднє напруження будівельних конструкцій в умовах будівництва. – Львів: “Сполом”, 2004. – 108 с. 4. Гнідець Б.Г., Щеглюк М.Р. Електротермічне напруження стержневої арматури в умовах будівництва // Будівництво України. – 2002. – №4. – С.29 – 32. 5. ДСТУ 3760-98. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови.

УДК 539.3

М.І. Задворняк

Національний університет “Львівська політехніка”

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ З ЦИЛІНДРИЧНОЮ ВИРОБКОЮ

© Задворняк М.І., 2006

Розроблено методику розрахунку напружено-деформованого стану в анізотропному вагомому середовищі з циліндричною виробкою некругового поперечного перерізу. Методами теорії функції комплексної змінної задачі зведено до нескінченних систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

The technique of calculation of tensely warped state in anisotropic weight environment with cylindrical elaboration of non-circular cross-section is developed. Using the methods of theory of function of complex variable the problems were brought to infinite systems of linear algebraic equations.

Міцність та стійкість підземних виробок значною мірою залежать від анізотропії механічних властивостей масиву гірських порід, в якому вони закладені. В роботі пропонується методика визначення поля напружень в анізотропному масиві з горизонтальною заглибленою циліндричною виробкою, проведеною на глибині H від денної поверхні. Вважається, що масив має площину пружної симетрії XOy , перпендикулярну до твірних циліндричної поверхні виробки (рисунок). В координатній площині XOy контур виробки L описується рівнянням вигляду [3]

$$x + iy = R \left(e^{i\theta} + \sum_{k=1}^N c_k e^{-ik\theta} \right), \theta \in [0; 2\pi]. \quad (1)$$

Напруження в масиві з виробкою подамо у вигляді суми

$$\sigma_x = \sigma'_x + \sigma''_x, \sigma_y = \sigma'_y + \sigma''_y, \sigma_{xy} = \sigma'_{xy} + \sigma''_{xy}, \quad (2)$$

де $\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_{xy}$ – компоненти напружень в нерозробленому масиві; $\sigma''_x, \sigma''_y, \sigma''_{xy}$ – напруження, зумовлені наявністю виробки.

Напруження в нерозробленому масиві визначаються за формулами