

УДК 624.012.45

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.40.5>

**Агафонова І.П.**

викладач кафедри будівельної інженерії та економіки,  
Бендерська політехнічна філія Придністровського державного університету  
імені Т.Г. Шевченка, м. Бендери

**Постернак О.О.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

**Кравченко С.А.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

**Агаєва О.А.**

к.т.н., доцент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

**Столевич І.А.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри опору матеріалів,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

## ПІДСИЛЕННЯ СТИКІВ ПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ

***Анотація.** Серед вирішень проблеми житла є підвищення його доступності для широкого кола населення. Це насамперед залежить від собівартості. Реконструкцію великопанельних житлових будівель перших масових серій можна розглядати як одне з економічно вигідних рішень у галузі будівництва.*

*Мета роботи полягала у визначенні найбільш вразливих зон комбінованих стиків і ефективного конструктивно-технологічного рішення посилення цих стиків, що дозволяють доцільно використовувати їх несучу здатність. Об'єктами досліджень були моделі фрагментів комбінованого стику, дослідження проводились у програмному комплексі «Ліра».*

*У разі зміни будь-якого параметра стику більше припустимої величини може виникати перерозподіл зусиль у стику між конструкціями будівлі, що може призвести до непроєктного рішення. Проведений аналіз комбінованого стику, технології монтажу та можливих відхилень дає можливість визначити необхідні параметри, у разі зміни яких відбудеться істотний вплив на несучу здатність стику і виникне необхідність у підсиленні.*

*Для зразка комбінованого стику, проводячи аналіз значень головних розтягувальних і стискаючих напружень за поетапного навантаження, а також з урахуванням даних про стан матеріалів у процесі навантаження, отримана така послідовність розвитку тріщин: утворення тріщин у зразку комбінованого стику почалося в платформній частині у верхній і нижній стіновій панелі, у разі подальшого збільшення навантаження відбувалося утворення тріщин від зрушення по границі області двохосового стиску у верхній стіновій панелі й утворення вертикальної тріщини в нижній стіновій панелі, руйнування зразка відбулося від розколювання верхньої й нижньої стінової панелі. З представленого механізму роботи стику випливає, що його руйнування походить від зрушення по площинах ковзання у верхній і нижній стінових панелях, від відриву бетону в областях розтягання-стиску, від роздавлювання бетону в області двохосового стиску.*

*Наявність вертикальних стрижнів практично не вплинула на напружено-деформований стан стику. За рахунок зчеплення арматури й бетону зусилля в перетині перерозподілялися на вертикальні стрижні. Несуча здатність стику з вертикальним армуванням становила 1590кН.*

*Під час проектування, будівництва, експлуатації, а також реконструкції панельних будинків виявлено утворення дефектів у стиках, які вимагають оцінки їх несучої здатності. В результаті проведених теоретичних досліджень підібрані найбільш раціональні варіанти підсилення, які дозволяють використовувати повну несучу здатність комбінованого стику.*  
**Ключові слова:** *стики, підсилення, панельні будинки.*

**Постановка проблеми.** Житлова проблема в Молдові та Україні є однією з найбільш істотних. Способи вирішення цієї проблеми – підвищення доступності житла для широкого кола населення. При цьому реконструкцію великопанельних житлових будівель перших масових серій можна розглядати як одне з економічно вигідних рішень у галузі будівництва.

**Аналіз останніх досліджень.** Варіанти ремонту та підсилення горизонтальних стиків були запропоновані С.Б. Віленським, О.Ю. Якубом, Ю.Н. Михайликом, Ю.В. Барковим, Б.В. Сендеровим (пристрій вклеєних вкладок з арматури [2]); вченими Академії комунального господарства ім. К.Д. Памфілова – Н.М. Вавуло, Є.П. Александрияном (пристрій полімерармованих шпонок [3]), Р.В. Шапіро, Вишняковим Ю.С. (підсилення стиків шляхом ін'єкції цементного розчину у вертикальні шви [4]). Більшість варіантів вирішення узагальнено в роботах А.В. Мальганова, В.С. Плевкова, А.В. Поліщука [5].

**Мета роботи** полягала у визначенні найбільш вразливих зон стиків і ефективного рішення їх посилення.

**Об'єкти та методи досліджень.** Об'єктами досліджень є моделі фрагментів комбінованих стиків.

Дослідження проводились у програмному комплексі «Ліра» з введенням основних фізико-механічних характеристик матеріалу з реальних зразків, які були досліджені в лабораторних умовах. Використовувались відомі методи підсилення стиків.

#### **Результати досліджень.**

Під час проведення оцінки технічного стану панельних будинків було виявлено значну кількість дефектів у комбінованих стиках, що викликає необхідність їх підсилення. Підставою для підсилення є:

- пошкодження та дефекти, які отримані скоріш за все внаслідок неякісного виготовлення, транспортування або монтажу;
- використання матеріалів низької якості, що не відповідають стандартам;
- перевищення величини відхилення, допустимої під час монтажу панелей;

- неякісне заповнення розчинних швів;
- невідповідний вибір герметизуючих матеріалів та ін.

У дослідженнях низки авторів можна зауважити, що руйнування відбувалося частіше за такими розрахунковими зонами: відриву, зсуву і роздавлювання. Підвищуючи зусилля опору руйнуванню одній з цих зон, отримуємо можливість контролювати підсилення комбінованого стику залежно від діючих навантажень, міцності матеріалів і виявлених дефектів.

Для зразка комбінованого стику, проводячи аналіз значень головних розтягувальних і стискаючих напружень у разі поетапного навантаження, а також з урахуванням даних про стан матеріалів у процесі навантаження, отримана така послідовність розвитку тріщин:

- згідно з рис. 1, утворення тріщин у зразку комбінованого стику почалося в платформній частині у верхній і нижній стіновій панелі (рис. 1 а);
- у разі подальшого збільшення навантаження відбувалося утворення тріщин від зрушення по границі області двохосового стиску у верхній стіновій панелі й утворення вертикальної тріщини в нижній стіновій панелі (рис. 1 б);
- руйнування зразка відбулося від розколювання верхньої й нижньої стінової панелі (рис. 1 в).

Для визначення величини навантаження утворення тріщин і руйнівного навантаження використовувалася модель комбінованого стику, що складається з об'ємних кінцевих елементів (рис. 2). При цьому для визначення міцнісних і деформативних характеристик матеріалів використовувався закон нелінійного деформування Генієва-Баландіна. За результатами розрахунків навантаження утворення тріщин становило 1012 кН, руйнівне навантаження 1178 кН.

Таким чином, з представленого механізму роботи стику випливає, що його руйнування походить від зрушення по площинах ковзання у верхній і нижній стінових панелях, від відриву бетону в областях розтягання-стиску, від роздавлювання бетону в області двохосового стиску.

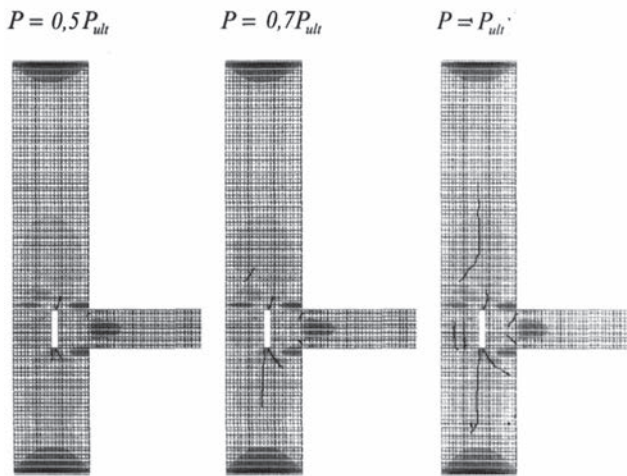


Рис. 1. Послідовність розвитку тріщин

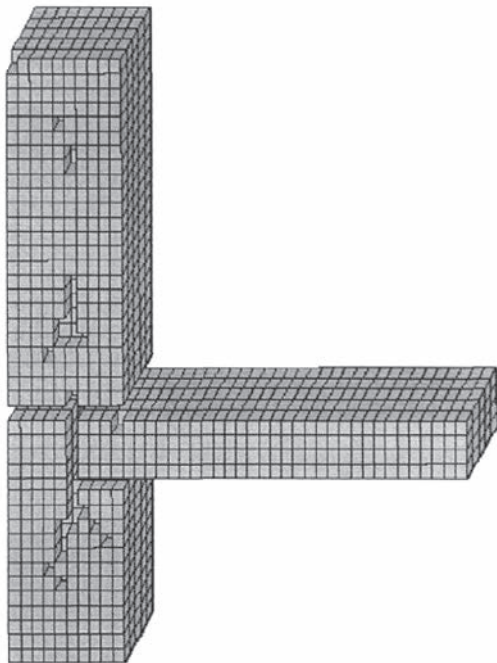


Рис. 2. Руйнування моделі комбінованого стику

За результатами розрахунків встановлено, що напружено-деформований стан бетону стінових панелей у зоні стику практично не змінюється у разі кріплення куточка або бетонного поясу знизу плити перекриття в платформній частині.

Слід зазначити зниження напружень у платформній частині нижньої стінової панелі під плитою перекриття, що свідчить про те, що такий варіант посилення спрямований в основному на сприйняття додаткових зусиль від плити перекриття (рис. 3). Величина включення в роботу ширини елемента посилення  $\Delta L_{loc}$  становить  $0,1h$ .

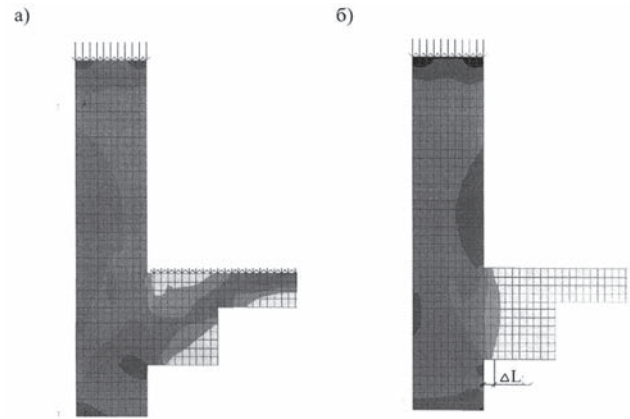


Рис. 3. Напружений стан зразка стику у разі посилення платформної частини

Наступний етап досліджень був пов'язаний із вивченням характеру і ступеня впливу у разі збільшення ширини платформної частини знизу і зверху плити перекриття.

Метою цього розрахунку було встановлення впливу співвідношення розмірів елемента посилення на несучу здатність елемента комбінованого стику, визначення відстані  $\Delta L$ , через яку передається навантаження від верхньої стінової панелі на нижню. Для такого способу елементи підсилення моделювалися у вигляді кінцевих елементів балки-стілки рис. 4. Відстань  $\Delta L$  визначали по ізополях стискаючих напруг.

У ході досліджень було розглянуто вплив висоти і ширини елементів підсилення на величину  $\Delta L$  і несучу здатність зразка комбінованого стику. Результати для зміни величини  $\Delta L$  зведені у табл. 1.

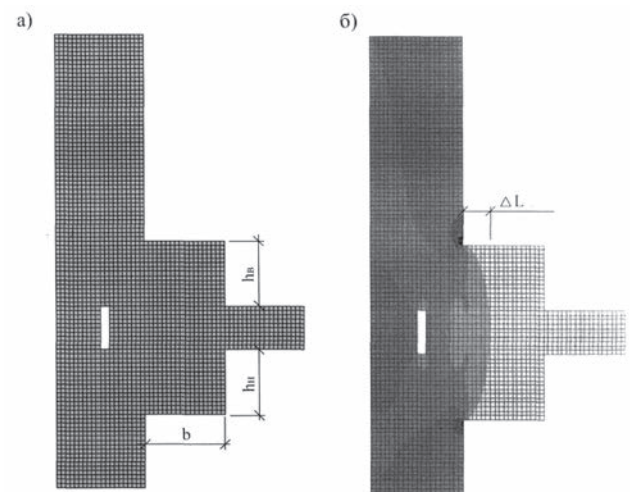


Рис. 4. Ізополі напружень:  
а) Скінченно-елементна модель,  
б) Розподіл стискаючих напружень у стику

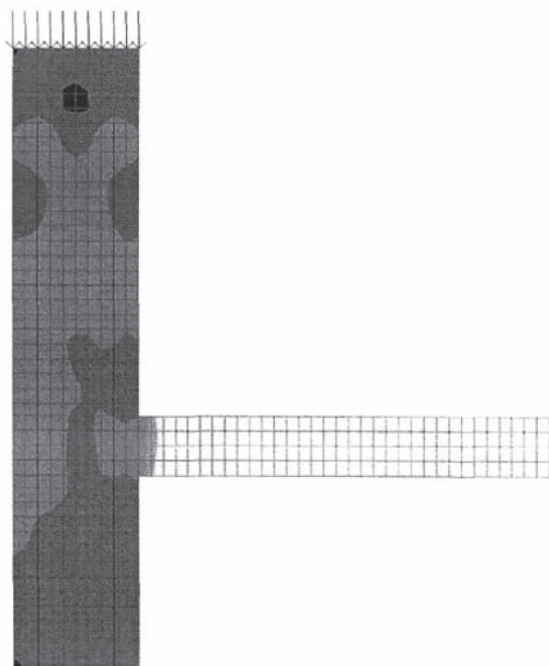


Рис. 5. Розподіл стискаючих напружень по перетину стику

З аналізу табл. 1 видно, що ширина майданчика передачі зусилля  $\Delta L$  становить близько 0,5–0,7 висоти елемента підсилення  $h$ .

При цьому величина  $\Delta L$  приймає значення не більше ширини елемента підсилення. З огляду на те, що клас бетону елемента підсилення С 16/20, величина  $\Delta L$  визначається з формули:  $\Delta L = h / \tan \alpha$ ,  $\tan \alpha = 0,25(11,5/0,9) - 1,56 = 1,63$ , тоді  $\Delta L = 0,6h$ , що підтверджує ре-

зультати проведених обчислень. Несуча здатність зразка у разі зміни розмірів залізобетонного поясу підвищувалась до 115% порівняно зі зразками без підсилення.

Для моделювання вертикальних арматурних стрижнів у стінових панелях стику використовувалися стрижневі кінцеві елементи з типом жорсткості кільця діаметром 16 мм. Міцнісні й деформативні характеристики прийняті для класу арматури А400С.

Вертикальні стрижні моделювалися стрижневими кінцевими елементами, розташованими в межах захисного шару бетону стінової панелі. Як видно з рис. 5, наявність вертикальних стрижнів практично не вплинула на напружено-деформований стан стику. За рахунок зчеплення арматури й бетону зусилля в перетині перерозподілялися на вертикальні стрижні. Несуча здатність стику з вертикальним армуванням становила 1590кН.

#### Висновки:

1. Під час проектування, будівництва, експлуатації, а також реконструкції панельних будинків відбувається утворення дефектів у стиках, що вимагає оцінки їх несучої здатності.

2. У результаті досліджень підібрані найраціональніші варіанти підсилення, які дозволяють використовувати повну несучу здатність комбінованого стику.

3. Отримано характер зміни напружено-деформованого стану зразків комбінованого стику стосовно запропонованих варіантів підсилення.

Таблиця 1

**Залежність ширини майданчика передачі зусилля  $\Delta L$  від висоти  $h$  та ширини  $b$  елемента підсилення**

| $h \setminus b$ ,<br>мм | 220             | 440 | 660 | 880 | 1100 | 1120 | 1140 | 1160 | 1180 | 2200 | 2220 | 2240 | 2260 | 280  | 300  |
|-------------------------|-----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                         | $\Delta L$ , мм |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 550                     | 220             | 440 | 440 | 440 | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  |
| 1100                    | 220             | 550 | 660 | 660 | 660  | 660  | 770  | 880  | 880  | 880  | 880  | 880  | 880  | 880  | 880  |
| 1150                    | 220             | 440 | 660 | 880 | 880  | 880  | 990  | 990  | 1100 | 1110 | 1110 | 1110 | 1110 | 1120 | 1120 |
| 2200                    | 220             | 440 | 660 | 880 | 990  | 1100 | 1100 | 1100 | 1110 | 1120 | 1120 | 1130 | 1140 | 1140 | 1140 |
| 2250                    | 220             | 440 | 660 | 880 | 1100 | 1110 | 1120 | 1110 | 1110 | 1120 | 1130 | 1140 | 1140 | 1150 | 1160 |
| 3300                    | 220             | 440 | 660 | 880 | 1100 | 1110 | 1120 | 1130 | 1140 | 1130 | 1130 | 1140 | 1140 | 1150 | 1160 |
| 3350                    | 220             | 440 | 660 | 880 | 1100 | 1110 | 1130 | 1130 | 1120 | 1120 | 1130 | 1140 | 1140 | 1150 | 1160 |

#### Література

1. Никитин Г.П. Совершенствование методики расчета платформенных стыков панельных стен / Соколов Б.С, Никитин Г.П. *Проект и реализация – гаранты безопасности жизнедеятельности* : труды общего собрания РААСН. Москва–Санкт-Петербург, 2006. Том 1. С. 226–231.



2. Рекомендации по ремонту стыков панелей наружных стен полносборных домов. Москва : ЦНИИЭП жилища, 1987.
3. Рекомендации по восстановлению и усилению крупнопанельных зданий полимеррастворами. Тбилиси : Ротапринт ТбилЗНИИЭП, 1984. 112 с.
4. Шапиро Г.И., Вишняков Ю.В. Вариант усиления платформенных стыков. *Жилищное строительство*. Москва : Стройиздат, 2004. № 5.
5. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей. Томск. Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. 316 с.

### References

1. Nikitin G.P. Sovershenstvovanie metodiki rascheta platformennyh stykov panel'nyh sten / Sokolov B.S, Nikitin G.P. Proekt i realizacija – garanty bezopasnosti zhiznedejatel'nosti: Trudy obshhego sobraniya RAASN. Moskva–Sankt-Peterburg, 2006. Tom 1. S. 226–231.
2. Rekomendacii po remontu stykov panelej naruzhnyh sten polnosbornyh domov. Moskva: CNIIEP zhilishha, 1987.
3. Rekomendacii po vosstanovleniju i usileniju krupnpanel'nyh zdaniy polimerrastvorami. Tbilisi: Rotaprint TbilZNIIEP, 1984. 112 s.
4. Shapiro G.I., Vishnyakov Yu.V. Variant usileniya platformennyh stykov. Zhilishhnoe stroitel'stvo. Moskva: Strojizdat, 2004. No. 5.
5. Mal'ganov A.I., Plevkov B.C., Polishhuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nyh konstrukcij avariynyh i rekonstruiroemyh zdaniy. Atlas shem i chertezhej. Tomsk. Tomskij mezhotraslevoj CNTI, 1990. 316 s.

## REINFORCEMENT OF JOINTS OF PANEL BUILDINGS

**Abstract.** *The increase accessibility of housing to the general population is the solutions of the housing problem. It depends primarily on the cost. Reconstruction of large-panel residential buildings of the first mass series can be considered as one of the cost-effective solutions in the field of construction.*

*The purpose of the work was to determine the most vulnerable areas of the combined joints and an effective structural and technological solution for strengthening these joints, allowing the use of their bearing capacity. The objects of research were models of the combined joint fragments, studies were conducted in the software complex “Lira”.*

*If any parameter is changed, the junction of a larger allowable value may be redistributed at the junction between the structures of the building, which may lead to an improper solution. The analysis of the combined joint, installation technology and possible deviations makes it possible to determine the necessary parameters, with the change of which there will be a significant impact on the bearing capacity of the joint and there will be a need for strengthening.*

*For the sample of the combined joint, by analyzing the values of the main stretching and compressing stresses at a phased load, as well as taking into account the data on the state of materials in the process of loading, the following sequence of cracks development is obtained: the formation of cracks in the sample of the combined joint began in the platform part in the upper and lower wall panels, with the further increase of the load, the formation of cracks from the shift along the boundary of the two-axis compression area in the upper wall panel and the formation of a vertical crack in the lower wall panel, the destruction of the sample occurred from the split of the upper and lower wall panels. From the presented mechanism of junction work it follows that its destruction comes from the shift in the sliding planes in the upper and lower wall panels, from the separation of concrete in the areas of stretching-compression, and from the crushing of concrete in the area of two-axis compression.*

*The presence of vertical rods practically did not affect the stress-deformed state of the joint. Due to the adhesion of reinforcement and concrete, the cross-section forces were redistributed into vertical rods. The bearing capacity of the junction with vertical reinforcement was 1590кН.*

*In the design, construction, operation, as well as the reconstruction of panel buildings, the formation of defects in the joints is detected, which require an assessment of their bearing capacity. As a result of theoretical research, the most rational enhancement options are selected, which allow you to use the full bearing capacity of the combined joint.*

**Key words:** *joints, reinforce, prefabricated buildings.*

**Agafonova I.P.**

Teacher at the Department of Construction Engineering and Economics,  
Bendery Polytechnic Branch of the Taras Shevchenko Transnistria State University, Bendery

**Posternak O.O.**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

**Kravchenko S.A.**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

**Ahaieva O.A.**

Ph.D., Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

**Stolevych I.A.**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Strength of Materials,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa