

## ДЕФЕКТИ МІЖПОВЕРХОВИХ СТИКІВ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН БАГАТОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

*Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів,  
вул. С. Бандери 12, м. Львів, Україна, 79013,  
bogdan195809@gmail.com, hladyshverd@gmail.com*

© Демчина Б. Г., Гладішев Р. Д., 2019

Міжповерхові стики збірних залізобетонних колон, у межах багатоповерхових каркасних будівель, належать до елементів, які відповідають за забезпечення конструкційної безпеки будівлі загалом, а їх дефекти можуть призвести до відмови як окремих конструкцій, так і усієї будівлі. Дослідження прихованих дефектів міжповерхових стиків колон багатоповерхових промислових будівель, споруджених у 80-ті роки ХХ століття, актуальне у зв'язку з тим, що чинні нормативні документи розрахунком не дають змогу врахувати особливості роботи цих стиків з виробничими та монтажними конструктивними відхиленнями різних типів. Ці приховані дефекти поширені у стиках колон, відрізняються від ідеальних типових рішень, і не всі відхилення нормуються. Особливо це стосується зміни характеру роботи у стиках колон стиснуто-зігнутої арматури випусків або одностороннього направлено відхилення арматурних випусків, об'єднаних ванним зварюванням, від вертикальної осі колон. Пошук цих прихованих дефектів стає актуальним під час реконструкції будівель з рамними каркасами. В роботі розглянуто деякі із зафіксованих під час візуального обстеження прихованих дефектів.

**Ключові слова:** багатоповерхова каркасна будівля; збірні залізобетонні колони; горизонтальні стики колон; дефекти стиків.

### Вступ

Горизонтальні стики несучих конструкцій будівель належать до елементів, які відповідають за забезпечення конструкційної безпеки будівлі загалом, а їх дефекти можуть призвести до відмови як окремих конструкцій, так і усього будинку. Дослідження дефектів міжповерхових стиків колон багатоповерхових промислових каркасних будівель є актуальним завданням у зв'язку з тим, що чинні нормативні документи не дають змоги врахувати особливості конструктивних відхилень – виробничих та монтажних дефектів у стиках колон, які суттєво відрізняються від типових та проектних рішень і перевищують допустимі нормовані відхилення за ДСТУ Б В.2.6-168:2011. Особливо це стосується причин змін характеру роботи стиснутої арматури випусків у конструкціях міжповерхових стиків колон та інших їх конструктивних елементів у колонах каркасів багатоповерхових промислових будівель, споруджених у 80-ті роки ХХ століття.

### Постановка проблеми

Визначення та аналіз прихованих дефектів стають актуальними під час реконструкції збірних залізобетонних каркасів будівель із необхідністю надбудови та можливістю збільшення корисних навантажень на перекриття. Фіксація під час візуального обстеження, прихованих дефектів дасть можливість врахувати різні конструктивні відхилення елементів стиків у разі реконструкції таких будівель.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Конструкції збірних типових каркасів багатоповерхових промислових будівель та вузли їх з'єднань широко описані в технічній літературі. Під час монтажу збірних залізобетонних

конструкцій каркасів будівель складним та відповідальним завданням є виконання монтажних стиків, на які припадає 25–50 % від загальних трудовитрат і, як наслідок, вони є потенційними проблемними місцями забезпечення точності монтажу [Lepska, 2015]. В роботі [Baykov, 1976] зазначено, що деформативність типових стиків збірних залізобетонних колон може призвести до збільшення горизонтальних переміщень будівель на 20–40 %.

Тому дефекти монтажу, які дуже часто виявляють у таких стиках [(Luneva & Goncharov, 2017)], можуть ще збільшити їх деформативність.

### **Мета дослідження**

Метою роботи є фіксація дефектів у виконаних типових міжповерхових стиках збірних залізобетонних колон, під час реконструкції наявної каркасної будівлі, для подальшого аналізу впливу виявлених дефектів на характер роботи цих стиків.

### **Виклад основного матеріалу**

Об'єктом дослідження є горизонтальні стики колон просторового залізобетонного рамно-в'язевого каркаса недобудованої будівлі одного з львівських промислових підприємств, запроєктованого у 1985 р. Фактичне виконання цих стиків перевіряли за рішенням, рекомендованим у типових серіях конструкцій промислових каркасів із сітками колон 9,0×6,0 м, що діяли на час проєктування будівлі.

Конструкцію каркаса прийнято за комбінованою схемою, з використанням типової серії (П20-2/70, 1973). За комбінованою схемою будівлі прийнято: у поперечному її напрямку – рамну систему, з жорсткими вузлами в місцях стикування ригелів з колонами, та в'язеву систему – у поздовжньому напрямку. Поздовжня жорсткість та поперечна стійкість рам з їх площин забезпечується дисками перекриттів та вертикальними сталевими в'язями, які встановлені на всіх поверхах будівлі, в межах кожного температурного блока.

Будівля в плані, в осях “1-16/А-Е”, має розміри 90,0×18,0 м, і складається з двох температурних блоків по довжині. Загальні габарити збірного каркаса будівлі наведено на рис. 1 та рис. 2.

Двопролітні, триповерхові рами каркаса будівлі розташовано в осях “А-Е”. Крок колон у площині рам 9,0+9,0 м. Крок рам 6,0 м. Висоти основних поверхів 7,2 м.

Між основними поверхами в будівлі виконано три технологічні перекриття, які розташовані на 4,2 м вище від підлоги кожного основного перекриття (рис. 2). Технологічні перекриття виконано як підвісні стелі на металевих балках, що підвішені на жорстких тяжках до закладних деталей колон рам. На полиці несучих металевих балок усіх технологічних перекриттів спираються збірні кругло-порожнисті та ребристі (коритоподібні) плити та не виконані монолітні ділянки між плитами, які повинні були утворити горизонтальні диски жорсткості технологічних перекриттів. Плити підвісних стель у задовільній другій категорії технічного стану.

Колони рамних каркасів будівлі поділяють на крайні та середні. Прив'язка крайніх колон рам до поздовжніх осей – “нульова”. Прив'язка середніх колон рам – по їх геометричній осі.

По висоті колони триповерхових рам поділені на один поверх і об'єднуються монтажними стиками на другому та третьому поверхах.

Перерізи крайніх та середніх колон – 400×600 мм для всіх поверхів. Колони мають консолі для спирання ригелів, з полицями для спирання ребристих плит.

Поздовжню арматуру колон прийнято зі стрижневої гарячекатаної арматури періодичного профілю класу А-III постійного по довжині діаметра, хомути – зі стрижневої гарячекатаної гладкої арматури класу А-I.

Колони армовано просторовими каркасами, які складаються з арматурних стрижнів та замкнутих зварних хомутів. Армуння колон наведено на рис. 3.

Поздовжнє армування колон відповідає типовому рішенню за типовою серією (1.420-12, 1979). Проктна марка бетону колон М400 (умовний клас  $C_{c25}/30$ ).

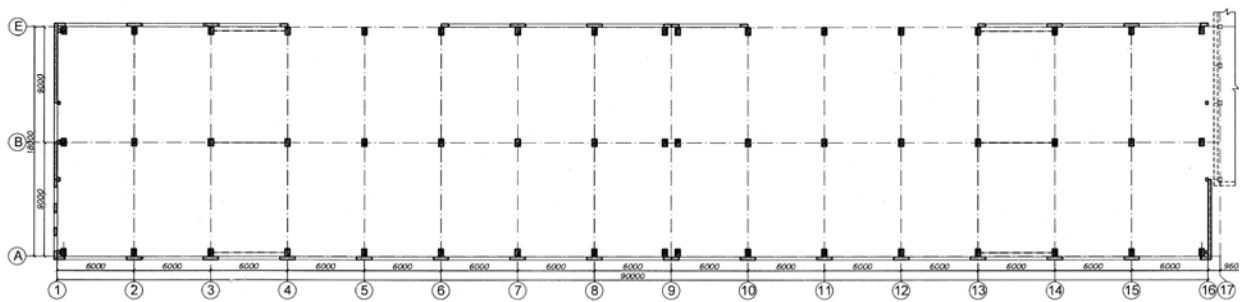


Рис. 1. План першого поверху будівлі

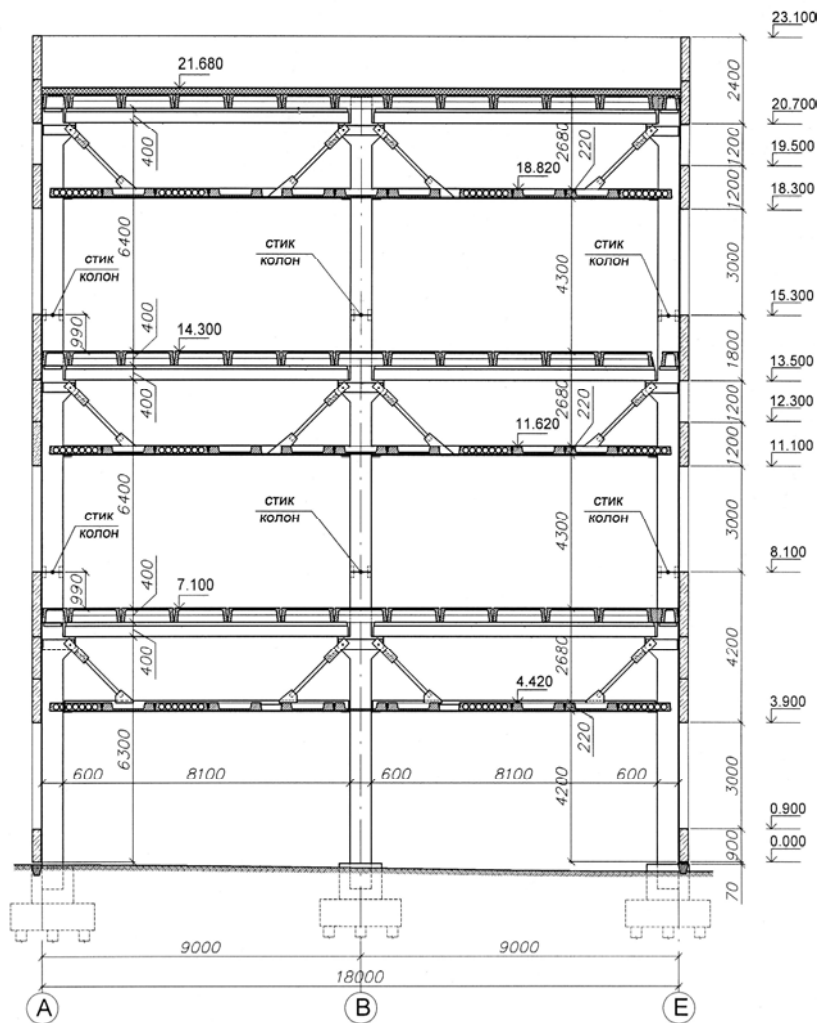


Рис. 2. Поперечний переріз будівлі

Визначені фактичний клас “С<sub>f</sub>” та марка “М<sub>f</sub>” бетону колон по поверху рамного каркаса будівлі на час обстеження становили:

- для колон 1-го поверху – С<sub>f</sub>25/30, V<sub>max</sub>=11,35 % <13,5 % (М<sub>f</sub> 400=M400);
- для колон 2-го поверху – С<sub>f</sub>30/35, V<sub>max</sub>=10,11 % <13,5 % (М<sub>f</sub> 425>M400);
- для колон 3-го поверху – С<sub>f</sub>31/37,5, V<sub>max</sub>=9,31 % <13,5 % (М<sub>f</sub> 450>M400).

Фактичний клас бетону та відповідна йому марка колон не менші за проектну марку бетону М400, а відповідний клас бетону становить С25/30.

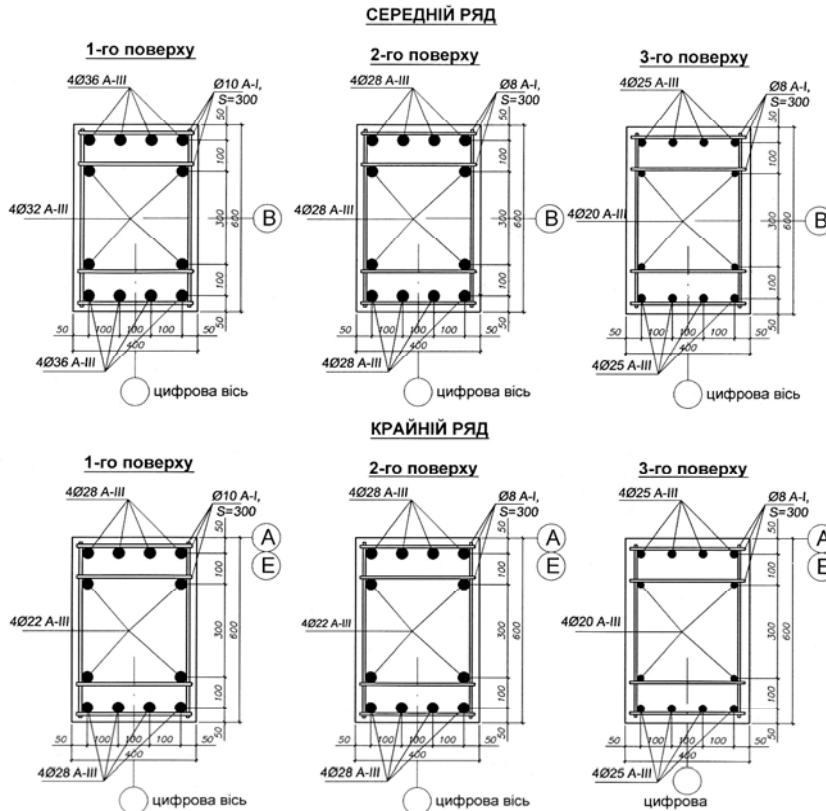


Рис. 3. Армування колон каркаса, визначене під час обстеження

Монтажні горизонтальні міжповерхові стики колон розташовані на висоті 1,8 м від відмітки верху консолі колон та  $\sim 1$  м від рівня верху полицок ребристих плит перекриттів першого та другого поверхів.

За типовим рішенням у типовій серії (1.420-12, 1979), у монтажному стику збірних залізобетонних колон (рис. 4) спочатку встановлюють рихтувальну металеву пластину (1), товщина якої не менше ніж 10 мм (максимум 25 мм), яку приварюють до закладної деталі (2) нижньої колони. Потім встановлюють підкладкову пластину (3) завтовшки 10 мм, яку приварюють до рихтувальної пластини (1).

Після встановлення верхньої колони підкладкову пластину (3) приварюють з двох сторін до закладної деталі (4) верхньої колони. Потім виконують ванне зварювання у мідних формах випусків арматури з колон. Після перевірки якості зварних з'єднань проміжок між торцями колон ретельно заробляють жорстким цементним розчином марки не нижче ніж М300, встановлюють хомут (5) на рівні ванного зварювання, одягають на арматурні випуски сітки (6) та ретельно заробляють ніші дрібнозернистим бетоном марки М300 (С<sub>20</sub>/25).

Стик прийнятого типу повинен забезпечувати міцність, жорсткість та довговічність з'єднання, простоту виготовлення його деталей, а також простоту монтажу та їх з'єднання. Цей стик повинен передавати зусилля стиску, розтягу та зсуву.

Під час обстеження будівлі виявлено дефекти і пошкодження елементів несучих конструкцій та визначено причини їх виникнення, але увагу зосереджено на міжповерхових стиках колон. Основну увагу було спрямовано на міжповерхові стики колон після попереднього огляду (візуального обстеження), за яким виявлено їх суттєві недоліки. Також були відсутні акти прихованих робіт на стиках, які не збереглися від початку будівництва.

Порівняння типових рішень міжповерхових стиків колон за типовою серією (1.420-12, 1979) із фактично виконаними (рис. 5) показало їх невідповідність типовому рішенню за рахунок

дефектів, допущених під час монтажу, та пошкоджень, які утворилися за 30 років після зупинки будівництва та відсутності консервації будівлі.

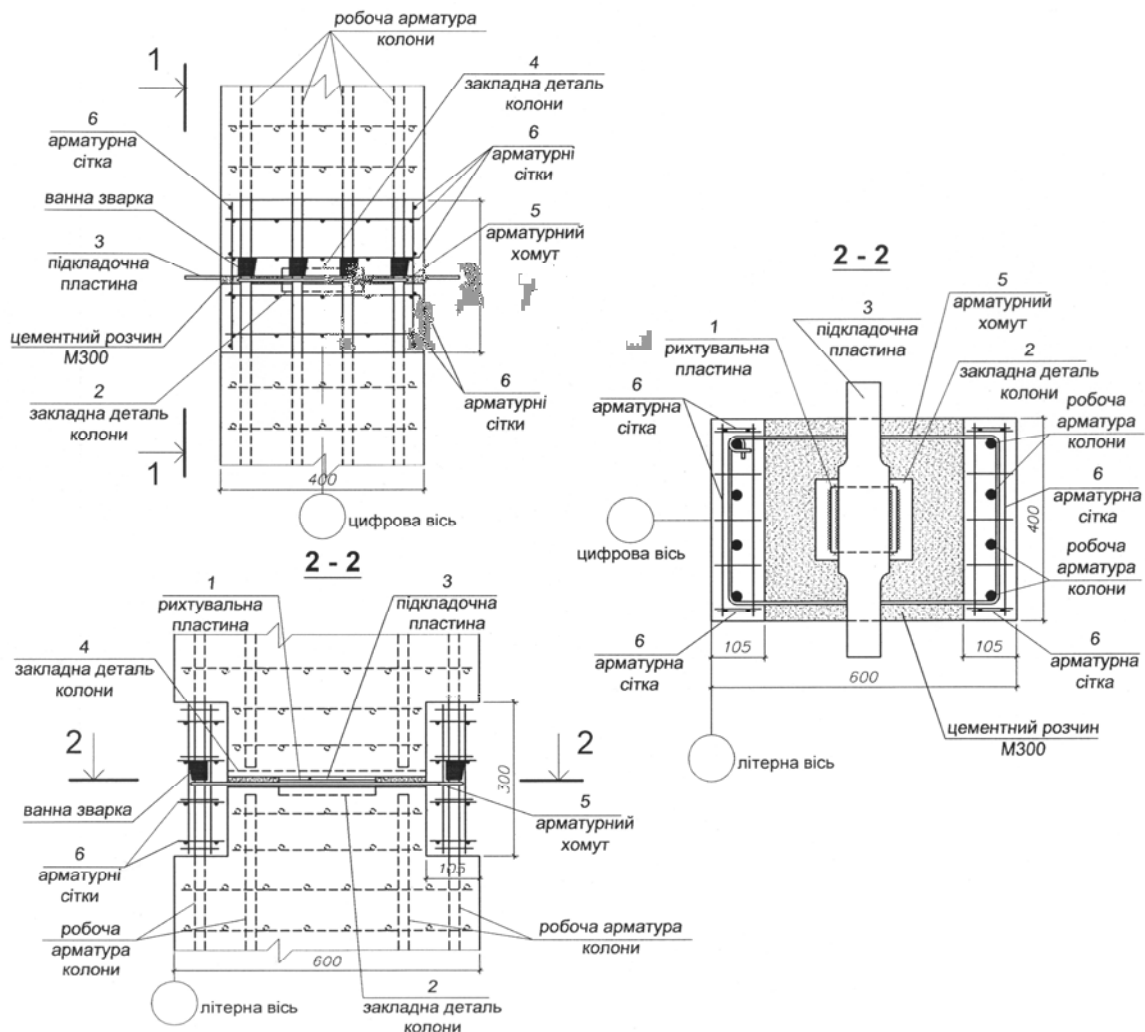


Рис. 4. Проектний стик залізобетонних колон за серією І.420-12  
(дрібнозернистий бетон замонолічування ніш умовно не показано)

Виконано фотофіксацію дефектів і пошкоджень стиків колон (рис. 6–16). Зафіксовано такі монтажні дефекти у стиках колон:

- не встановлено типову підкладкову пластину (3);
- проміжки між торцями колон, у стиках крайнього ряду колон, зовсім не зароблено або не зароблено ретельно цементним розчином марки не нижче ніж М300 (рис. 6, 7);
- не встановлено арматурної сітки (6), тільки на рівні ванного зварювання встановлені гнуті хомути з нерівних арматурних стрижнів  $\varnothing 6$  А-І (рис. 7, 8);
- габарити ванного зварювання арматурних випусків у монтажних стиках колон заходять у межі бетону її захисного шару (рис. 8);
- на арматурні випуски з колон одягнуто U-подібні нетипові елементи для з'єднання із закладними деталями стінових панелей (рис. 9, 10). U-подібні елементи відгинають арматурні випуски за рахунок їх згину від сповзання самонесучих стінових панелей вниз по колонах, що супроводжується утворенням вертикальних тріщин в бетоні замонолічування ніш у стиках колон крайнього ряду каркаса будівлі (рис. 11);

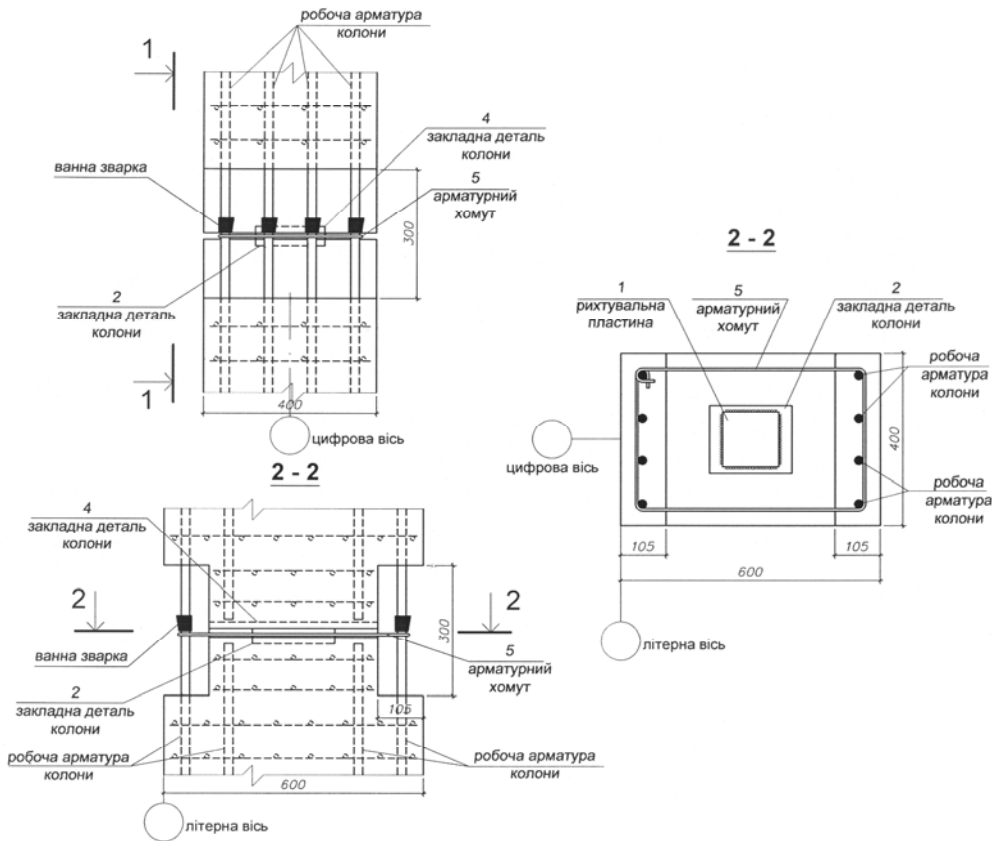


Рис. 5. Фактичне виконання міжповерхових стиків колон (дрібнозернистий бетон замонолічування ніш умовно не показано)

- арматура в стиках крайніх колон має поверхневу корозію, яка спричиняє відшарування захисного шару із нещільного бетону заповнення ніш стиків (рис. 12, 13, 14);
- ніші колон неякісно зароблені дрібнозернистим бетоном (нижче ніж марки М300 за типовим рішенням), з наявністю порожнин різних обрисів та розташування (рис. 13);
- у кутових колонах здійснено пряме стикуванням зварюванням арматурних елементів закладних деталей стінових панелей безпосередньо до арматурних випусків у стиках колон (рис. 15);
- спостерігаються відшарування бетону в нішах стиків середніх колон (рис. 16).



Рис. 6. Арматурні випуски у нішах колон крайнього ряду вигнуто у напрямку до внутрішньої грані колон



Рис. 7. Проміжок між торцями колон у стикі не зароблено жорстким розчином. Встановлено гнуті хомути з нерівних арматурних стрижнів



Рис. 8. Арматура в стикі має поверхневу корозію. Руїнування та деградація бетону замонолічування ніші



Рис. 9. На арматурні випуски у стику колони одягнуто U-подібні арматурні елементи для з'єднання із закладними деталями стінових панелей



Рис. 10. U-подібні арматурні елементи з'єднання стінових панелей з колонами відгинають арматуру стику за рахунок вертикальних переміщень панелей



Рис. 11. U-подібні арматурні елементи з'єднання стінових панелей з колонами відгинають арматуру стику, утворюючи тріщини в бетоні замонолічування ніші



Рис. 12. Відшарування бетону замонолічування ніші стику



Рис. 13. Вертикальні тріщини та порожнини в бетоні замонолічування ніші стику



Рис. 14. Відшарування ділянки бетону, поверхнева корозія арматури, нецільний бетон замонолічування ніші стику



Рис. 15. Арматурні стрижні кріплення стінових панелей приварені до арматури стику кутових колон



Рис. 16. Відшарування бетону у нішах стиків середніх колон спостерігаються у меншій кількості випадків



### Висновок

За результатами аналізу матеріалів обстеження визначено, що основні колони каркаса (без урахування їх стиків) у задовільній другій категорії технічного стану, згідно із ДСТУ-Н Б.В.1.2-18:2016. Фактична марка бетону усіх змонтованих колон рамного каркасу будівлі не менша за проектну марку бетону М400 та відповідного до неї класу бетону С25/30 за максимального коефіцієнта варіації  $V_{\max}=11,35\%$ , меншого за нормативне значення  $V=13,5\%$ .

Усі візуально обстежені вузли міжповерхового стикування колон не відповідають типовим рішенням за серіями (П20-2/70, 1973; 1.420-12, 1979).

Особливу увагу треба звернути на горизонтальні стики колон крайніх рядів по осях “А” та “Е”, у яких деформована стиснута арматури стику.

Оцінка характеру деформування стиснутої арматури у стику дала підстави для висновку, що причиною недовикористання несучої здатності кутової арматури випусків стику є втрата її стійкості за рахунок викривлення. Причина – поперечне зусилля, що діє на неї. Поперечне зусилля передається на арматуру стиків від U-подібних елементів з'єднання стінових панелей з колонами, які одягнуті на арматуру стиків і відгинають її за рахунок вертикальних переміщень панелей по колонах.

Тріщиноутворення, деградація та руйнування бетону замонолічування у нішах стиків колон спричинені як корозією арматурних випусків з колон, так і недостатнім ущільненням бетону в горизонтальних порожнинах ніш стиків.

Усі міжповерхові стики колон потребують ремонту та підсилення, очищення і захисту арматурних випусків від корозії, контролю наявності типових металевих сіток різного типу для покращення зчеплення бетону замонолічування стиків із арматурними випусками, контролю міцності дрібнозернистого бетону замонолічування, нагляду за виконанням ремонтних робіт зі складанням актів прихованих робіт. Під час ремонту та підсилення міжповерхових стиків колон слід керуватися нормативними вимогами за ДБН В.3.1-1-2002 та типовими рішеннями, які наведено в типовій серії (1.420-12, 1979). Вибір варіантів ефективності підсилення подібних монтажних стиків колон розглянуто в роботі [Plevkov, Baldin & Goncharov, 2015].

Роботи із вимірювання геометричних параметрів відхилень конструктивних елементів у стиках збірних залізобетонних колон каркасної будівлі будуть продовжені. Отримана інформація щодо зафіксованого діапазону дефектів різного типу визначить їх обмеження за відсутністю для деяких з них допусків на їх граничні значення в методиках з їх розрахунку у нормативних документах та рекомендаціях щодо розрахунків стиків.

### Список літератури

Lepska L. A. (2015). Stykovi z'iednannia zbirnykh konstrukttsii ta problemy zabezpechennia tochnosti montazhu karkasiv budynkiv. Urban planning and territorial planning: *Scientific and Technical Collection*, 55, 249–257. (in Ukrainian).

Baykov V. N. (1976). *Zhelezobetonnnye konstrukttsii*: Moskva, Stroyizdat. (in Russian).

Luneva K. S., Goncharov M. Ye. (2017). Defekty stykov sbornykh zhelezobetonnnykh kolonn i varianty ikh usileniya. *Materialy 63-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh, Tomsk*, 92–97. (in Russian).

Materialy dlya proektirovaniya zdaniy s setkoy kolonn  $9\times 6$  m, s perekrytuyami tipa I iz plit, opirayushchikhsya na polki rigeley Seriya П20-2/70 (1973). (in Russian).

Konstrukttsii mnogoetazhnykh proizvodstvennykh zdaniy s setkami kolonn  $6\times 6$  i  $6\times 9$  m pod nagruzki sootvetstvenno do 2500 i 1500 kgs/m<sup>2</sup> Seriya 1.420-12 (dopolnenie k serii П20/70) (1979). (in Russian).

Plevkov V. S., Baldin I. V., Goncharov M. Ye. (2015). Eksperimentalnye i chislennyye issledovaniya stykov sbornykh zhelezobetonnnykh kolonn zdaniy i sooruzheniy. *Science and Construction: Scientific-technical, industrial and informational-analytical journal*, 2, 29–32. (in Russian).



**Bohdan Demchyna, Roman Hladyshev**

Lviv Politechnic National University,

Department of building structures and bridges

**DEFECTS OF INTERFLOOR JOINTS OF PRECAST CONCRETE COLUMNS  
IN MULTI-STOREY FRAME BUILDINGS**© *Demchyna B., Hladyshev R., 2019*

Interfloor joints of precast reinforced concrete columns, within multi-storey frame buildings, are elements that are responsible for the structural safety of the building as a whole, and their defects may lead to the failure of both individual structures and the whole building. Investigation of the hidden defects of the interfloor joints of columns of multi-storey industrial buildings erected in the 80s of the 20th century is an urgent task due to the fact that the existing regulatory documents do not allow to consider the peculiarities of the work of these joints with productive and assembly structural deviations of different types. These hidden defects are common at the joints of the columns, differ from the ideal typical solutions, and not all deviations are normalized. This especially refers to change of the nature of work at the column joints of compressed-bent armature, or the unilateral directional deviation of reinforcements combined with bathroom welding from the vertical axis of the columns. The search for these hidden defects becomes relevant within the reconstruction of buildings with frame. In the work some of the hidden defects recorded in the visual inspection process are considered.

An identification and an analysis of hidden defects is relevant in the reconstruction of precast concrete frames of buildings with the need of superstructure and the possibility of increasing the payload on the overlap. Fixation of hidden defects makes it possible to consider the various structural deviations of the element joints in the reconstruction of such buildings, what may be observed during the process of visual inspection. Obtained information from a fixed range of defects of various types will give direction to their limitation in the absence for some of them of tolerances to their limit values in the methods for their calculation in normative documents and recommendations for the calculation of joints.

**Key words: multi-storey frame building; precast reinforced concrete columns; horizontal joints of columns; defects of the interfloor joints.**