

УДК 69.059.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІМ АРМУВАННЯМ

САВЙОВСЬКИЙ В. В., *д. т. н., проф.*,

МОЛОДІД О. С., *к. т. н., доц.*

Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, Київ, 03037, тел. 067-579-4446, savyovsky@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3094-7989

Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, Київ, 03037, тел. 067-306-7359, molodid2005@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8781-6579

Анотація. Постановка проблеми. Підсилення балкових конструкцій зазвичай виконують кількома класичними способами, зокрема: збільшенням поперечного перетину за рахунок нарощування; зміною статичної схеми роботи за рахунок установки затяжок, підкосів, стійок тощо. Проте влаштування додаткових конструкцій підсилення викликає зменшення міжповерхового простору, збільшення навантаження на опори і фундаменти та зміни конструктивно-планувальних рішень внутрішнього простору будівлі. Альтернативним до зазначених способів підсилення балкових конструкцій є влаштування зовнішнього армування, що полягає в наклеюванні за допомогою спеціальних клеїв на поверхню конструкцій високоміцних полотен, пластин або смужок. Проте вітчизняна науково-технічна та нормативна література фактично лишає поза своєю увагою подібні методи підсилення. Саме тому виконано низку експериментальних досліджень, метою яких було встановлення ефективності підсилення конструкцій за технологією «МАПЕІ» з використанням вуглецевого волокна та пошук альтернативних до неї вітчизняних технологій. Як альтернативні способи автори використали скловолокно, сталеві смуги та сталеві кутики, прикріплені клеєм вітчизняного виробництва. За критерій ефективності технологій прийнята несна здатність підсиленних залізобетонних балкових конструкцій на згинання.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що підсилення балочок за технологією «МАПЕІ» з використанням вуглецевого волокна збільшує їх несну здатність на 417,6 % порівнянно з непідсиленими балочками. При цьому підсилення балочок сталевими кутиками збільшило їх несну здатність на 343,9 %, сталеву пластину – на 294,8 %, а скловолокном – на 319,4 %.

Отримані результати вказують на високу ефективність досліджуваних способів підсилення балкових конструкцій та формують напрями подальших досліджень організаційно-технологічних рішень реалізації зовнішнього армування для підсилення балкових конструкцій.

Ключові слова: балкові конструкції; підсилення; зовнішнє армування; несна здатність конструкцій; вуглецеве волокно; сталеві пластини, кутики

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НАРУЖНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

САВЙОВСКИЙ В. В., *д. т. н., проф.*,

МОЛОДЕД А. С., *к. т. н., доц.*

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, Киев, 03037, тел. 067-579-4446, savyovsky@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3094-7989

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, Киев, 03037, тел. 067-306-7359, molodid2005@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8781-6579

Аннотация. Постановка проблемы. Усиление балочных конструкций обычно выполняют несколькими классическими способами, в частности: увеличением поперечного сечения за счет наращивания; изменением статической схемы работы за счет установки затяжек, подкосов, стоек и т. п. Однако устройство дополнительных конструкций усиления приводит к уменьшению межэтажного пространства, увеличению нагрузки на опоры и фундаменты и изменению конструктивно-планировочных решений внутреннего пространства здания. Альтернативным к указанным способам усиления балочных конструкций является устройство внешнего армирования, заключающегося в наклеивании, с помощью специальных клеев, на поверхность конструкций высокопрочных полотен, пластин или полосок. В то же время отечественная научно-техническая и нормативная литература фактически оставляет без внимания подобные методы усиления. Именно поэтому выполнен ряд экспериментальных исследований, целью которых было установление эффективности усиления конструкций по технологии «МАПЕИ» с использованием углеродного волокна и поиск альтернативных ей отечественных технологий. В качестве альтернативных способов авторы использовали стекловолокно, стальные полосы и стальные уголки, прикрепленные клеєм отечественного производства. В качестве критерия эффективности технологий принята несущая способность усиленных железобетонных балочных конструкций на изгиб.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что усиление балочек по технологии «МАПЕИ» с использованием углеродного волокна увеличивает их несущую способность на 417,6 % по сравнению с неусиленными балочками. При этом усиление балочек стальными уголками увеличило их несущую способность на 343,9 %, стальной пластиной – на 294,8 %, а стекловолокном – на 319,4 %.

Полученные результаты указывают на высокую эффективность исследуемых способов усиления балочных конструкций и формируют направления дальнейших исследований организационно-технологических решений реализации внешнего армирования при усилении балочных конструкций.

Ключевые слова: балочные конструкции; усиления; внешнее армирование; несущая способность конструкций; углеродное волокно; стальные пластины, уголки

INVESTIGATING THE FEATURES OF EXTRACTION OF FERROUS- CONCRETE SURFACE CONSTRUCTIONS FOR EXTERNAL ARMORATION

SAVYOVSKY V. V., *Doctor of Technical Sciences, Professor,*

MOLODID O. S., *Ph.D., Associate Professor*

Kyiv National University of Construction and Architecture, Prosp. Povitroflotsky, 31, Kyiv, 03037, tel. 067-579-4446, savyovsky@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3094-7989

Kyiv National University of Construction and Architecture, Prosp. Povitroflotsky, 31, Kyiv, 03037, tel. 067-306-7359, molodid2005@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8781-6579

Abstract. Amplification of beam structures is usually performed in several classical ways, in particular: increase in cross-section due to build-up; changing the static scheme of work due to the installation of laggings, beam knees, racks, etc. However, the arrangement of additional reinforcement structures leads to a decrease in inter-floor space, an increase in the load on the supports and foundations and changes in structural and planning decisions of the interior space of the building. An alternative to these methods of reinforcement of beam structures is external reinforcement namely high-tension cloths, plates or strips that are bonded with special adhesives to the surfaces of structures. However, domestic scientific-technical and normative literature actually leaves such methods of amplification out of its attention. That is why a number of experimental studies were carried out to determine efficiency of reinforcing structures under MAPEI technology with the use of carbon fiber and in order to find alternative to domestic technologies. In alternative studies the authors used fiberglass, steel strips and steel angles bonded with special adhesives of domestic production. The efficiency criterion of technologies being tested was adopted bending load capacity of amplified beam structures made of reinforced concrete.

The results of experimental studies found that reinforcement technology MAPEI by applying carbon fiber increases carrying capacity of beams to 417.6% compared with non-enhanced beams. At the same time, amplification of beams with steel angles increased their bearing capacity by 343.9%, with steel plates - by 294.8%, and with fiberglass - by 319.4%.

The obtained results indicate high efficiency of the investigated methods of strengthening for beam structures and build up the direction of further research of organizational and technological solutions for the implementation of external additional reinforcement of beam constructions.

Keywords: beam structures; amplification; external reinforcement; bearing capacity of structures; carbon fiber; steel plates, angles

Постановка проблеми. Під час обстеження п'яти поверхової каркасно-монолітної будівлі в м. Київ було виявлено низку пошкоджень та дефектів конструкцій міжповерхових монолітних залізобетонних перекриттів. На поверхні будівельних конструкцій балок та плит міжповерхових перекриттів були виявлені численні пошкодження у вигляді тріщин, розташованих у розтягнутих зонах балкових конструкцій. Установлено, що пошкодження утворилися в результаті впливу конструктивних, технологічних та експлуатаційних чинників, зокрема: недостатнє армування розтягнутих зон;

перенавантаження конструкцій; невідповідність товщини захисного шару проектним рішенням та нормативним вимогам; міцність бетону нижча за вказану у проекті; товщина плити перекриття в окремих місцях менша за проектну; ймовірне раннє розпалублення.

Після очищення піскоструйним методом нижньої поверхні однієї плити перекриття встановлено напрямки утворення тріщин, їх довжини та ширини розкриття (рис. 1, 2). Тріщини здебільшого розташовані вздовж нижньої робочої арматури в захисному шарі розтягнутої зони конструкції. Загальна довжина тріщин на вказаній плиті

перекриття площею в 250 м² склала приблизно 368 м. п., у т. ч.:

- близько 100 м. п. з шириною розкриття до 0,3 мм;
- близько 70 м. п. з шириною розкриття до 0,5 мм;
- близько 198 м. п. з шириною розкриття понад 0,5 мм (до 0,75 мм).

На ділянці переkritтя підвального поверху виявлено три монолітні залізобетонні балки, які сприймають навантаження від стін, що огорожують сходовий майданчик усіх розташованих вище поверхів. На

поверхні вказаних балок виявлено вертикальні та похилі тріщини з шириною розкриття до 0,3 мм (рис. 3).

За результатами візуально-інструментального обстеження та перевірочних розрахунків конструкцій балок та плит переkritтя встановлено, що технічний стан конструкцій не забезпечує достатню несну здатність для їх нормальної та безпечної подальшої експлуатації за своїм призначенням. Тому фахівці ДП НДІБВ рекомендували виконати їх підсилення.

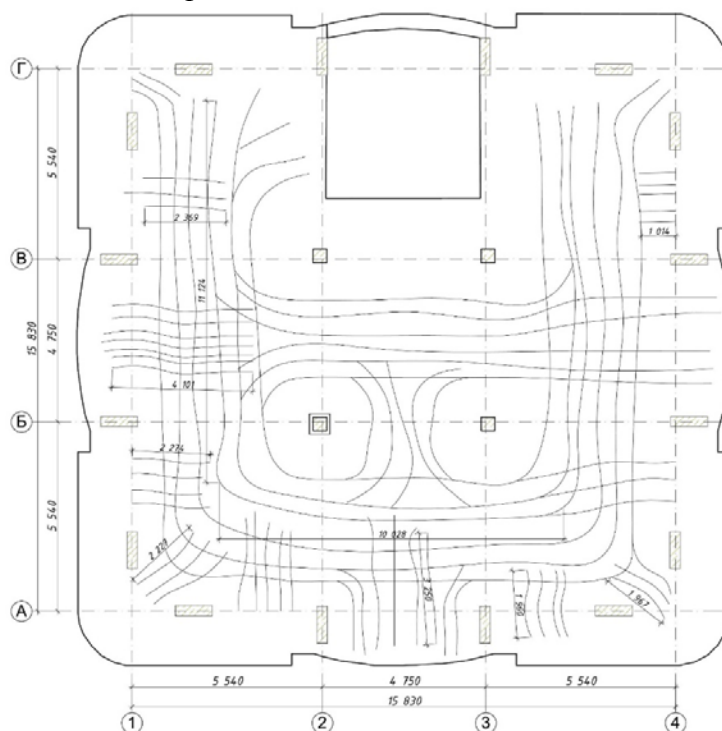


Рис. 1. Схема розташування та протяжність тріщин, виявлених на нижній поверхні (стелі) переkritтя



а



б

Рис. 2. Тріщини на поверхні плити переkritтя: а – поздовжні; б – обвідні

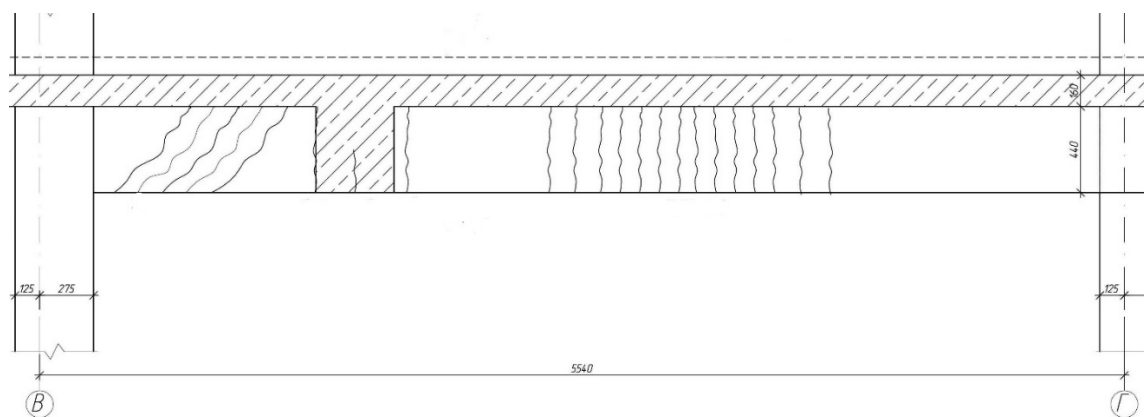


Рис. 3. Схема розташування тріщин на поверхні поздовжньої балки перекриття над підвалом

Аналіз публікацій. Зазвичай у практиці для підсилення горизонтальних балкових конструкцій використовують один із таких способів: збільшення поперечного перетину за рахунок нарощування; зміна статичної схеми роботи за рахунок установки затяжок, підкосів, стійок тощо [1; 7]. Проте в даному випадку влаштування додаткових конструкцій підсилення викличе зменшення міжповерхового простору, або зміни конструктивно-планувальних рішень внутрішнього простору будівлі. Крім цього, значно збільшується навантаження на опори та на фундаменти, або й узагалі з'являється необхідність у влаштуванні додаткових фундаментів під нові опори.

Враховуючи вказане, одним із альтернативних способів підсилення конструкцій стає зовнішнє армування, що полягає в наклеюванні за допомогою спеціальних клеїв на поверхню конструкцій високоміцних полотен, пластин або смужок (ламель). У вітчизняній будівельній практиці наразі використовуються матеріали та технології іноземного виробництва [4; 9; 10]. Для підсилення конструкцій зовнішнім армуванням як арматуру можна використовувати і металеві, і композитні матеріали на основі вуглецевих волокон та скловолокон і пластиків [2; 3; 8]. Вартість виконання робіт із підсилення конструкцій цим способом може суттєво перевищувати вартість традиційних способів.

Варто зауважити, що сучасна науково-технічна та нормативна література приділяє недостатньо уваги питанням організаційно-технологічних та конструктивних рішень

підсилення конструкцій влаштуванням зовнішнього армування. Тому **мета дії статті** – висвітлення експериментальних досліджень з виявлення можливості застосування зовнішнього армування, дуже важливих для формування конструктивних та організаційно-технологічних рішень підсилення будівельних залізобетонних конструкцій.

Основний матеріал. Аби оцінити ефективність та вибір оптимального варіанта підсилення конструкцій зовнішнім армуванням, проведено низку експериментальних досліджень в лабораторії ДП НДІБВ. Метою таких досліджень, як було наголошено вище, стала перевірка ефективності підсилення залізобетонних балкових конструкцій системою з використанням вуглецевих волокон та пошук альтернативних до неї систем із більш дешевих матеріалів. За критерій ефективності прийнята несна здатність підсиленних залізобетонних балкових конструкцій на згинання.

Під час досліджень виконано підсилення розтягнутої зони залізобетонних балок такими способами:

- приклеюванням вуглецевого волокна;
- приклеюванням ниток скловолокон;
- приклеюванням сталеві смуги;
- приклеюванням сталевих кутиків.

У дослідженні були застосовані балки у вигляді залізобетонних перемичок типу 1 ПБ 10-1 з такими характеристиками: розміри (довжина × ширина × висота) – 1030 × 120 × 65 мм; маса конструкції – 20 кг; клас бетону – С12/15.

Підсилення балок вуглецевим волокном виконували матеріалами та за технологією системи MapeWrap C UNI-AX, розробленою заводом-виробником «MAPEI» (серія випробувань № 4) [10]. Використання системи MapeWrap C UNI-AX передбачає таку технологічну послідовність: підготовку поверхонь балочок; приготування та нанесення на поверхню MapeWrap Primer 1; приготування та нанесення MapeWrap 11; приготування та нанесення MapeWrap 31; приготування та нанесення першого шару MapeWrap 31; вкладання та розгладжування вуглецевого волокна MapeWrap C UNIAX; нанесення другого шару MapeWrap 31.

Інші три альтернативні способи підсилення балкових конструкцій виконано за рекомендаціями виробника композитних матеріалів ТОВ «Композит» [6] та на основі попередніх аналогічних досліджень (серії випробувань № 1, 2, 3) [5]. Підсилення балочок виконано за такою технологією: очищення поверхні; нанесення шару полімерної композиції «Консолід-1»; нанесення клею «Едмок»; приклеювання елементів підсилення.

Випробування виконано для чотирьох серій способів підсилення конструкцій зовнішнім армуванням (рис. 4, 5).

Серія випробувань № 0 проведена для контрольних балок. З балками не виконували жодних дій – армування не додавалось. У серії випробувань № 1 на нижні кути балок приклеювали сталеві кутики 20 × 3 мм, а у верхніх приопорних зонах приклеювали сталеві пластини.

Для серії випробувань № 2 до нижньої поверхні балок та у верхніх приопорних зонах приклеювали сталеві смуги шириною 30 мм та товщиною 2 мм.

Серія випробувань № 3 передбачала нанесення на нижню та бокові поверхні балок клейового розчину, в який рівномірно «занурили» 10 ниток скловолокна на низ, та по 5 ниток на бокові поверхні.

У серії випробувань № 4 підсилення виконано системою MapeWrap C UNI-AX з приклеюванням вуглецевого волокна на нижню поверхню балки з додатковим приклеюванням кінців вуглецевим волокном, заведеним на бокові поверхні в приопорних зонах.

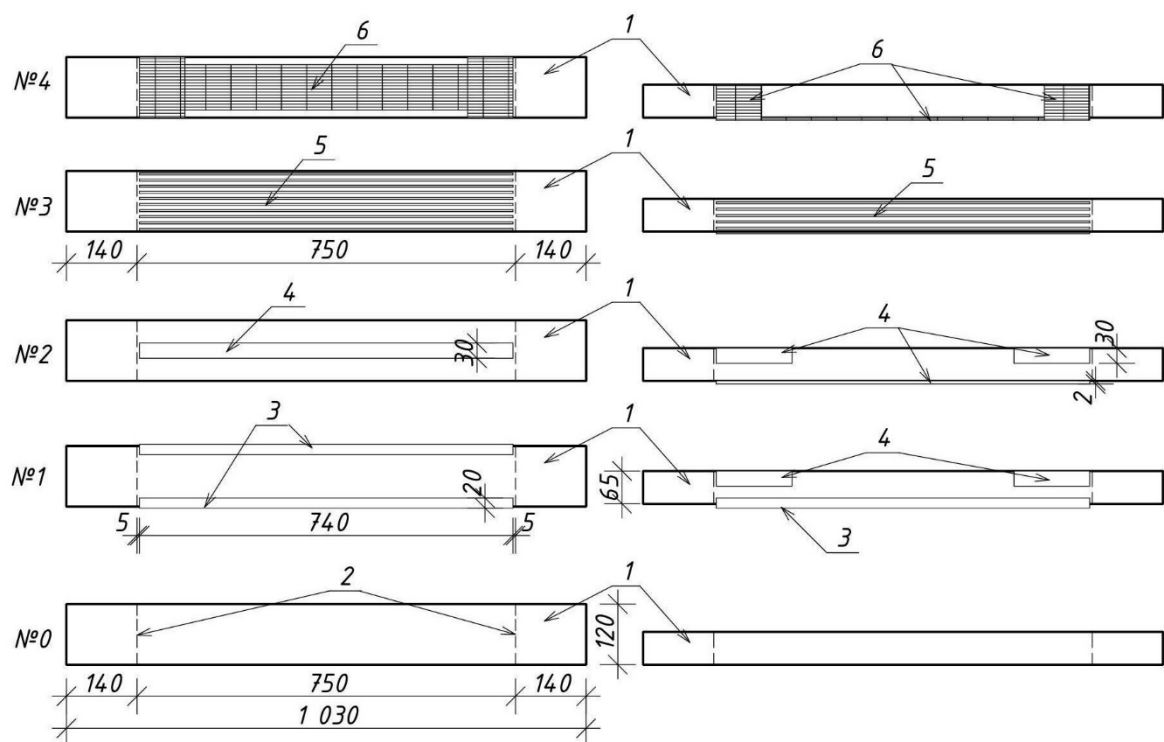


Рис. 4. Схеми підсилення балок зовнішнім армуванням: 1 – балка; 2 – місця обпирання; 3 – сталевий кутик; 4 – сталева смуга; 5 – скловолокно; 6 – вуглецеве волокно; № 0...№ 4 – номери серії випробувань



Рис. 5. Підсилення балок наведеними варіантами зовнішнього армування

Елементи зовнішнього армування не доводили на 5 мм до опорної зони.

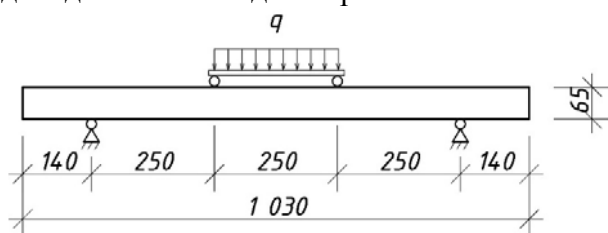


Рис. 6. Схема завантаження випробовуваних залізобетонних балок

Випробовування з установаження несної здатності балок на вигин проведено на гідравлічному пресі П-50 через 96 год, після приклеювання зовнішнього армування.

Випробування виконано для статичної схеми – як для балок на двох опорах, з прольотом 750 мм. Завантаження балок здійснювалось через дві рівновіддалені від опор та між собою сталеві трубки, тобто двома зосередженими зусиллями (рис. 6).

Виконано покрокове завантаження балок зі збільшенням навантаження на 50 кг на кожному кроці з витримкою впродовж 3

хв. Випробування проводили до повного руйнування балок. Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 1. Характер руйнування балок, підсиленних різними способами, показано на рис. 7.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що найбільша несна здатність балкових конструкцій досягнута у варіантах із зовнішнім армуванням системою MapeWrap C UNI-AX з вуглецевим волокном (1 700 кг) (серія досліджень № 4).

Також середнє руйнівнє зусилля збільшилося в понад три рази у разі підсилення конструкцій металевими кутиками та скловолокном і склало 1 400 кг та 1 300 кг для серій досліджень № 1 та № 3. Деяко гірший результат отримано у випадку підсилення балок сталевими пластинами, де середнє руйнівнє зусилля склало 1 200 кг.

Таблиця

Результати експериментальних досліджень зі встановлення руйнівного зусилля балок

№ серії випробувань	Середнє руйнівнє зусилля, кг	Середнє руйнівнє зусилля, %	Характер руйнування для балок
0	407	100	
1	1400	343,9	Відривання країв кутиків з утворенням похилої тріщини в приопорній зоні.
2	1200	294,8	Руйнування бетону посередині балок. Пластина ціла.
3	1300	319,4	Руйнування по середині балок із розриванням скловолокна на нижній площині
4	1700	417,6	Руйнування балок у приопорній зоні з утворенням похилої тріщини



Рис. 7. Характер руйнування балок, підсилені різними методами, з відображенням місць руйнування

Висновки. За результатами експериментальних досліджень встановлено:

- всі чотири варіанти зовнішнього армування можуть бути використані для підсилення та відновлення несної здатності пошкоджених балок та плит перекриття;

- найбільш ефективним за збільшенням несної здатності виявився варіант із зовнішнім армуванням системою MapeWrap C UNI-AX з вуглецевим волокном;

- всі інші варіанти виявились також досить ефективними й можуть бути використані з урахуванням необхідних параметрів (несної здатності) балкових конструкцій;

- отримані результати вказують, що залежно від виду та способу зовнішнього армування можливе проектування заданих параметрів несної здатності конструкцій;

Наведені варіанти влаштування армування можуть бути ефективно використані:

- для підсилення балок – варіанти, що відповідають серіям дослідів № 1, 4;

- для підсилення плит – варіанти, що відповідають серіям дослідів № 2, 3.

Проведені експериментальні дослідження показали ефективність підсилення балкових конструкцій зовнішнім армуванням та стали відправною точкою подальших досліджень саме організаційно-технологічних рішень виконання робіт. Для цього необхідно провести аналіз ймовірних умов виконання робіт із підсилення конструкцій та формування особливостей (факторів), що впливають на ефективність робіт, а саме трудомісткість, вартість та тривалість будівельних процесів.

Результати досліджень стали вагомим аргументом у виборі конкретного способу підсилення конструкцій, а саме-одним із компонентів варіантного техніко-економічного обґрунтування прийнятих рішень. Вказаний підхід – запорука ефективної розробки конструктивної та організаційно-технологічної частини проектної документації.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд : ДСТУ Б В.3.1-2:2016. – Чинні з 01.04.2017 ; на заміну ДБН В.3.1-1-2002. – Київ : УкрНДНЦ, 2017. – 72 с.
2. Ігнатова І. В. Підсилення бетонних конструкцій за допомогою полімерсилікатної композиції / Ігнатова І. В. // Будівельні конструкції : міжвідом. наук.- техн. зб. / Держ. н.-д. ін-т буд. конструкцій. – Київ, 2011. – Вип. 75, кн. 2 : Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування. – С. 614–621.
3. Рекомендации по восстановлению и усилению полносборных зданий полимеррастворами / ТбилЗНИИЭП. – Москва : Стройиздат, 1990. – 160 с.
4. Савйовский В. В. Возведение и реконструкция сооружений / В. В. Савйовский. – Киев : Ліра-К, 2015. – 268 с.
5. Савйовський В. В. Підсилення залізобетонних балочних конструкцій зовнішнім армуванням / В. В. Савйовський, О. С. Молодід, Н. О. Малець // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. – Київ, 2017. – № 29. – С. 198–204.

6. Технологическая карта на выполнение работ по восстановлению кирпичных, железобетонных конструкций и их защите / ООО «Композит». – Киев, 2009. – 7 с.
7. Реконструкция зданий и сооружений / А. Л. Шагин, Ю. В. Бондаренко, Д. Ф. Гончаренко, В. Б. Гончаров. – Москва : Высш. шк., 1991. – 352 с.
8. Шилин А. А. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Картузов. – Москва : Стройиздат, 2004 – 144 с.: ил.
9. Klebarmierung // DIAMONT. DetonabbautechnikAG. – Режим доступа: <http://www.diamont-ag.ch/klebarmierungen.html>.
10. Mapewrap C UNI-AH. Покрытие углеволоконное высокопрочное однонаправленное / ЗАО «МАПЕИ». – Режим доступа: <http://rosmax.com.ua/pdf/mapey/MAPEWRAP%20C%20UNI%20.pdf>.

REFERENCES

1. *Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhuvalnykh budivelnnykh konstruksii ta osnov budivel i sporud: DSTU B V.3.1-2:2016* [Repair and strengthening of bearing and enclosing building constructions and foundations of industrial buildings and structures: the State Standard of Ukraine B V.3.1-2:2016]. Kyiv: UkrNDNC, 2017, 72 p. (in Ukrainian).
2. Ignatova I.V. *Pidsylennia betonnykh konstruksii za dopomogoiu polimersylikatnoi kompozytsii* [Strengthening of concrete structures with the help of a polymer-silicate composition]. *Budivelni konstruksii* [Building constructions]. Derzh. n.-d. in-t bud. konstruksii [State Scientific-Research Institute of Building Construction]. Kyiv, 2011, iss. 75, book 2, p. 614–621. (in Ukrainian).
3. *Rekomendacii po vosstanovleniyu i usileniyu polnosbornykh zdaniy polimerrastvorami* [Recommendations for the restoration and strengthening of full-fledged buildings by polymer materials]. TbilZNIIEP [Tbilisi Regional Research Institute for Experimental Design]. Moskva: Strojizdat, 1990, 160 p. (in Russian).
4. Savjovskij V.V. *Vozvedenie i rekonstrukciya sooruzhenij* [Construction and reconstruction of structures]. Kiev: Lira-K, 2015, 268 p. (in Russian).
5. Saviovskiy V.V., Molodid O.S. and Malets N.O. *Pidsylennia zalizobetonnykh balochnykh konstruksii zovnishnim armuvanniam* [Reinforcement of reinforced concrete beam structures by external reinforcement]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system* [Management of difficult systems development]. Kyiv. nats. un-t bud-va i arkhitektury [Kyiv National University of Construction and Architecture]. Kyiv, 2017, no. 29, pp. 198–204.
6. *Texnologicheskaya karta: na vypolnenie rabot po vosstanovleniyu kirpichnykh, zhelezobetonnykh konstrukcij i ix zashchite* [Technological card: to perform works on the restoration of brick, reinforced concrete structures and their protection]. ООО “Композит” [LLC “Composite”]. Kiev, 2009, 7 p. (in Russian).
7. Shagin A.L., Bondarenko Yu.V., Goncharenko D.F. and Goncharov V.B. *Rekonstrukciya zdaniy i sooruzhenij*. [Reconstruction of buildings and structures]. Moskva: Vyssh. shk., 1991, 352 p. (in Russian).
8. Shilin A.A., Pshenichnyj V.A. and Kartuzov D.V. *Usilenie zhelezobetonnykh konstrukcij kompozicionnymi materialami* [Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials]. Moskva: Strojizdat, 2004, 144 p. (in Russian).
9. *Klebarmierung. DIAMONT. DetonabbautechnikAG.* Available at: <http://www.diamont-ag.ch/klebarmierungen.html>. (in German).
10. *Mapeshhrap C UNI-AH. Pokrytie uglevolokonnoe vysokoprochnoe odnonapravlennoe* [Mapewrap C UNI-AH. Coating is high-strength, carbon-fiber, unidirectional]. ЗАО “МАПЕИ”. Available at: <http://rosmax.com.ua/pdf/mapey/MAPEWRAP%20C%20UNI%20.pdf>. (in Russian).

Рецензент: Тугай О. А. д-р т. н., проф.

Надійшла до редколегії: 25.05.2017 р. Прийнята до друку: 13.06.2017 р.