



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ



ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК
(ПРЕДСТАВНИЦТВО В УКРАЇНІ)

РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

II НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ:
СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ**

24-25 травня 2018 року

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

СПІВОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК (ПРЕДСТАВНИЦТВО В УКРАЇНІ)

КОНФЕРЕНЦІЯ ВІДБУДЕТЬСЯ ЗА УЧАСТІ

Міністерство освіти і науки України,

Міністерство оборони України,

Академія будівництва України.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Куліков П.М. – голова

Журавський О.Д.- заступник голови

Азізов Т.Н.,

Бабич Є.М.,

Бажнов В.А.,

Бамбура А.М.,

Барабаш М.С.,

Білик С.І.,

Бліхарський З.Я.,

Бойко І.П.,

Городецький О.С.,

Давиденко О.І.,

Дворкін Л.Й.,

Дорофєєв В.С.,

Клімов Ю.А.,

Клименко Є.В.,

Коваль П.М.,

Павліков А.М.,

Пічугін С.Ф.,

Пушкарьова К.К.,

Савицький М.В.,

Собчук Г.,

Убайдуллаєв Ю.Н.,

Шмуклер В.С.,

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Системне дослідження проблем проектування, розрахунку та експлуатації
будівель та споруд спеціального призначення

МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

Київ Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31.

Пленарні та секційні засідання проходять у залі Вченої ради а.466, та в
а.123.

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- Сучасні будівельні матеріали та технології для будівель спеціального призначення.
- Методи розрахунків будівель та споруд.
- Експериментальні дослідження конструкцій для будівель та споруд спеціального призначення.
- Проектування будівель та споруд спеціального призначення.
- Технічний стан, реконструкція та підсилення будівель та споруд.
- Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення за допомогою ПК "ЛІРА-САПР"

ЕКСПОЗИЦІЙНА ПРОГРАМА

Під час проведення конференції бажаним учасникам надається можливість для презентації науково-технічних розробок з будівель і споруд спеціального призначення, новітніх будівельних матеріалів та виробів, науково-методичних праць та рекламно-інформаційних друкованих матеріалів.

ПУБЛІКАЦІЇ

За результатами конференції будуть опубліковані наукові праці в III випуску науково-технічного збірника «Будівельні конструкції. Теорія і практика». До збірника увійдуть статті що були подані і відповідають усім вимогам до оформлення, містять наукову і практичну новизну.

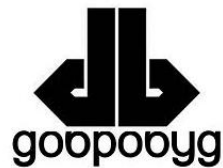
Відповідальність за зміст та редакцію несе автор статті.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Плоский В.О. – голова (КНУБА)	Вексларська Т.В.(КНУБА)
Журавський О.Д. (КНУБА)	Шовківська В.В. (КНУБА)
Колякова В.М. – заступник голови (КНУБА)	Гореленко А.О. (КНУБА)
Приймак О.В. (КНУБА)	Бердник А. (КНУБА)

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Оргкомітет висловлює щирі подяки представництву Польської академії наук в м. Києві та особисто *професору Генріку Собчуку*



РЕГЛАМЕНТ КОНФЕРЕНЦІЇ

24 травня (четвер)

9:00 – Реєстрація учасників

10:00 – Відкриття конференції, перше пленарне засідання

13:00 – Кава-брейк

14:00 – Секційні засідання

17:00 – Дружня вечеря

25 травня (п'ятниця)

10:00 – Секційні засідання

Тривалість виступів:

Пленарні - до 20 хв.

Секційні – до 10 хв.

РОБОЧА ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

24 травня 2018., Вчена Рада Університету а.466

9:00 – Реєстрація учасників

10:00 – Відкриття конференції, перше пленарне засідання

13:00 – Кава-брейк

1. Вітальне слово Голови наукового комітету, ректора КНУБА

проф. Куліков П.М.

2. Вітальне слово Голови організаційного комітету, проректора з наукової роботи та міжнародних зв'язків КНУБА.

проф. Плоский В.О.

3. Реформування освіти будівельної галузі

проф., Назаренко І.І. Президент академії будівництва України

4. Практичні розрахунки залізобетонних конструкцій в нелінійній постановці в ПК ЛІРА-САПР. Метод «Інженерна нелінійність»

проф. Городецький О.С., проф. Барабаш М.С. (ТОВ ЛІРА-САПР)

5. Інноваційні технології реконструкції мостів Sika на прикладі реабілітації автомагістралі М06 «Київ-Чоп»

Панченко О.В., Собко Ю., Сінякін А. (ТОВ СІКА Україна)

6. Дослідження термомеханічного стану герметизуючого сталевого облицювання захисних оболонок енергоблоків АЕС з реакторними установками ВВЕР-1000/В-320 в аварійних умовах.

Гондляр О., Крицький В., Онопрієнко В., Чемерис А. ^{1,3,4}(НТУУ «Київський Політехнічний Інститут»), ²(Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки)

7. Моделювання будівель та споруд в САПР Allplan. Особливості проектування збірних залізобетонних конструкцій з використанням системи автоматичного контролю проектних рішень Allcheck.

пров.спец. САПР Баранецький А.О. (ТОВ «Аллбау Софтвер»)

СЕКЦІЙНЕ ЗАСІДАННЯ

«Будівельні конструкції»

24 травня 2018 р., Вчена Рада Університету а.466

14:00 – Секційні засідання

17:00 – Дружня вечеря

1. Експериментально-теоретичні дослідження конструктивно-анізотропних конструкцій під впливом температури.

доц. Гапонова Л. (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)

2. Оцінка динамічних характеристик будівель після впливу значних нерівномірних деформацій основи.

доц. Хохлін Д. (КНУБА).

3. Рациональний вибір методу підсилення згинальних залізобетонних елементів.

ас. Постернак О., маг. Семеняка М., (КНУБА)

4. Оцінка надійності будівлі на прикладі житлового будинку.

проф. Першаков В., асис. Лисницька К., (Національний авіаційний університет)

5. Аналітичне визначення прогинів залізобетонних плит, армованих гладким сталевим профнастилом із приварним опорним анкеруванням.

Коваль М. (ТзОВ "Науково-виробниче підприємство "ТРИАДА")

6. Аналіз деформацій залізобетонних монолітних плит в залежності від місця прикладання температурного навантаження відносно основних несучих конструкцій будівлі.

інж. Божинський М., доц. Колякова В. (КНУБА)

7. Дослідження залізобетонних балок з пошкодженою робочою арматурою за дії навантаження.

Бліхарський З., Вегера П., Шналь Т. (НУ «Львівська політехніка»)

8. Надійність залізобетонних балок, підсиленних нарощуванням розтягнутої арматури при дії навантаження.

доц. Хміль Р., Титаренко Р. (НУ «Львівська політехніка»)

9. Міцність композитної неметалевої арматури на зріз.

проф. Клімов Ю. (КНУБА)

10. Визначення несучої здатності таврового перерізу із використанням спрощених діаграм деформування матеріалів.

доц. Войцехівський О., магістр Кондратенко Т., (Вінницький національний технічний університет)

11. Про можливість використання склопластикової арматури в будівельних конструкціях.

доц. Афанасьєва Л. (КНУБА)

12. Оптимізація паливного резервуару з плаваючим дахом при обмеженні напружень, переміщень, власних частот коливання.

ас. Кошевий О. (КНУБА)

13. Каркасне будівництво для багатоповерхових гаражів-стоянок.

доц. Скорук Л., Сібіковський О. (КНУБА)

14. Стійкість колон каркасних будівель проти прогресуючого руйнування.

проф. Кріпак В., Давиденко Р. (КНУБА)

15. Чисельне моделювання процесу руйнування залізобетонних балок монолітного огороження та розрахунок його посилення вуглецевими матеріалами.

доц. Чирва В., Панченко О., доц. Чирва Т., Савченко А., Романенко К.

16. Ефективні монолітні перекриття з порожнистими вкладишами.

проф. Кріпак В., аспірант Антонов Р. (КНУБА)

17. Підсилення залізобетонних конструкцій за допомогою вклеєної поперечної арматури.

доц. Сморгалов Д., Лакштанов А. (КНУБА)

18. Реконструкція будівель з використанням зовнішнього та внутрішнього металевих каркасів.

проф. Кріпак В., Дробаха О. (КНУБА)

19. Надійність контактного шва при підсиленні згинальних залізобетонних елементів.

доц. Постернак М., асис. Постерна О. (КНУБА)

20. Вплив жорсткості колон і ригелів на стійкість багатопрогонових рам.

проф. Білик С., маг. Джанов Л. (КНУБА)

21. Коефіцієнти розрахункових довжин металевих стержнів для висотних будівель.

маг. Цюпин Є. (КНУБА)

22. Дослідження роботи нерозрізних залізобетонних балок за дії малоциклових повторних та знакозмінних навантажень.

проф. Масюк Г., аспірант Ющук О. (Національний університет водного господарства та природокористування)

23. Експериментальні дослідження конструктивних елементів з ніздрюватих бетонів, армованих нетрадиційним армуванням.

доц. Фамуляк Ю. (Львівський національний аграрний університет), проф. Демчина Б. (НУ «Львівська політехніка»)

24. Критерії міцності залізобетонних плоских елементів при спільній дії згинальних та крутних моментів, нормальних та дотичних сил.

доц. Журавський О. (КНУБА)

СЕКЦІЙНЕ ЗАСІДАННЯ

«Сучасні будівельні матеріали та технології»

24 травня Вчена Рада Університету а.466

14:00 – Секційні засідання

17:00 – Дружня вечерея

1. Перспективи використання наномодифікованих цементних розчинів та бетонів для будівель спеціального призначення.

доц. Суханевич М. (КНУБА)

2. Параметризація будівельних об'єктів за вимогами рециклінга.

доц. Шпакова Г. (КНУБА)

3. Напружено-деформований стан діагрида з клеєної деревини за різних типів фундаментів

доц. Михайловський Д., Казачонок Ю., Охріменко Б. (КНУБА)

4. «Екологізація» будівництва на засадах параметризації будівельної продукції.

доц. Шпаков А.В., Глуценк І. (КНУБА)

5. Дослідження впливу базальтової фібри на фізико-механічні властивості асфальтобетону.

проф. Онищенко А., ас. Гаркуша М., асп. Плазій Є. (Національний транспортний університет)

СЕКЦІЙНЕ ЗАСІДАННЯ

25 травня, ауд. 123

10:00 – 15.00 – Секційне засідання

15.00 – 17.00 – Майстер клас

1. Нові можливості програмного комплексу ЛІРА-САПР2018

к.т.н. Гензерський Ю. (ТОВ ЛІРА-САПР)

2. Моделирование процессов жизненного цикла конструкций высотных и уникальных зданий.

проф. Барабаш М. (ТОВ ЛІРА-САПР)

3. Методика визначення деформацій термopolзучесті в ПК ЛІРА-САПР

асп. Башинська О. (Національний авіаційний університет)

4. Напряженно-деформированное состояние диагрида из клееной древесины при различных типов фундаментов

доц. Михайловский Д., ст. Казачонок Ю., ст. Охрименко Б. (КНУБА)

5. Методи розрахунку несучої здатності підсилених залізобетонних перерізів балок, похилих до поздовжньої осі

доц. Мазурак А., ас. Ковалик І., асп. Михайлечко В. (Львівський національний аграрний університет)

Експериментально-теоретичні дослідження конструктивно-анізотропних конструкцій під впливом температури

Людмила Гапонова

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
gaplyudmila@gmail.com orcid.org/0000-0002-6038-2624

Виконаний аналіз конструктивного рішення термічно неоднорідної конструкції; проведено чисельне й експериментальне дослідження, аналіз теплотехнічних параметрів; розробка конструктивних рішень, спрямованих на поліпшення показників теплової надійності конструкції. Об'єкт дослідження – конструктивно-анізотропна плита.

Експериментальне дослідження температурних полів. Під час експерименту, в об'ємі кліматичної камери були забезпечені метеорологічні параметри, які відповідали дійсним умовам експлуатації огорожувальної конструкції. Конструктивно-анізотропна плита

Мета дослідження – визначення усередненого термічного опору зразка, експериментальне вивчення розподілу температур у характерних зонах як всередині, так і на поверхні конструкції з точки зору визначення можливих зон промерзання і конденсації вологи.

Випробування проводилися в кліматичній камері на базі лабораторії кафедри будівельних конструкцій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. Досліджуваний зразок розташовувався горизонтально між верхнім і нижнім відсіками кліматичної камери, в яких підтримувалися задані температури повітряного середовища і умови теплообміну на поверхнях зразка. Дані експериментальних досліджень апроксимовані методом математичної статистики, у результаті чого отримане рівняння температурного прогріву конструкції на зовнішній поверхні, в залежності від часу:

У свою чергу, рівняння температурного прогріву конструкції на внутрішній поверхні. Виконані дослідження дали можливість розробити конструктивні заходи, спрямовані на зменшення температурної неоднорідності. Так встановлена необхідність збільшення товщини конструкції до 300мм і розміщення пінополістирольного вкладиша розміром 20x20 мм на арматурі в зоні бетонного ребра із зовнішньої сторони конструкції.

Для більш коректного аналізу побудована тривимірна скінченно-елементна модель конструкції, що дозволяє вирішувати температурну задачу в стаціонарних і нестаціонарних умовах.

Модель складалася з 142940 скінченних елементів, при цьому, кількість вузлів – 439067.

При чисельному рішенні задачі приймалися такі вхідні дані: коефіцієнт Пуассона бетону 0,17; коефіцієнт конвективного теплообміну на внутрішній поверхні $\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$; на зовнішній поверхні приймалося $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ і задавалася умова тепловіддачі випромінюванням у навколишнє середовище у вигляді коефіцієнта

випромінювання 0,85. Кліматичні параметри навколишнього середовища задавалися відповідно до температурних характеристик кліматичних районів України.

Аналіз чисельних досліджень свідчить про те, що прийняті конструктивні рішення доцільні та виправдані: при температурі зовнішнього повітря 0°C на внутрішній поверхні конструкції температура практично не зміниться та залишиться в межах $24,5^{\circ}\text{C}$, в той же час при температурі зовнішнього повітря -23°C на внутрішній поверхні температура зменшиться до $21,1^{\circ}\text{C}$, що допустимо за вимогами ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Моделювання граничних умов теплообміну на поверхнях зразка здійснювалося подачею регульованих потоків повітря, на шляху яких встановлювалися системи нагрівання та охолодження.

У той же час, чисельні розрахунки температурних полів при високих температурах в архітектурно-будівельних кліматичних районах України демонструють відсутність впливу на умови теплообміну усередині приміщення. Так при температурі навколишнього середовища $+41^{\circ}\text{C}$ різниця між температурою на загальній площі поверхні конструкції і температурою на ребрі жорсткості складає 3°C , що цілком допустимо за санітарно-гігієнічними нормами.

При запропонованій конструктивній схемі, або при умові створення шару термоізоляції з спеціальної суміші, ці конструкції мають можливість використовуватися як огорожувальні (в досить великому інтервалі температур зовнішнього повітря: $-23^{\circ}\text{C} \leq T \leq +41^{\circ}\text{C}$).

Ключові слова: експериментально-теоретичні дослідження, конструктивно-анізотропні конструкції, кліматичні впливи.

Experimental and theoretical studies of the use of structurally anisotropic structures at temperature

Напонова Людмила

Kharkiv National University of Municipal Economy named after Beketov

gaplyudmila@gmail.com orcid.org/0000-0002-6038-2624

There has been analyzed the structural solution of a thermally heterogeneous structure; made numerical and experimental study, analysis of heat engineering parameters; developed structural solutions to improve the parameters of the structure thermal reliability. A structurally anisotropic plate is the object of the study.

Experimental study of the temperature patterns. During the experiment, in the climatic cabinet there were provided meteorological parameters which get in line with the actual operating conditions of the enclosing structure. Structurally anisotropic plate

The purpose of the study is to determine the average sample thermal resistance, experimentally study the temperatures distribution in peculiar areas, both inside and on the surface of the structure, in terms of determination of the possible areas of freezing and moisture condensation.

The tests were made in a climatic cabinet at the premises of the laboratory of the Department of Building Structures of Kharkov National University of Municipal Economy named after Beketov. The study sample was placed horizontally between the upper and lower compartments of the climatic cabinet, where the set air temperature and the heat exchange conditions on the sample

surfaces were kept. The data of the experimental studies have been approximated using the mathematical statistics method. As a result there has been received the equation for the structural heating on the outer surface - depending on time - and the equation for the structural heating on the inner surface. These studies helped to develop structural provisions to reduce the thermal inhomogeneity. Thus, there has been found the need to increase the thickness of the structure to 300 mm and place a 20x20 mm polystyrene foam insert on the reinforcement in the area of the concrete rib on the outside of the structure. To make more correct analysis, a three-dimensional finite element model of the structure has been built making it possible to solve the temperature problem both in steady and non-steady-state condition.

The model is made up of 142940 finite elements and the number of nodes is 439067.

When solving the problem in terms of numbers, the following input data were considered: the Poisson ratio of concrete was 0.17; coefficient of convective heat exchange on the inner surface = $8.7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$; on the outer surface it was = $23 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ and the condition of radiation heat transfer to the environment has been set in the form of an emission coefficient of 0.85. The climatic variables of the environment have been set based on the temperature characteristics of the climatic regions of Ukraine.

Having analyzed a great number of studies it has been found that the accepted structural solutions are reasonable and justified: at the ambient air temperature of 0°C on the inner surface of the structure the temperature will change little and remain within $24,5^\circ\text{C}$; at the same time at the ambient air temperature of -23°C on the inner surface the temperature will reduce to $21,1^\circ\text{C}$ that corresponds to the requirements of DBN B.2.6-31: 2016 Thermal building insulation. The boundary conditions of heat exchange on the surfaces of the sample was modeled by delivering controlled air flows, on the way of which there were installed heating and cooling systems.

However, numerous calculations of temperature patterns at high temperatures in architectural and construction climatic regions of Ukraine show that there is no influence on the conditions of heat exchange inside the premise. Thus, at the ambient air temperature of $+41^\circ\text{C}$, the difference between the temperature on the total surface area of the structure and the temperature on the rib is 3°C that corresponds to the sanitation and hygiene standards.

If using the offered structural scheme or if a layer of thermal insulation from a special mixture is created, these structures can be used as enclosing ones (in a sufficiently great range of the ambient air temperature: $-23^\circ\text{C} \leq T \leq +41^\circ\text{C}$).

Key words: experimental and theoretical studies, structurally anisotropic structures, climatic effects.

Экспериментально-теоретические исследования конструктивно-анизотропных конструкций под воздействием температуры

Людмила Гапонова

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.М.Бекетова
gaplyudmila@gmail.com orcid.org/0000-0002-6038-2624

Выполненный анализ конструктивного решения термически неоднородной конструкции; проведено численное и экспериментальное исследование, анализ теплотехнических параметров; разработка конструктивных решений, направленных на

улучшение показателей тепловой надежности конструкции. Объект исследования - конструктивно-анизотропная плита.

Экспериментальное исследование температурных полей: во время эксперимента, в объеме климатической камеры были обеспечены метеорологические параметры, которые отвечали действительным условиям эксплуатации ограждающей конструкции. Конструктивно-анизотропная плита

Цель исследования - определение усредненного термического сопротивления образца, экспериментальное изучение распределения температур в характерных зонах, как внутри, так и на поверхности конструкции с точки зрения определения возможных зон промерзания и конденсации влаги.

Испытания проводились в климатической камере на базе лаборатории кафедры строительных конструкций ХНУМГ им. А.Н. Бекетова. Исследуемый образец располагался горизонтально между верхним и нижним отсеками климатической камерами, в которых поддерживались заданные температуры воздушной среды и условия теплообмена на поверхностях образца. Данные экспериментальных исследований аппроксимированы методом математической статистики, в результате чего полученное уравнение температурного прогрева конструкции на внешней поверхности, в зависимости от времени и уравнение температурного прогрева конструкции на внутренней поверхности. Выполненные исследования позволили разработать конструктивные меры, направленные на уменьшение температурной неоднородности. Так установлена необходимость увеличения толщины конструкции до 300 мм и размещения пенополистирольного вкладыша размером 20x20 мм на арматуре в зоне бетонного ребра с внешней стороны конструкции

Для более корректного анализа построена трехмерная конечно-элементная модель конструкции, которая позволяет решать температурную задачу в стационарных и нестационарных условиях.

Модель состояла из 142940 конечных элементов, при этом количество узлов - 439067.

При численном решении задачи принимались такие входные данные: коэффициент Пуассона бетона 0,17; коэффициент конвективного теплообмена на внутренней поверхности = 8,7 Вт / м² °С; на внешней поверхности принималось = 23 Вт / м²°С и задавалась условие теплоотдачи излучением в окружающую среду в виде коэффициента излучения 0,85. Климатические параметры окружающей среды задавались в соответствии с температурных характеристик климатических районов Украины.

Анализ многочисленных исследований свидетельствуют о том, что принятые конструктивные решения целесообразны и оправданны: при температуре наружного воздуха 0⁰С на внутренней поверхности конструкции температура практически не изменится и останется в пределах 24,5⁰С, в то же время при температуре наружного воздуха - 23⁰С на внутренней поверхности температура уменьшится до 21,1⁰С, что допустимо по требованиям ДБН В.2.6-31: 2016 «Тепловая изоляция зданий». Моделирование граничных условий теплообмена на поверхностях образца осуществлялось подачей регулируемых потоков воздуха, на пути которых устанавливались системы нагрева и охлаждения.

В то же время, многочисленные расчеты температурных полей при высоких температурах в архитектурно-строительных климатических районах Украины демонстрируют отсутствие влияния на условия теплообмена внутри помещения. Так при температуре окружающей среды + 41⁰С разница между температурой на общей площади

поверхности конструкции и температурой на ребре жесткости составляет 3°C , что вполне допустимо по санитарно-гигиеническим нормам.

По предложенной конструктивной схеме, или при условии создания слоя термоизоляции с специальной смеси, эти конструкции имеют возможность использоваться как ограждающие (в достаточно большом интервале температур наружного воздуха: $-23^{\circ}\text{C} \leq T \leq +41^{\circ}\text{C}$).

Ключевые слова: экспериментально-теоретические исследования, конструктивно-анизотропные конструкции, климатические воздействия.

Оцінка динамічних характеристик будівель після впливу значних нерівномірних деформацій основи

Денис Хохлін

Київський національний університет будівництва і архітектури
den_a_khokh@meta.ua, orcid.org/0000-0002-0128-8515

Необхідні особливості врахування основи при динамічних розрахунках (без побудови масиву скінчених елементів ґрунту основи) кам'яних або інших жорстких будівель суттєво залежать від напряму дії коливання. Для динамічного розрахунку з метою відображення натурних вимірювань динамічних характеристик будівель при мікросейсмічних впливах більш точним є, як правило, застосування квазіпостійних значень тимчасових статичних навантажень, а також початкових модулів (пружності) матеріалів. Орієнтиром для необхідності корекції моделі для динамічного розрахунку має бути значне відхилення визначених розрахунком періодів власних коливань системи від типових значень, визначених натурно для аналогічних будівель. Розвиток пошкоджень кам'яної будівлі від значних нерівномірних деформацій основи підвищує періоди її власних коливань, яке відповідає зниженню жорсткості кам'яних конструкцій на 20...30% у порівнянні з непошкодженими.

При цьому не слід застосовувати таке зниження жорсткісних параметрів при розрахунку у напрямі будівлі в плані, менш пошкоджене від деформацій, а також для повноцінно відновлених конструкцій.

Суттєве (більше 10...15%) підвищення періодів основних тонів власних коливань відбувається для малоповерхових жорстких будівель при зниженні жорсткості ділянок основи до 65% від початкового. При підвищенні гнучкості будівлі та для висших форм власних коливань вплив такого ослаблення є суттєво меншим.

Ключові слова. Сейсміка, нерівномірні деформації, будівлі, динамічні характеристики.

Estimation of building dynamic characteristics after base substantial differential settlements influence

Denys Khokhlin

Kyiv National University of Construction and Architecture,
den_a_khokh@meta.ua, orcid.org/0000-0002-0128-8515

The necessary features of basis accounting for dynamical calculations (without base soil finite elements modelling) of masonry or other stiff buildings depend heavily on the direction in which the oscillation acts. The application of quasi-quiescent values of temporary static loads, as well as initial modules (elasticity) of materials, for dynamic calculation with the purpose of actual measurements of the dynamic buildings characteristics under microseismic influences is more accurate.

Significant deviation of the calculated periods of system natural oscillations from the typical values, measured in-situ for similar buildings, has to be an orientation for the dynamic model correction necessity. The damage elaboration at a masonry building from significant differential settlements of base increases the periods of building own oscillations correspondingly to decrease in the rigidity of masonry structures by 20 ... 30% in comparison with intact ones. It should not be used such reduction of the rigid parameters when calculating in the direction of building in terms of less damaged from deformations, as well as for fully reconstructed structures. Substantial (more than 10...15%) increase in the periods of the main tones of building own oscillations occurs for low-rise rigid buildings with decrease in the stiffness of soil base to 65% of the initial.

The effect of this attenuation is significantly smaller with increasing flexibility of a building or for higher forms of natural oscillations.

Key words. Seismic, differential settlements, building, dynamic characteristics.

Оценка динамических характеристик зданий после влияния значительных неравномерных деформаций основания

Денис Хохлин

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
den_a_khokh@meta.ua, orcid.org/0000-0002-0128-8515

Необходимые особенности учета основания при динамических расчетах (без построения массива конечных элементов грунта основания) каменных или других жестких зданий существенно зависят от направления действия колебания. Для динамического расчета с целью отображения натурных измерений динамических характеристик зданий при микросейсмических влияниях более точным является, как правило, применение квазипостоянных значений временных статических нагрузок, а так же начальных модулей (упругости) материалов.

Ориентиром для необходимости коррекции модели для динамического расчета должно быть значительное отклонение определенных расчетов периодов собственных колебаний системы от типовых значений, измеренных натурно для аналогичных зданий. Развитие повреждений каменного здания от значительных неравномерных деформаций основания увеличивает периоды его собственных колебаний соответственно снижению жесткости каменных конструкций на 20...30% в сравнении с неповрежденными. При этом не следует применять такое снижение жесткосных параметров при расчете в направлении здания в плане, менее поврежденным от деформаций, а так же для полноценно восстановленных конструкций.

Существенное (более 10...15%) увеличение периодов основных тонов собственных колебаний происходит для малоэтажных жестких зданий при снижении жесткости участков

основания до 65% от начального. При повышении гибкости здания или для более высоких форм собственных колебаний влияние такого ослабления является существенно меньшим.

Ключевые слова. Сейсмика, неравномерные деформации, здания, динамические характеристики.

Методика визначення деформацій термоповзучості в ПК ЛІРА-САПР

Ольга Башинська

Національний авіаційний університет,
olchik01@ukr.net, <https://orcid.0000-0002-4161-782X>

Доповідь присвячена дослідженню напружено-деформованого стану бетонних і залізобетонних конструкцій з урахуванням термоповзучості. Наведено основні рівняння для знаходження термічної функції повзучості, а також алгоритм реалізації обчислення температурних деформацій повзучості за допомогою методу скінченних елементів. Розглянуто процес побудови комп'ютерної моделі конструкції і аналіз напружено-деформованого стану при зміні температурного режиму експлуатації.

При підвищенні температури, в конструкціях починають розвиватися деформації термоповзучості. Тому при знаходженні повних деформацій споруд необхідно обов'язково враховувати вплив температури. У програмному комплексі «ЛІРА-САПР» реалізована методика розрахунку будівель і споруд з урахуванням зміни температурного режиму експлуатації.

Методика визначення деформацій термоповзучості полягає в наступному. У фізично нелінійних задачах механічні характеристики матеріалів, які визначаються матрицею пружності $[D]$, являються функціями компонентів переміщень $[D] = [D(\{\varepsilon\})] = [D(\{q\})]$. Повна питома деформація будь-якого тіла в момент часу t складається із суми пружномиттєвої деформації і деформації повзучості. Тому матриця пружності $[D] = [D(\{q\})]$ приймається залежною від коефіцієнта повзучості $\phi(t, t')$, який відображає в'язкопружні властивості матеріалу.

Явище термічної в'язкопружності характеризується тим, що швидкість деформації повзучості залежить не тільки від всієї передісторії деформування, а й від температури. Для вирішення такого завдання коефіцієнт повзучості $\phi(t, t')$ повинен залежати від часу, зміни деяких характеристик бетону і температури.

Даний метод дозволяє визначити зміну характеристик жорсткості елементів і знайти повні деформації конструкції з урахуванням зміни температурних умов експлуатації.

Ключові слова: термоповзучість, упругопластическіе деформації, фізична нелінійність.

Thermal creep strains determination method in the SP LIRA-CAD

Olha Bashynska

National Aviation University,
olchik01@ukr.net, <https://orcid.0000-0002-4161-782X>

The report is devoted to the study of the stress-strain state of concrete and reinforced concrete structures with regard to thermal creep. The basic equations to find the thermal creep function are given, as well as an algorithm for realizing the calculation of temperature creep strains by the finite element method. The process of creation a computer model of a structure and the analysis of stress-strain state with change of temperature regime of operation are considered.

The procedure to determine the deformation of thermal creep is as follows. In physically nonlinear problems, the mechanical characteristics of materials, which are determined by the elastic matrix $[D]$, are functions of the displacement components $[D]=[D(\{\varepsilon\})]=[D(\{q\})]$. The total specific deformation of any body at time t consists of the sum of elastic deformation and creep deformation. Therefore, the elasticity matrix $[D]=[D(\{q\})]$ is assumed to be dependent on the creep coefficient $\phi(t, t')$, which reflects the viscoelastic properties of the material.

The phenomenon of thermal viscoelasticity is characterized by the fact that the rate of creep deformation depends not only on the entire prehistory of deformation, but also on temperature. To solve a similar problem, the creep coefficient $\phi(t, t')$ must depend on the time, the changes in some characteristics of the concrete and temperature.

This method makes it possible to determine the change in the stiffness characteristics of the elements and to find complete deformations of the structure taking into account changes in the temperature operating conditions.

Key words: thermal creep, elastoplastic deformations, physical nonlinearity.

Методика определения деформаций термползучести в ПК ЛИРА-САПР

Ольга Башинская

Национальный авиационный университет,
olchik01@ukr.net, <https://orcid.0000-0002-4161-782X>

Доклад посвящен исследованию напряженно-деформированного состояния бетонных и железобетонных конструкций с учётом термползучести. Приведены основные уравнения для нахождения термической функции ползучести, а также алгоритм реализации вычисления температурных деформаций ползучести при помощи метода конечных элементов. Рассмотрен процесс построения компьютерной модели конструкции и анализ напряженно-деформированного состояния при изменении температурного режима эксплуатации.

При повышении температуры, в конструкциях начинают развиваться деформации термползучести. Поэтому при нахождении полных деформаций сооружений необходимо обязательно учитывать влияние температуры. В программном комплексе «ЛИРА-САПР» реализована методика расчета зданий и сооружений с учетом изменения температурного режима эксплуатации.

Методика определения деформаций термоползучести заключается в следующем. В физически нелинейных задачах механические характеристики материалов, которые определяются матрицей упругости $[D]$, являются функциями компонентов перемещений $[D] = [D(\{\varepsilon\})] = [D(\{q\})]$. Полная удельная деформация любого тела в момент времени t состоит из суммы упругомгновенной деформации и деформации ползучести. Поэтому матрица упругости $[D] = [D(\{q\})]$ принимается зависимой от коэффициента ползучести $\phi(t, t')$, который отображает вязкоупругие свойства материала.

Явление термической вязкоупругости характеризуется тем, что скорость деформации ползучести зависит не только от всей предыстории деформирования, но и от температуры. Для решения подобной задачи коэффициент ползучести $\phi(t, t')$ должен зависеть от времени, изменения некоторых характеристик бетона и температуры.

Данный метод позволяет определить изменение жесткостных характеристик элементов и найти полные деформации конструкции с учетом изменения температурных условий эксплуатации.

Ключевые слова: термоползучесть, упругопластические деформации, физическая нелинейность.

Застосування нанорозмірних вуглецевих речовин для модифікації цементних композиційних матеріалів спеціального призначення

Марина Суханевич

Київський національний університет будівництва і архітектури,
m.suhanevich@ukr.net, <https://orcid.0000-0002-9644-2852X>

Доповідь присвячена можливості використання вуглецевих наноматеріалів тубулярної та пластинчастої форми у якості добавок, що модифікують структуру цементних композитів. Роботами багатьох авторів показано позитивний досвід використання наноматеріалів з метою покращення традиційних характеристик цементів та бетонів, а також надаанню їм принципово нових властивостей. Проте збільшення міцності композитів залишається незначним (до 25%), що не може виправдати використання добавок такої високої вартості для масового будівництва. Тому розробка технологій використання більш дешевих вуглецевих наноматеріалів різної форми та оптимізація технології їх введення в композити є вкрай актуальною проблемою одержання будівельних матеріалів спеціального призначення, в тому числі гідроізоляційних.

У якості наноматеріалів (розміри $1...100 \cdot 10^{-9}$ м) використовували неочищені багаточарові вуглецеві нанотрубки та терморозширений графіт у вигляді пластин українського виробництва. Вуглецеві нанодобавки вводили до складу цементу як складову комплексної добавки на основі різних пластифікаторів: лігносульфонатного та меламінформальдегідного типів. Вміст трубок/пластин у пластифікаторі коливався в межах від 0,25% до 1%. Стабільність дисперсій виявилась достатньо високою, що відобразилось у відсутності осідання вуглецевих речовин протягом 1 року незалежно від їх вмісту: для нанотрубок (0,5...1 мас%), для нанопластин (0,25...0,5 мас%). При цьому спостерігалось

підвищення активності модифікованого пластифікатора, про що свідчать збільшення інтенсивності ліній на інфрачервоних спектрограмах.

Дослідження фізико-механічних властивостей цементних композицій показало, що міцність при стиску зразків збільшується на 37...40% при введенні 0,025...0,5 мас.% вуглецевого наномодифікатора залежно від форми (трубки або пластини), а міцність при згині - на 20%.

Використання у якості в'язучої речовини цементу з добавкою доменного шлаку сприяє підвищенню ефективності використання наномодифікатора в більшій мірі: так, міцність при стиску зросла вдвічі, порівняно зі зразками без нанодобавок, а при згині – на 40%. Отримані результати можливо пояснити збільшенням кількості та дисперсності гелевидних низькоосновних гідросилікатів кальцію, з яких формується хаотично розташовані голкоподібні волокнисті фази. Останні мікроармують штучний камінь у всіх напрямках та підвищують його деформативні властивості. Крім того, спостерігається синтез підвищеної кількості новоутворень, які кольматують пори штучного каменя та підвищують його водонепроникність. Отримані наномодифіковані композити перспективно застосовувати для одержання гідроізоляційних розчинів проникної та поверхневої дії для захисту та відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій.

Ключевые слова: наноматеріали, вуглецеві нанотрубки, терморозширений графіт, цементні композиції, гідроізоляційні матеріали, міцність, деформативність.

Use of nano-sized carbon substances for the modification of cement composite materials for special purposes

Maryna Sukhanevych

Kyiv National University of Construction and Architecture,
m.suhanevich@ukr.net, <https://orcid.0000-0002-9644-2852X>

The report is devoted to the study of the possibility of using carbon nanomaterials of tubular and plate form as additives modifying the structure of cement composites. The work of many authors shows a positive experience of using nanomaterials in order to improve the traditional characteristics of cements and concretes, as well as giving them fundamentally new properties. However, the increase in the strength of composites remains low (up to 30%), which can not justify the use of additives of such a high cost for mass construction. Therefore, the development of technology for the use of cheaper carbon nanomaterials of different shapes and optimization of the technology of their introduction into composites is a very urgent problem for the production of construction materials for special purposes, including waterproofing.

As nanomaterials (sizes $1...100 \cdot 10^{-9}m$), untreated multilayered carbon nanotubes and thermally expanded graphite in the form of plates of Ukrainian production were used. Carbon nanotechnologies were introduced into cement as a component of a complex additive based on various plasticizers: lignosulfonate and melamine formaldehyde types. The content of tubes / plates in the plasticizer was changed from 0.25% to 1%. The stability of dispersions of the plasticizer is turned out to be quite high, which affected the absence of subsidence of nanosubstances in the course of 1 year, regardless of their number: for nanotubes (0.5 ... 1 wt.%), for nanoplasts (0.25 ...

0.5m.%). In this case, the activity of the modified plasticizer increases, as evidenced by an increase in the intensity of the lines on infrared spectrograms.

The study of the physical and mechanical properties of cement compositions showed that the compressive strength of the samples increased by 37 ... 40% with the introduction of 0.025 ... 0.5% by weight of the carbon nanomodifier, depending on the shape (tube or plate), and the bending strength by 20% . Use as cementitious cement with the addition of blast-furnace slag contributes to increasing the efficiency of using nanomodifier in a greater degree: thus, compressive strength has doubled compared to samples without nanoadditives, and when bending by 40%. The results obtained can be explained by an increase in the amount and dispersion of gel-like low-basic calcium hydrosilicates, from which chaotically arranged needle-shaped fibrous phases are formed. The latter are microreinforced artificial stone in all directions and increase its deformative properties. In addition, there is a synthesis of an increased number of tumors that colmatize the pores of the artificial stone and increase its water resistance.

The obtained nanomodified composites are promising for use in the preparation of waterproofing mortars of penetrating and surface types for the protection and restoration of concrete and reinforced concrete structures.

Key words: nanomaterials, carbon nanotubes, thermally expanded graphite, cement compositions, waterproofing materials, strength, deformability.

Использование наноразмерных углеродных веществ для модификации цементных композиционных материалов специального назначения

Марина Суханевич

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
m.suhanevich@ukr.net, <https://orcid.0000-0002-9644-2852X>

Доклад посвящен изучению возможности использования углеродных наноматериалов тубулярной и пластинчатой формы в качестве добавок, модифицирующих структуру цементных композитов. Работами многих авторов показан позитивный опыт использования наноматериалов с целью улучшения традиционных характеристик цементов и бетонов, а также приданию им принципиально новых свойств. Однако увеличение прочности композитов остается невысокой (до 30%), что не может оправдывать использование добавок такой высокой стоимости для массового строительства. Поэтому разработка технологии использования более дешёвых углеродных наноматериалов разной формы и оптимизацию технологии их введения в композиты является очень актуальной проблемой для получения строительных материала специального назначения, в том числе гидроизоляционных.

В качестве наноматериалов (размеры $1...100\cdot 10^{-9}$ м) использовали неочищенные многослойные углеродные нанотрубки и терморасширенный графит в виде пластин украинского производства. Углеродные нановещества вводили в состав цемента как составляющую комплексной добавки на основе различных пластификаторов: лигносульфонатного и меламинаформальдегидного типов. Содержание трубок/пластин в пластификаторе изменяли от 0,25% до 1%. Стабильность дисперсий оказалась достаточно высокой, что отразилось на отсутствии оседания нановеществ на протяжении 1 года, независимо от их количества: для нанотрубок (0,5...1 мас%), для нанопластин

(0,25...0,5м.%). При этом повышается активность модифицированного пластификатора, о чем свидетельствует увеличение интенсивности линий на инфракрасных спектрограммах.

Изучение физико-механических свойств цементных композиций показало, что прочность при сжатии образцов увеличилась на 37...40% при введении 0,025...0,5 мас.% углеродного наномодификатора в зависимости от формы (трубки или пластины), а прочность при изгибе - на 20%. Использование в качестве вяжущего цемента с добавкой доменного шлака способствует повышению эффективности использования наномодификатора в большей степени: так, прочность при сжатии увеличилась вдвое по сравнению с образцами без нанодобавок, а при изгибе – на 40%. Полученные результаты можно объяснить увеличением количества и дисперсности гелевидных низкоосновных гидросиликатов кальция, из которых формируются хаотично расположенные иглоподобные волокнистые фазы. Последние микроармируют искусственный камень во всех направлениях и повышают его деформативные свойства. Кроме того, наблюдается синтез повышенного количества новообразований, которые коагулируют поры искусственного камня и повышают его водонепроницаемость. Полученные наномодифицированные композиты перспективно использовать при получении гидроизоляционных растворов проникающего и поверхностного типов для защиты и восстановления бетонных и железобетонных конструкций.

Ключевые слова: наноматериалы, углеродные нанотрубки, терморасширенный графит, цементные композиции, гидроизоляционные материалы, прочность, деформативность.

Практичні розрахунки залізобетонних конструкцій в нелінійній постановці в ПК ЛІРА-САПР. Метод «Інженерна нелінійність»

Олександр Городецький¹, Марія Барабаш²

^{1,2}ТОВ «ЛІРА САПР,

¹ <https://orcid.org/0000-0003-2157-521X>, ²bmari@ukr.net <https://orcid.org/0000-0002-1070-7654>

У доповіді пропонується метод «Інженерна нелінійність». Представлений метод дозволяє визначити знижені жорсткісні характеристики перерізу, обумовлені появою тріщин, повзучістю бетону та арматури.

Метод «Інженерна нелінійність», з одного боку, дозволяє більш точно враховувати розподіл жорсткостей, з іншого боку, за технологією практично аналогічний традиційним методам розрахунку в лінійній постановці, тобто дозволяє виконати розрахунок на всі навантаження, отримати РСЗ і РСН, підбір арматури і конструювання.

Повзучість, тріщини та інші специфічні особливості залізобетону обумовлюють зміну жорсткісних характеристик елементів вже на ранніх етапах навантаження, включаючи і експлуатаційну стадію. Це призводить до перерозподілу зусиль, значному збільшенню переміщень у порівнянні з лінійно-пружним розрахунком. Нормативні документи регламентують враховувати ці фактори. Так, в ряді нормативів рекомендується проводити розрахунок з урахуванням фізичної нелінійності. Програмний комплекс ЛІРА-САПР надає можливість інженеру виконувати такі розрахунки. Однак, розрахунок конструкцій з

урахуванням фізичної нелінійності [1,2] в строгому математичному розумінні цього процесу при використанні в масових інженерних розрахунках має ряд недоліків:

- розрахунок виконується тільки на одне або декілька послідовних навантажень;
- потрібні великі ресурсовитрати - кроковий метод обумовлює необхідність багаторазового рішення систем лінеаризованих рівнянь;
- необхідно попереднє задання арматури (діаметри і розташування) в кожному перерізі стержня або пластинчастого елемента.

Метод «Інженерна нелінійність», з одного боку, побічно враховує фактори нелінійної роботи залізобетону, з іншого боку, не порушує звичну традиційну технологію розрахунку. Метод полягає в наступному:

1. Задається «визначальне навантаження», яке, на думку інженера, в основному визначає НДС конструкції (розвиток тріщин, пластичні деформації бетону і арматури).

2. Проводиться попередній розрахунок на «визначальне навантаження» в фізично нелінійній постановці.

3. В результаті попереднього розрахунку на основі отриманого НДС стержневого і пластинчастого елемента визначаються відповідні жорсткості.

4. Виконується традиційний розрахунок конструкції, елементи якої мають жорсткісні характеристики, визначені в результаті попереднього розрахунку. Традиційний розрахунок виконується на весь набір навантажень (власна вага, корисне навантаження, сейсміка та ін.), Складання РСЗ або РСН, підбір або перевірку перерізів стержнів залізобетонних елементів, конструювання.

Ключові слова: нелінійні розрахунки, залізобетонні конструкції, пластичні деформації, жорсткісні характеристики

Nonlinear analyses of RC structures with LIRA-SAPR program. 'Engineering Nonlinearity' Concept

Alexander Gorodetsky¹, Maria Barabash²,

^{1,2} LIRA SAPR Ltd.,

¹<https://orcid.org/0000-0003-2157-521X>, ²bmari@ukr.net <https://orcid.org/0000-0002-1070-7654>,

The paper presents the 'engineering nonlinearity' concept. This concept is introduced to determine the reduced stiffness parameters of the section due to crack propagation, creep of concrete and reinforcement.

On the one hand, 'Engineering nonlinearity' method enables the user to consider distribution of stiffness more accurately. On the other hand, in technology, this method is practically identical to standard linear analysis, that is, it enables the user to carry out analysis on all loads, obtain DCF and DCL, analyse reinforcement and design.

Creep, cracks and other specific features of reinforced concrete cause a change in stiffness parameters of elements at the early stages of loading, including the maintenance stage as well. This causes redistribution of forces, significant increase in displacements compared with linear elastic analysis. According to regulatory documents, these factors should be considered. For example, in several standards it is recommended to carry out physically nonlinear analysis. In LIRA-SAPR

program the engineer could carry out such analyses. However, physically nonlinear analysis [1, 2] (in the strict mathematical sense of this process, when it is used in popular engineering analyses) has several drawbacks:

- analysis is carried out only for one or several consecutive load cases;
- great resources are required - the step-type method requires multiple solution of linearized equations;
- it is necessary to pre-set reinforcement (diameters and pattern) in each section of bar or plate element.

The 'Engineering nonlinearity' method indirectly considers nonlinear behaviour of reinforced concrete and, at the same time, it does not violate the standard analysis procedure. The method includes the following procedures:

1. 'Characteristic load case' is defined; the user considers that this load case determines the stress-strain state of the structure (crack propagation, plastic strain of concrete and reinforcement).
2. Preliminary physically nonlinear analysis is carried out for the 'characteristic load case'.
3. Appropriate stiffness values are determined after preliminary analysis based on stress-strain state of bar and plate element.
4. Standard analysis of the structure is carried out. Elements of the structure have stiffness parameters determined as a result of preliminary analysis. Standard analysis is carried out for the whole set of loads (dead weight, live load, earthquake, etc.). DCF or DCL are composed. The program selects and checks cross-sections of RC elements, then design procedure is carried out.

Keywords: nonlinear calculations, reinforced concrete structures, plastic deformations, stiffness characteristics

Практические расчеты железобетонных конструкций в нелинейной постановке в ПК ЛИРА-САПР. Метод «Инженерная нелинейность»

Александр Городецкий¹, Мария Барабаш²

^{1,2}ООО «ЛИРА САПР,

1. bmari@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-1070-7654>, <https://orcid.org/0000-0003-2157-521X>

В докладе предлагается метод «инженерная нелинейность». Представляемый метод позволяет определить пониженные жесткостные характеристики сечения, обусловленные появлением трещин, ползучестью бетона и арматуры.

Метод «Инженерная нелинейность», с одной стороны, позволяет более точно учитывать распределение жесткостей, с другой стороны по технологии практически аналогичен традиционным методам расчета в линейной постановке, т.е. позволяет выполнить расчет на все нагружения, получить РСУ и РСН, подбор арматуры и конструирование.

Ползучесть, трещины и другие специфические особенности железобетона обуславливают изменение жесткостных характеристик элементов уже на ранних этапах нагружения, включая и эксплуатационную стадию. Это приводит к перераспределению

усилий, значительному увеличению перемещений по сравнению с линейно-упругим расчетом. Нормативные документы регламентируют учитывать эти факторы. Так, в ряде нормативов рекомендуется проводить расчет с учетом физической нелинейности.

Программный комплекс ЛИРА-САПР предоставляет возможность инженеру выполнять такие расчеты. Однако, расчет конструкций с учетом физической нелинейности [1,2] в строгом математическом понимании этого процесса при использовании в массовых инженерных расчетах имеет ряд недостатков:

- расчет выполняется только на одно или несколько последовательных нагружений;
- требуются большие ресурсозатраты – шаговый метод обуславливает необходимость многократного решения систем линеаризованных уравнений;
- необходимо предварительное задание арматуры (диаметры и расположение) в каждом сечении стержня или пластинчатого элемента.

Метод «Инженерная нелинейность», с одной стороны, косвенно учитывает факторы нелинейной работы железобетона, с другой стороны, не нарушает привычную традиционную технологию расчета. Метод состоит в следующем:

1. Задается «определяющее нагружение», которое, по мнению инженера, в основном определяет НДС конструкции (развитие трещин, пластические деформации бетона и арматуры).

2. Производится предварительный расчет на «определяющее нагружение» в физически нелинейной постановке.

3. В результате предварительного расчета на основе полученного НДС стержневого и пластинчатого элемента определяются соответствующие жесткости.

4. Выполняется традиционный расчет конструкции, элементы которой имеют жесткостные характеристики, определенные в результате предварительного расчета.

Традиционный расчет выполняется на весь набор нагружений (собственный вес, полезная нагрузка, сеймика и др.), составление РСУ или РСН, подбор или проверку сечений стержней железобетонных элементов, конструирование.

Ключевые слова: нелинейные расчеты, железобетонные конструкции, пластические деформации, жесткостные характеристики

Рациональний вибір методу підсилення згинальних залізобетонних елементів

Олексій Постернак¹, Максим Семеняка²

^{1,2}Київський національний університет будівництва та архітектури

¹ a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>

² semenyakamaxim@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8812-0757>

Доповідь присвячена проблемами використання різних методів та способів підсилення згинальних залізобетонних елементів в сучасному будівництві.

В останні роки обсяги застосування підсилення згинальних залізобетонних елементів значно збільшились за рахунок зростання питомої ваги реконструкції будівель та споруд. Існують велика кількість способів та методів підсилення згинальних залізобетонних елементів.

Керуючись нормативними документами дуже складно вибрати раціональний метод підсилення для конкретних умов експлуатації, враховуючи значну кількість факторів, що обмежують застосування певного підсилення. Тому пропонується використовувати методики вибору підсилення.

На першому етапі всі способи підсилення необхідно систематизувати та поділити на різні групи та підгрупи, що дозволяє першочергово визначити можливі методи підсилення. На другому етапі визначити основні фактори та критерії вибору. На третьому етапі визначити технологічність і економічність підсилення.

На останньому етапі кількісні показники технологічності та економічності підсилення рекомендується приймати згідно фактичного стану та конструктивних рішень після розрахунку та визначення обсягів матеріалів та робіт. Але при великому обсязі конструкцій підсилення виконувати це доволі складно, так як способи підсилення можуть бути різними в межах будівлі і мати багато варіантів перерізів.

Інший спосіб вирішення цього питання, використовувати укрупнені показники вартості та трудомісткості, який використовується в існуючих методиках. Але вони не враховують кількісний вплив різних чинників на техніко-економічні показники способів підсилення. Тому пропонується використовувати багатофакторні моделі трудомісткості Y_m і вартості Y_c .

Аналіз і узагальнення даних по обстеженню будівельних конструкцій дозволив визначити групи факторів, які впливають якісно та кількісно на підсилення в тому числі на багатофакторні моделі трудомісткості Y_m і вартості Y_c . Для залізобетонних балок можна прийняти такі основні фактори: технічний стан конструкції коефіцієнт зношення x_1 ; коефіцієнт збільшення несучої здатності несучої x_2 , глибина пошкодження бетонної поверхні x_3 ; відносна площа пошкодженої поверхні елемента x_4 .

Запропонована методика вибору раціонального методу підсилення залізобетонних згинальних елементів, дозволяє знизити трудомісткість і вартість виконання робіт.

Ключові слова: реконструкція, метод підсилення, залізобетонні згинальні елементи багатофакторна модель, трудомісткість.

The rational choice of the method of bending reinforcement reinforced concrete elements

Olexii Posternak¹, Maxim Semenyaka²

^{1,2}Kyiv National University of Construction and Architecture

¹a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>

²semenyakamaxim@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8812-0757>

The report is devoted to the problems of using different methods and methods of reinforcing bending reinforced concrete elements in modern construction.

In recent years, the use of reinforcement of bending reinforced concrete elements has increased significantly due to the growth of the proportion of buildings and structures reconstruction. There are a large number of methods and methods for reinforcing flexural reinforced concrete elements.

Guided by the normative documents it is very difficult to choose a rational method of amplification for specific operating conditions, taking into account a significant number of factors limiting the application of a certain gain. Therefore, it is suggested to use methods of selecting an amplification.

In the first stage, all methods of amplification need to be systematized and divided into different groups and subgroups, which allows to first determine the possible methods of amplification. At the second stage, identify the main factors and criteria for choosing. In the third stage, determine the technology and efficiency of the gain.

At the last stage, it is recommended that the quantitative performance and efficiency gains are taken according to the actual state and design decisions after calculating and determining the volumes of materials and work. But with a large amount of reinforcement constructions it is quite difficult to do, since the ways of amplification can be different within the building and have many cross section options.

Another way of addressing this issue is to use aggregated cost and labor cost metrics that are used in existing techniques. But they do not take into account the quantitative effect of various factors on the technical and economic indicators of the ways of strengthening. Therefore, it is proposed to use multi-factor labor models Y_t and Y_s .

The analysis and generalization of the data on the survey of building structures allowed to identify groups of factors that influence qualitatively and quantitatively on the enhancement, including the multi-factor models of complexity Y_t and the cost of Y_s . For reinforced concrete beams, the following main factors can be taken into account: the technical state of the construction, the coefficient of wear x_1 ; coefficient of increase of bearing capacity of the bearing x_2 , depth of damage to the concrete surface x_3 ; relative area of the damaged surface of element x_4 .

The proposed method of selecting a rational reinforcement method for reinforced concrete bending elements, reduces the complexity and cost of work.

Key words: reconstruction, reinforcement method, concrete bending elements, multifactorial model, complexity.

Рациональный выбор метода усиления изгибаемых железобетонных элементов

Алексей Постернак¹, Максим Семеняка²

^{1,2}Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹. a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>

². a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>

Доклад посвящен проблемами использования различных методов и способов усиления изгибаемых железобетонных элементов в современном строительстве.

В последние годы объемы применения усиления изгибаемых железобетонных элементов значительно увеличились за счет роста удельного веса реконструкции зданий и сооружений. Существуют большое количество способов и методов усиления изгибаемых железобетонных элементов.

Руководствуясь нормативными документами очень сложно выбрать оптимальный метод усиления для конкретных условий эксплуатации, учитывая значительное количество

факторов, ограничивающих применение определенного усиления. Поэтому предлагается использовать методики выбора усиления.

На первом этапе все способы усиления необходимо систематизировать и разделить на разные группы и подгруппы, что позволяет в первую очередь определить возможные методы усиления. На втором этапе определить основные факторы и критерии выбора. На третьем этапе определить технологичность и экономичность усиления.

На последнем этапе количественные показатели технологичности и экономичности усиления рекомендуется принимать согласно фактических состояниям и конструктивных решений после расчета и определения объемов материалов и работ. Но при большом объеме конструкций усиления выполнять это довольно сложно, так как способы усиления могут быть различными в пределах здания и иметь много вариантов сечений.

Другой способ решения этого вопроса, использовать укрупненные показатели стоимости и трудоемкости, который используется в существующих методиках. Но они не учитывают количественное влияние различных факторов на технико-экономические показатели усиления. Поэтому предлагается использовать многофакторные модели трудоемкости Y_m и стоимости Y_c .

Анализ и обобщение данных по обследованию строительных конструкций позволил определить группы факторов, влияющих качественно и количественно на усиление в том числе на многофакторные модели трудоемкости Y_m и стоимости Y_c . Для железобетонных балок можно приняты следующие основные факторы: техническое состояние конструкции коэффициент износа x_1 ; коэффициент увеличения несущей способности, несущей x_2 , глубина повреждения бетонной поверхности x_3 ; относительная площадь поврежденной поверхности элемента x_4 .

Предложенная методика выбора рационального метода усиления железобетонных изгибаемых элементов, позволяет снизить трудоемкость и стоимость выполнения работ.

Ключевые слова: реконструкция, метод усиления, железобетонные изгибаемые элементы, многофакторная модель, трудоемкость.

Оцінка надійності будівлі на прикладі житлового будинку

Катерина Лисницька¹, Валерій Першаков²

¹Навчально-науковий інститут аеропортів, ²Національний авіаційний університет,
¹Misslivets777e@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5496-6968>

Аналіз аварійності будівельних об'єктів різного рівня відповідальності та функціонального призначення, що трапилися в Україні з 1997 року за статистичними даними при перерахуванні їхньої частоти на середню кількість аварій у рік становить 5×10^{-5} . Така щільність потоку аварій будівель та споруд в Україні майже в десять разів перевищує показники країн західної Європи. У зв'язку зі зношенням великої кількості будівель та споруд зростають обсяги робіт з їх технічного обстеження. Необхідність проведення таких робіт виникає у разі: усунення недоліків, допущених при проектуванні, виготовленні, будівництві та експлуатації будівель, у разі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного чи техногенного характеру, у разі реконструкції та модернізації будівель, при виявленні необхідності проведення ремонтних робіт, при паспортизації будівель та споруд, при їх приватизації та ін.

Отже на певному етапі життєвого циклу будівлі та споруди потребують достовірного оцінювання їх технічного стану.

На даний час в Україні технічний стан будівлі або споруди визначається за трьома методиками, що регламентуються відповідними нормативними документами.

1. Оцінка технічного стану будівлі за фізичним зносом. Технічний стан за класифікацією згідно цієї методики має п'ять оцінок: добрий (знос 0...20 %); задовільний (знос 21...40 %); незадовільний (знос 41...60 %); старий (знос 61...80 %); непридатний (знос 81...100 %).

2. Оцінка технічного стану конструкцій і будівлі за класифікаційними ознаками. Технічний стан за класифікаційними ознаками має чотири оцінки: нормальний; задовільний; непридатний до експлуатації; аварійний.

3. Оцінка технічного стану будівлі дається за результатами виконаних розрахунків. Визначені величини напруження і деформацій в несучих елементах будівлі співставляються з міцнісними характеристиками матеріалів конструкцій. Додатково аналізуються технічні параметри, що характеризують основу.

Об'єктом дослідження було вибрано частково руйнований в результаті аварії 4-х поверховий житловий будинок.

Аналіз фактичного технічного стану об'єкта виконувався у чотири етапи.

– перший етап – аналіз об'єкта (вивчення вихідних даних та проектної документації) та візуальне обстеження;

–другий етап – проведення натурних інструментальних досліджень;

– третій етап – аналіз напружно-деформованого стану об'єкта, перевірочні розрахунки будівельних конструкцій на предмет можливості відновлення зруйнованих конструкцій та подальшої експлуатації;

– четвертий етап - опрацювання проведених досліджень та визначення фактичного технічного стану об'єкта.

В роботі розгорнуто описано проведення кожного з етапів дослідження та отримані результати. Проаналізовано причини руйнувань житлової будівлі та наведено ряд рекомендацій щодо її відновлення.

Ключові слова. Надійність, кількісні показники, фактичний технічний стан, руйнування.

Assessment of reliability of the building on the example of a house

Kateryna Lysnytska¹, Valeriy Pershakov²

^{1,2}National aviation university,

¹Misslivets777e@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5496-6968>

The analysis of accident rate of construction objects of different level of responsibility and functional purpose in Ukraine from 1997 according to statistical data at transfer of their frequency to the average number of accidents in a year presents to 5×10^{-5} . Such density of a stream of accidents of buildings and constructions in Ukraine exceeds indicators of countries of Western Europe almost ten times. Due to the wear of a large number of buildings and constructions, amounts of works connected with technical inspection grow. Need of carrying out such works arises in cases: elimination of the shortcomings allowed at design, production of construction elements and building, in case of mitigation of consequences of emergency situations of natural or technogenic character, in case of reconstruction and modernization of buildings, at detection of need of carrying out repair work, at certification of buildings, at their privatization, etc.

Therefore, at a certain stage of life cycle of the building need reliable estimation of their technical condition.

Technical condition of the buildings in this time is defined by according to the three methods which are regulated by the relevant normative documents in Ukraine.

1. Assessment of technical condition of the building according to the physical wear. The technical condition classification according to this technique has five estimates: good (wear 0 ... 20%); satisfactory (wear 21 ... 40%); unsatisfactory (wear 41 ... 60%); old (wear of 61...80%); useless for exploitation (wear of 81...100%).

2. Assessment of technical condition of buildings on classification signs. The technical condition according to classification signs has four assessment: normal; satisfactory; useless for exploitation; emergency.

3. An assessment of technical condition of the building received by results of the executed calculations. Certain sizes of tension and deformations in the bearing elements are compared with strength characteristics of materials that were designed. Technical parameters which characterize the basis are analyzed in addition.

Four-storeyed house has been chosen as object of a research. This building is partially destroyed as a result of accident.

The analysis of the actual technical condition of an object was made in four stages.

– the first stage - the analysis of an object (studying of basic data and the project documentation) and visual inspection;

– the second stage - carrying out natural instrumental researches;

– the third stage - the analysis of the tensely-deformed state of an object, test calculations of building constructions regarding a possibility of renewal of the destroyed designs and further operation;

– the fourth stage - study of the conducted researches and determination of the actual technical condition of an object.

Each investigation phase and the received results are in details described in work. The reasons of destructions of the residential building are analysed and were given a number of recommendations concerning his restoration.

Keywords: Reliability, quantitative indices, actual technical condition, destruction.

Оценка надежности здания на примере жилого дома

Екатерина Лисницкая¹, Валерий Першаков²

^{1,2}Учебно-научный институт аэропортов

¹*Misslivets777e@ukr.net*, <https://orcid.org/0000-0001-5496-6968>

Анализ аварийности строительных объектов разного уровня ответственности и функционального назначения в Украине за период с 1997 года по статистическим данным при перечислении их частоты на среднее количество аварий в год представляет 5×10^{-5} . Такая плотность потока аварий зданий и сооружений в Украине почти в десять раз превышает показатели стран западной Европы. В связи с износом большого количества зданий и сооружений растут объемы работ связанных с техническим обследованием. Необходимость

проведения таких работ возникает в случаях: устранения недостатков, допущенных при проектировании, изготовлении, строительстве и эксплуатации зданий, в случае ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера, в случае реконструкции и модернизации зданий, при выявлении необходимости проведения ремонтных работ, при паспортизации зданий и сооружений, при их приватизации и др.

Следовательно, на определенном этапе жизненного цикла здания и сооружения нуждаются в достоверном оценивании их технического состояния.

На данное время в Украине техническое состояние здания или сооружения определяется за тремя методиками, которые регламентируются соответствующими нормативными документами.

1. Оценка технического состояния здания за физическим износом. Техническое состояние за классификацией согласно этой методики имеет пять оценок: хороший (износ 0 ... 20 %); удовлетворительный (износ 21...40 %); неудовлетворительный (износ 41...60 %); ветхий (износ 61...80 %); непригодный (износ 81...100 %).

2. Оценка технического состояния конструкций и здания по классификационным признакам. Техническое состояние по классификационным признакам имеет четыре оценки: нормальный; удовлетворительный; непригодный к эксплуатации; аварийный.

3. Оценка технического состояния здания дается по результатам выполненных расчетов. Определенные величины напряжения и деформаций в несущих элементах здания сопоставляются с прочностными характеристиками материалов конструкций. Дополнительно анализируются технические параметры, которые характеризуют основание.

Объектом исследования было выбрано частично разрушенный в результате аварии 4-х этажный жилой дом.

Анализ фактического технического состояния объекта выполнялся в четыре этапа.

–первый этап - анализ объекта (изучение исходных данных и проектной документации) и визуальное обследование;

–второй этап - проведение натурных инструментальных исследований;

–третий этап - анализ напряженно-деформированного состояния объекта, проверочные расчеты строительных конструкций на предмет возможности возобновления разрушенных конструкций и дальнейшей эксплуатации;

–четвертый этап - проработка проведенных исследований и определение фактического технического состояния объекта.

В работе развернуто описано проведение каждого из этапов исследования и полученные результаты. Проанализированы причины разрушений жилого здания и приведен ряд рекомендаций относительно его восстановления.

Ключевые слова: Надежность, количественные показатели, фактическое техническое состояние, разрушение.

Аналітичне визначення прогинів залізобетонних плит, армованих гладким сталевим профнастилом із приварним опорним анкеруванням

Максим Коваль

ТзОВ "Науково-виробниче підприємство "ТРИАДА"
m_koval@meta.ua, <http://orcid.org/0000-0003-1244-1738>

Доповідь присвячена експериментальним та аналітичним дослідженням деформативності монолітних залізобетонних плит, армованих гладким сталевим профільованим настилом із приварним опорним анкеруванням. Наведено відомості про випробування дослідних зразків плит одноразовим статичним навантаженням та їх результати, зокрема графіки зміни прогинів та зсуву настилу відносно бетону в опорних зонах. Розглянуто існуючі рекомендації з розрахунку прогинів монолітних плит, армованих профнастилом, та запропоновано уточнену методику визначення прогинів, що базується на розрахунку зсуву настилу відносно бетону за законом Гука при зсуві.

В загальному випадку прогин f_m монолітної плити, армованої профнастилом, визначається за формулою $f_m = f_{rc} + f_{add}$, де f_{rc} – прогин плити, залежний від жорсткісних характеристик, f_{add} – додатковий прогин плити, зумовлений податливістю анкерних в'язей. Додатковий прогин f_{add} є залежним від величини зсуву настилу відносно бетону Δ ; проведені експерименти дозволили встановити, що цей зсув пов'язаний із змінанням настилу в зоні опорного анкерування. Величину зсуву настилу Δ можна визначити з використанням закону Гука при зсуві, що в загальному випадку виражений формулою $\Delta = \eta_{an} \times T$, де η_{an} – коефіцієнт податливості настилу в зоні опорного анкерування; T – зсувне зусилля.

Співставлення величин зсуву настилу в опорних зонах та прогинів дослідних зразків, отриманих в ході експериментів та визначених аналітично, показало їх хорошу збіжність при навантаженнях, близьких до руйнівних. Таким чином, даний підхід до розрахунку прогинів залізобетонних плит, армованих гладким профнастилом із приварним опорним анкеруванням, є достатньо обґрунтованим та експериментально верифікованим.

Ключові слова: деформація, зовнішнє армування, натурні випробування, прогин, сталевий профільований настил.

Analytical definition of deflections of concrete slabs reinforced with weld- anchored corrugated steel decking

Maksym Koval

Scientific-industrial enterprise "Triada" Ltd., Co
m_koval@meta.ua, <http://orcid.org/0000-0003-1244-1738>

The report is devoted to experimental and analytical studies of deformability of monolithic concrete slabs reinforced with weld-anchored corrugated steel decking. Information and results of the testing of samples under static load, graphs of deflections and decking shift are given. Existing methods of slab deflections was analyzed and refined method based on Hooke's law was proposed.

In general deflection f_m of monolithic concrete slab reinforced with weld-anchored corrugated steel decking is determined by the formula $f_m = f_{rc} + f_{add}$, where f_{rc} – deflection due to rigidity, f_{add} – additional deflection due to ductility of anchorage. Additional deflection f_{add} depends on value of decking shift Δ ; experiments allowed to establish a link between decking shift and decking crumple in anchorage zone. Value of decking shift Δ can be determined with Hooke's law, which in general can be written as $\Delta = \eta_{an} \times T$, where η_{an} – coefficient of decking ductility; T – shifting force.

Comparison of the values of decking shift and sample deflections determined with testing and calculations shows their good convergence under loads close to destructive. Thereby proposed method of deflection calculations of slabs reinforced with weld-anchored corrugated steel decking is sufficiently justified and experimentally verified.

Keywords: corrugated steel decking, deflection, deformation, external reinforcement, full-scale testing.

Аналитическое определение прогибов железобетонных плит, армированных гладким стальным профнастилом с приварной опорной анкерровкой

Максим Коваль

ООО "Научно-производственное предприятие "ТРИАДА"
m_koval@meta.ua, <http://orcid.org/0000-0003-1244-1738>

Доклад посвящён экспериментальным и аналитическим исследованиям деформативности монолитных железобетонных плит, армированных гладким стальным профилированным настилом с приварной опорной анкерровкой. Приведены сведения об испытаниях опытных образцов плит одноразовой статической нагрузкой и их результаты, в частности, графики изменения прогибов и сдвига настила относительно бетона в опорных зонах. Рассмотрены существующие рекомендации по расчету прогибов монолитных плит, армированных профнастилом, и предложено уточнённую методику определения прогибов, которая базируется на расчете сдвига настила относительно бетона за законом Гука при сдвиге.

В общем случае прогиб f_m монолитной плиты, армированной профнастилом, определяется по формуле $f_m = f_{rc} + f_{add}$, где f_{rc} – прогиб плиты, зависящий от жесткостных характеристик, f_{add} – дополнительный прогиб плиты, обусловленный податливостью анкерных связей. Дополнительный прогиб f_{add} зависит от величины сдвига настила относительно бетона Δ ; проведённые эксперименты позволили установить, что этот сдвиг связан со сминанием настила в зоне опорной анкерровки. Величину сдвига настила Δ можно определить с использованием закона Гука при сдвиге, который в общем случае выражается формулой $\Delta = \eta_{an} \times T$, где η_{an} – коэффициент податливости настила в зоне опорной анкерровки; T – сдвигающее усилие.

Сопоставление величин сдвига настила в опорных зонах и прогибов опытных образцов, полученных в ходе экспериментов и определённых аналитически, показало их хорошую сходимость при нагрузках, близких к разрушающим. Таким образом, данный подход к расчёту прогибов железобетонных плит, армированных гладким профнастилом с приварной

опорной анкерровкой, является достаточно обоснованым и экспериментально верифицированным.

Ключевые слова: внешнее армирование, деформация, натурные испытания, прогиб, стальной профилированный настил.

Аналіз деформацій залізобетонних монолітних плит в залежності від місця прикладання температурного навантаження відносно основних несучих конструкцій будівлі

Михайло Божинський¹, Віра Колякова²

^{1,2}Київський національний університет будівництва та архітектури,

¹[.mike.bozhynskyy@gmail.com](mailto:mike.bozhynskyy@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8681-4675>

²[.vkolyakova@gmail.com](mailto:vkolyakova@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6879-8520>

Розглянуті питання деформацій залізобетонних монолітних плит в залежності від місця прикладання температурного навантаження за допомогою програмних комплексів.

Вирішення температурних задач за допомогою програмних комплексів дозволяє не тільки значно прискорити розрахунок конструкцій, але й надає можливість проводити більш детальний аналіз отриманих даних з моделюванням багатьох сценаріїв розвитку пожежі.

Для моделювання задачі розподілу температури в перерізі залізобетонної плити у програмному комплексі ANSYS 16.0 необхідно визначити вихідні дані:

- значення теплопровідності залізобетонних конструкцій залежно від прикладеної температури
- значення теплоємності залізобетонних конструкцій залежно від прикладеної температури;
- густина бетону $\rho = 2500$ (кг/м³);
- значення коефіцієнту чорноти поверхні (для бетону приймаємо значення 0,7);
- рівняння температурної кривої для обраного режиму пожежі.

Розрахунок залізобетонної монолітної плити на дію підвищених температур в ПК ЛИРА-САПР зводять до визначення граничного стану за ознакою втрати несучої здатності (R):

- руйнування зразка;
- виникнення граничних деформацій (граничне значення прогину, граничне значення швидкості наростання деформацій).

Даний метод розрахунку дозволяє:

- визначити граничний стан за ознакою втрати теплоізолюючої здатності (I);
- визначити за допомогою програмного комплексу ЛИРА-САПР граничний стан за ознакою втрати несучої здатності (R).

- виконати аналіз переміщень вузлів та напружень в скінченних елементах залізобетонного каркасу від дії підвищених температур, що дає можливість підвищити вогнестійкість конструкцій за допомогою додаткових конструктивних заходів.

Ключові слова: температурна задача, розподіл температури, ANSYS, ЛИРА-САПР.

The analysis of the deformations of reinforced concrete monolithic slabs depending on the location of the application of the temperature load relative to the main load-bearing structures of the building

Mykhailo Bozhynskyy¹, Vira Koliakova²

^{1,2}Kyiv National University of Construction and Architecture,

¹mike.bozhynskyy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8681-4675>

²vkoliakova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6879-8520>

The problems of deformations of reinforced concrete monolithic plates are considered depending on the place of application of the temperature load by mean software complexes.

Solving temperature problems with the help of software system allow's not only to significantly accelerate the calculation of structures, but also gives the opportunity for a more detailed analysis of the obtained data with modeling of many scenarios of fire development.

For modeling the temperature distribution problem in the cross-section of the reinforced concrete slab in the ANSYS 16.0 software package it is necessary to determine the initial data:

- hevalue of thermal conductivity of reinforcedconcrete structures depending on the applied temperature;

- the heat capacity of reinforced concrete structures depending on the applied temperature:

- concrete density $\rho = 2500$ (kg / m³);

- the value of the coefficient of blackness of the surface (for concrete we accept the value 0.7);

- Equations of the temperature curve for the selected fire mode.

The calculation of a reinforced concrete monolithic plate on the effect of elevated temperatures in the LIRA-CAD computer reduces to the determination of the limiting state based on the loss of a load capacity (R):

- destruction of the sample;

- occurrence of limiting deformations (limiting value of a deflection, limiting value of the speed of increase of deformations).

This method of calculation allows:

- determine the limit state on the basis of the loss of thermal insulation capacity (I)

- determine the limit state on the basis of the loss of load-carrying capacity (R) using the LIRA-CAD software package.

- analyze the movements of nodes and stresses in the final elements of the reinforced concrete frame from the effects of elevated temperatures, which will give the opportunity to increase the fire resistance of structures with the help of additional design measures.

Key words: temperature problem, temperature distribution, ANSYS, LIRA-CAD.

Анализ деформаций железобетонных монолитных плит в зависимости от места приложения температурной нагрузки относительно основных несущих конструкций здания

Михаил Божинский¹, Вера Колякова²

^{1,2}Киевский национальный университет строительства и архитектуры,

¹mike.bozhynskyy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8681-4675>

²vkolyakova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6879-8520>

Рассмотрены вопросы деформаций железобетонных монолитных плит в зависимости от места приложения температурной нагрузки с помощью программных комплексов.

Решение температурных задач с помощью программных комплексов позволяет не только значительно ускорить расчет конструкций, но и даёт возможность проводить более детальный анализ полученных данных с моделированием многих сценариев развития пожара.

Для моделирования задачи распределения температуры в сечении железобетонной плиты в программном комплексе ANSYS 16.0 необходимо определить исходные данные:

- значение теплопроводности железобетонных конструкций в зависимости от приложенной температуры;

- значение теплоемкости железобетонных конструкций в зависимости от приложенной температуры;

- плотность бетона $\rho = 2500$ (кг / м³);

- значение коэффициента черноты поверхности (для бетона принимаем значение 0,7);

- уравнения температурной кривой для выбранного режима пожара.

Расчет железобетонной монолитной плиты на действие повышенных температур в ПК ЛИРА-САПР сводят к определению предельного состояния по признаку потери несущей способности (R):

- разрушение образца;

- возникновение предельных деформаций (предельное значение прогиба, предельное значение скорости нарастания деформаций).

Данный метод расчета позволяет:

- определить предельное состояние по признаку потери теплоизолирующей способности (I)

- определить с помощью программного комплекса ЛИРА-САПР предельное состояние по признаку потери несущей способности (R).

- выполнить анализ перемещений узлов и напряжений в конечных элементах железобетонного каркаса от воздействия повышенных температур, который даст возможность повысить огнестойкость конструкций с помощью дополнительных конструктивных мер.

Ключевые слова: температурная задача, распределение температуры, ANSYS, ЛИРА-САПР.

Дослідження залізобетонних балок з пошкодженою робочою арматурою за дії навантаження

Зіновій Бліхарський¹, Павло Вегера², Тарас Шналь³

^{1,2,3}Національний університет «Львівська політехніка»

¹Zinovii.Z.Blikharskyi@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-4823-6405

²Pavlo.I.Vehera@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-3437-1825

³Taras.M.Shnal@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-4226-9513

Дослідження напружено деформованого стану залізобетонних конструкцій є актуальним питанням. Розвиток принципів проектування, підсилення та основних параметрів роботи проводиться, як правило, на лабораторних зразках. В більшості таких досліджень не враховують, що будь які зміни в напружено деформованому стані залізобетонних елементів відбуваються при певному рівні навантаження – починаючи від власної ваги і закінчуючи роботою при експлуатаційному рівні навантаження, незадовго до вичерпання експлуатаційної придатності чи навіть несучої здатності. Зміни, які виникають в конструкціях при дії навантажень та впливів, призводять до внутрішнього перерозподілу напружень та деформацій. Особливості такого перерозподілу потребують глибших досліджень.

Метою поданих досліджень є визначення впливу на міцність залізобетонних згинаних елементів пошкоджень розтягнутої арматури, отриманих при дії навантаження експлуатаційного рівня. Для досягнення поставленої мети досліджень було запроєктовано 6 дослідних залізобетонних балок, які поділили на 2 серії: 2 зразки 1 серії та 4 зразки 2-ї. Усі зразки були ідентичних геометричних розмірів. Відмінність полягає в діаметрі розтягнутої арматури: для 1-ї серії розтягнута арматура 1Ø16 A500C, а для 2-ї серії - 1Ø20 A500C.

Пошкодження поздовжньої арматури імітувало корозію робочого армування зразка. Пошкодження виконували шляхом висвердлювання одного отвору в арматурі Ø5.6 мм, що відповідає зменшенню площі внаслідок умовної корозії арматури з Ø20 до Ø16. Отвір виконували поетапно від Ø3 мм з збільшенням діаметру свердла на 0.5 мм на кожному етапі. Пошкодження виконували за постійної дії навантаження 0.7 від несучої здатності контрольних зразків та для порівняння – без дії навантаження.

Для контрольних зразків 1-ї та 2-ї серій вичерпання несучої здатності відбулось за рахунок досягнення бетону стиснутої зони граничних значень деформацій. Для зразків із пошкодженою арматурою вичерпання несучої здатності відбулось за рахунок розриву розтягнутої арматури внаслідок досягнення нею граничних значень деформацій розтягу. Руйнування супроводжувалось розламом залізобетонних балок на дві частини. Такий характер руйнування є типовим для реальних зразків, які перебувають під певним рівнем навантаження.

За результатами досліджень встановлено, що при зменшенні площі розтягнутої арматури без дії навантаження несуча здатність залізобетонної балки зменшується на 37%, а при навантаженні рівному 0.7 від несучої здатності контрольних зразків, лише на 11%.

Ключові слова: залізобетонні балки, міцність, пошкодження, дефекти.

Researching of reinforced concrete beams with damaged tensile rebar under the loading

Zinoviy Blikharskyi¹, Pavlo Vehera², Taras Shnal³

^{1,2,3}Lviv Polytechnic National University

¹Zinovii.Z.Blikharskyi@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-4823-6405

²Pavlo.I.Vehera@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-3437-1825

³Taras.M.Shnal@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-4226-9513

Researching stress-strain state of reinforced concrete structures is always a pressing issue. The development of the design principles, strengthening and basic parameters of work is carried out on

laboratory samples. In most of these studies, it is not taken into account that any changes in the stress-strain state of reinforced concrete elements occur at a certain level of loading, ranging from their own weight to ending with work at the serviceability level of loading, shortly before the exhaust of serviceability suitability or even bearing capacity. Changes that arise in structures under the influence of the load, lead to a redistribution of efforts and deformations.

Based on the above it, the aim of the research was set: to determine the impact on the strength of reinforced concrete bending elements of damage of tensile rebar, obtained under the action of the load. Six researching samples - reinforced concrete beams were designed to achieve the research aim. The samples were divided into 2 series: 2 samples of 1st series and 4 samples of the 2nd. All RC beams were identical geometric dimensions. The difference lies in the diameter of the tensile rebar: for the 1st series, the rebar 1Ø16 A500C is reinforced, and for the 2nd series - 1Ø20 A500C.

Damage to the longitudinal reinforcement simulated corrosion of the tensile rebar of the reinforced concrete beams. Corrosion was performed by drilling one hole in the Ø5.6 mm fitting, which corresponds to the corrosion of the reinforcement Ø20 to Ø16. The hole was performed in stages from Ø3 mm with an increase in the drill by 0.5 mm at each stage. Damage was carried out under the action of load 0.7 from the bearing capacity of control samples.

For control specimen's 1st and 2nd series, the bearing capacity was responsible by achieving limit values of the concrete compressed area. For specimens with damaged rebar's, the bearing capacity was responsible by rupture of stretched armature after deformation of steel takes limit values. The scheme of destroyed specimens was fracture in two parts of RC beams. The typical character of destroying would be for specimens damaged under some initial loading.

As a result of experimental studies it was established that the bearing capacity of reinforced concrete beams, which was received damages at the level of loading, is higher than for reinforced concrete elements with similar reinforcement. From experimental study the reducing of the area of the stretched armature without load, the bearing-capacity load reduced by 37%, and when load is equal to 0.7 from the bearing-capacity load of the control samples, reduce was only 11%.

Key words: reinforced concrete beams, strength, damage, defects.

Исследование железобетонных балок с поврежденной рабочей арматурой за действия нагрузки

Зиновий Блихарский¹, Павел Вэгэра², Тарас Шналь³

^{1,2,3}Национальный университет «Львовская политехника»

¹*Zinovii.Z.Blikharskyi@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-4823-6405*

²*Pavlo.I.Vehera@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-3437-1825*

³*Taras.M.Shnal@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-4226-9513*

Исследование напряженно деформированного состояния железобетонных конструкций является актуальным вопросом. Развитие принципов проектирования, усиления и основных параметров работы производится, как правило, на лабораторных образцах. В большинстве таких исследований не учитывают, что любые изменения в напряженно деформированном состоянии железобетонных элементов происходят при определенном уровне нагрузки - начиная от собственного веса и заканчивая работой при эксплуатационном уровне нагрузки, незадолго до исчерпания эксплуатационной пригодности или даже несущей способности.

Изменения, которые возникают в конструкциях при воздействии нагрузок и воздействий, приводят к внутреннему перераспределению напряжений и деформаций. Особенности такого перераспределения требуют более глубоких исследований.

Целью представленных исследований является определение влияния на прочность железобетонных изгибаемых элементов повреждений растянутой арматуры, полученных при воздействии нагрузки эксплуатационного уровня. Для достижения поставленной цели исследований было запроектировано 6 опытных железобетонных балок, которые поделили на 2 серии: 2 образца 1 серии и 4 образца 2-й. Все образцы были идентичных геометрических размеров. Отличие заключается в диаметре растянутой арматуры: для 1-й серии растянутая арматура 1Ø16 A500C, а для 2-й серии - 1Ø20 A500C.

Повреждение продольной арматуры имитировало коррозию рабочего армирования образца. Повреждение выполняли путем высверливания одного отверстия в арматуре Ø5.6 мм, что соответствует уменьшению площади вследствие условной коррозии арматуры с Ø20 до Ø16. Отверстие выполняли поэтапно от Ø3 мм с увеличением диаметра сверла на 0.5 мм на каждом этапе. Повреждение выполняли за постоянного действия нагрузки 0.7 от несущей способности контрольных образцов и для сравнения - без воздействия нагрузки.

Для контрольных образцов 1-й и 2-й серий исчерпания несущей способности произошло за счет достижения бетона сжатой зоны предельных значений деформаций. Для образцов с поврежденной арматурой исчерпания несущей способности произошло за счет разрыва растянутой арматуры вследствие достижения им предельных значений деформаций растяжения. Разрушение сопровождалось разломом железобетонных балок на две части. Такой характер разрушения является типичным для реальных образцов, находящихся под определенным уровнем нагрузки.

По результатам исследований установлено, что при уменьшении площади растянутой арматуры без воздействия нагрузки несущая способность железобетонной балки уменьшается на 37%, а при нагрузке равном 0.7 от несущей способности контрольных образцов, только на 11%.

Ключевые слова: железобетонные балки, прочность, повреждения, дефекты.

Надійність залізобетонних балок, підсилених нарощуванням розтягнутої арматури при дії навантаження

Роман Хміль¹, Роман Титаренко²

^{1,2}Національний університет «Львівська політехніка»,

¹roman.y.khmil@lpnu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7578-8750>

²romantaren27@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4550-6422>

Станом на сьогоднішній день, ймовірнісні методи розрахунку будівельних конструкцій набувають все більшого поширення, оскільки дозволяють встановлювати гарантований рівень їх надійності на стадії проектування. В свою чергу, зростання обсягів робіт із реконструкції існуючих будівель та споруд теж слід супроводжувати кількісною оцінкою надійності підсилених конструкцій, що на сьогодні практично не виконують через відсутність єдиної методики такої оцінки. Завданням нашого дослідження є розроблення принципової методики оцінки надійності залізобетонних балок, підсилених додатковою

арматурою при дії навантаження, що відображає реальні умови експлуатації конструкції.

Для розробки алгоритму оцінки надійності адаптуємо розроблену методика під керівництвом професора Пічугіна С.Ф. а також використаємо основоположні тези теорії ймовірностей. Ми пропонуємо, як випадкові, статистично незалежні параметри приймати: міцність матеріалів, геометрію підсиленого перерізу, а також рівень діючого навантаження на конструкцію під час підсилення, оскільки він практично завжди присутній, особливо при підсиленні конструкції в реальних умовах. Тому випадкове значення граничного згинального моменту, що сприймається підсиленою при дії навантаження балкою, залежатиме від:

- випадкового значення опору бетону на стиск;
- випадкового значення міцності на розтяг основної та додаткової арматури;
- випадкового значення міцності на стиск верхньої арматури;
- випадкового значення ширини та приведеної корисної висоти перерізу підсиленої балки;
- випадкового значення коефіцієнту використання додаткової арматури, що залежить від рівня діючого навантаження на балку при підсиленні.

Для оцінки надійності за основу приймаємо розрахунок за міцністю нормального перерізу підсиленої балки. Прийняті в розрахунок статистичні характеристики (математичні сподівання і стандарти) пропонується визначати на основі загальновідомих рекомендацій, а також експериментальних досліджень проведених у Національному університеті «Львівська політехніка».

Для оцінки надійності конструкції обчислюємо загально прийняту характеристику безпеки – індекс надійності. В свою чергу, ймовірність безвідмовної роботи підсиленої балки (або ж її надійність) визначається за допомогою функції помилок, більш відомої як функції Лапласа.

Ключові слова: залізобетонна балка, підсилення, оцінка надійності, рівень навантаження

The reliability of reinforced concrete beams, strengthened under loading by increasing stretched reinforcing bars

Roman Khmil¹, Roman Tytarenko²

^{1,2}Lviv Polytechnic National University,

¹roman.y.khmil@lpnu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7578-8750>

²romantaren27@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4550-6422>

Today, the probabilistic methods of calculation of building structures are becoming more widespread, since they allow establishing the guaranteed level of their reliability on a design stage. In turn, the increase in the volume of work on the reconstruction of existing buildings and structures requires making quantitative assessment of reliability of strengthened constructions, but this is practically not performed today because of the lack of a unified methodology for such assessment. The aim of our research is to develop a principal method for assessing the reliability of reinforced concrete beams strengthened under the action of the load by additional reinforcement that modeling the real conditions of structure's operation.

To develop a reliability assessment algorithm, we adapt the methodology of professor Pichugin S.F. and also use the basic thesis of probability theory. We propose such stochastic, statistically independent parameters as: the strength of materials, geometry of the strengthened beam's cross section and the level of existing loading on the construction during strengthening because it is almost always present, especially when the construction is strengthening in real conditions. Consequently, the random of limiting bending moment, which perceived by the strengthened beam depends from:

- the mathematical expectation of concrete resistance to compression;
- the mathematical expectations of tensile strength of the main and additional reinforcing bars;
- the mathematical expectation of strength of compression of the upper reinforcement;
- the mathematical expectations of width and resulted effective height of the strengthened beam cross section;
- the mathematical expectation of coefficient of using the cross section of additional reinforcing bars that depends from the level of loading on the beam during strengthening.

We take the design of normal section's strength of the strengthened beam to assess their reliability. We propos to determine the statistical characteristics (mathematical expectations and standards) of taking parameters by the main of well-known recommendations, as well as experimental studies conducted at the Lviv Polytechnic National University.

To evaluate the reliability of construction we calculate the reliability index. In turn, the probability of uptime performance of the strengthened beam is determined according to the following expression, using the Laplace's error function.

Key words: reinforced concrete beam, strengthening, reliability assessment, load level.

Надежность железобетонных балок, усиленных наращиванием растянутой арматуры при действии нагрузки

Роман Хмил¹, Роман Тытаренко²

^{1,2}Национальный университет «Львовская политехника»,

¹ roman.y.khmil@lpnu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7578-8750>

² romantaren27@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4550-6422>

Сегодня вероятностные методы расчета строительных конструкций получают все большее распространение, поскольку позволяют устанавливать гарантированный уровень их надежности на стадии проектирования. В свою очередь, рост работ по реконструкции существующих зданий и сооружений тоже должен сопровождаться оценкой надежности усиленных конструкций, что на сегодняшний день практически не делают из-за отсутствия единой методики такой оценки. Задача нашего исследования - разработка принципиальной методики оценки надежности железобетонных балок, усиленных дополнительной арматурой при воздействии нагрузки, отражающий реальные условия эксплуатации конструкции.

Для разработки алгоритма оценки надежности адаптируем разработанную методику под руководством профессора Пичугина С.Ф. а также используем основополагающие положения теории вероятностей. Мы предлагаем, как случайные, статистически независимые параметры принимать: прочность материалов, геометрию усиленного сечения,

а также уровень действующей нагрузки на конструкцию во время усиления, поскольку он практически всегда присутствует, особенно при усилении конструкции в реальных условиях. Поэтому случайное значение предельного изгибающего момента воспринимаемого усиленной при воздействии нагрузки балкой, будет зависеть от:

- случайного значения сопротивления бетона на сжатие;
- случайного значения прочности на растяжение основной и дополнительной арматуры;
- случайного значения прочности на сжатие верхней арматуры;
- случайного значения ширины и приведенной полезной высоты сечения усиленной балки;
- случайного значения коэффициента использования дополнительной арматуры, который зависит от уровня действующей нагрузки на балку при усилении.

Для оценки надежности за основу принимаем расчет по прочности нормального сечения усиленной балки. Принятые в расчет статистические характеристики (математические ожидания и стандарты) предлагается определять на основе общеизвестных рекомендаций, а также экспериментальных исследований, проведенных в Национальном университете «Львовская политехника».

Для оценки надежности конструкции вычисляем характеристику безопасности – индекс надежности. В свою очередь, вероятность безотказной работы усиленной балки (надежность) определяется по выражению с помощью функции ошибок Лапласа.

Ключевые слова: железобетонная балка, усиление, оценка надежности, уровень нагрузки.

Міцність композитної неметалевої арматури на зріз

Юлій Клімов

Київський національний університет будівництва і архітектури,
yuliiklymov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4275-7058>

У доповіді наведено результати експериментального досліджень міцності композитної базальтопластикової і склопластикової арматури на зріз.

Експериментальні дослідження проведені за методом подвійного зрізу відповідно до АСІ 440.3R-04. В якості дослідних зразків були прийняті були прийняті стержні склопластикової арматури діаметром 10 мм, 12 мм і базальтопластикової арматури 8 мм, 10 мм і 12 мм, довжиною по 300 мм. Всього було випробувано п'ять серій по п'ять зразків в кожній.

Навантаження було прийнято монотонно зростаючим до руйнування зі швидкістю 5,0 кН/хв для діаметрів 8 мм, 7,0 кН/хв для діаметрів 10 мм і 10,0 кН/хв для діаметрів 12 мм, що відповідало швидкості збільшення дотичних напружень 30- 60 МПа/хв.

Граничні дотичні напруження (міцність композитної арматури на зріз) за результатами випробувань визначаються за формулою: $\tau_u = \frac{P_s}{2A}$, де τ_u - граничні дотичні напруження при зрізі, Н/мм²; P_s - руйнівний зрізують зусилля, Н; A - площа поперечного перерізу стержня, мм².

В результаті проведених експериментальних досліджень міцності композитної арматури на зріз встановлено, що залежність дотичні напруження - вертикальні переміщення ($\tau - \Delta$) має лінійний, а руйнування - крихкий характер.

Величина граничних дотичних напружень склопластикової арматури не залежить від діаметра і становить близько 190 МПа, що відповідає 0,29 ... 0,34 від тимчасового опору арматури при розтягу.

Величина граничних дотичних напружень базальтопластикової арматури не залежить від діаметра і становить близько 190 ... 200 МПа, що відповідає 0,22 ... 0,28 від тимчасового опору арматури при розтягу.

За інших рівних умов величина граничних дотичних напружень при зрізі і відносних деформацій зсуву склопластикової і базальтопластикової мають близькі значення, а характер їх деформування підпорядковується загальним закономірностям.

Результати проведених досліджень можуть бути застосовані при розрахунку конструкцій з склопластикової і базальтопластикової арматурою на дію поперечної сили при оцінці міцності арматури в зоні перетину критичної похилої тріщиною.

Ключові слова: склопластикова, базальтопластикова арматура, міцність, експеримент, зріз.

Strength of composite non-metallic reinforcement on a shear

Yuliy Klymov

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture,
yuliiklymov@gmail.com, <https://orcid.0000-0002-4275-7058>

The report presents the results of experimental studies of the strength of composite basalt and - glass fiber reinforcement on the shear action.

Experimental studies were carried out using the double-cut method in accordance with ACI 440.3R-04. As test samples were taken for testing were adopted rods of glass fiber reinforcement with a diameter of 10 mm, 12 mm and basalt fiber reinforcement 8 mm, 10 mm and 12 mm length of 300 mm. In total, five series of five samples were tested.

The loading was made by a monotonically increasing load at a speed of 5.0 kN/min for a diameter of 8 mm, 7.0 kN/min for a diameter of 10 mm and 10.0 kN/min for a diameter of 12 mm, which corresponded to a shear stress of 30-60 MPa/min.

The ultimate tangential stresses (strength of composite reinforcement on the shear) are determined from the test results by the formula: $\tau_u = \frac{P_s}{2A}$, where τ_u - ultimate tangential stresses at shear, N/mm²; P_s - ultimate shearing force, N; A - is the cross-sectional area of the rod, mm².

As a result of the carried out experimental studies of the strength of composite reinforcement on the shear, it was established that the dependence of shear stresses - vertical displacements ($\tau - \Delta$) is linear and fracture is brittle.

The magnitude of the ultimate tangential stresses of the fiber glass reinforcement is independent of the diameter and is of the order of 190 МПа, which corresponds to 0.29 ... 0.34 of the ultimate resistance of the reinforcement in tension.

The magnitude of the ultimate tangential stresses of the fiber plastic reinforcement does not

depend on the diameter and is on the order of 190 ... 200 МПа, which corresponds to 0.22 ... 0.28 of the ultimate resistance of the reinforcement in tension.

Other things being equal, the magnitude of the ultimate tangential stresses in the shear and the relative deformations of the glass and basalt fiber reinforcement shear have similar values, and the nature of their deformation obeys the general laws.

The results of the studies can be applied in the calculation of structures with glass and basalt fiber reinforcement on the effect of transverse force in evaluating the strength of reinforcement in the zone of intersection by a critical inclined crack.

Key words: glass fiber, basalt fiber reinforcement, strength, experiment, shear.

Прочность композитной неметаллической арматуры на срез

Юлий Климов

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
yuliiklymov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4275-7058>

В докладе приведены результаты экспериментальных исследований прочности композитной базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры на срез.

Экспериментальные исследования проведены по методу двойного среза в соответствии с АСІ 440.3R-04. В качестве опытных образцов были приняты для проведения испытаний были приняты стержни стеклопластиковой арматуры диаметром 10 мм, 12 мм и базальтопластиковой арматуры 8 мм, 10 мм и 12 мм длиной по 300 мм. Всего было испытано пять серий по пять образцов в каждой.

Нагружение производилось монотонно возрастающей нагрузкой до разрушения со скоростью 5,0 кН /мин для диаметра 8 мм, 7,0 кН/мин для диаметра 10 мм и 10,0 кН/мин для диаметра 12 мм, что соответствовало скорости увеличения касательных напряжений 30-60 МПа/мин.

Предельные касательные напряжения (прочность композитной арматуры на срез) по результатам испытаний определяются по формуле: $\tau_u = \frac{P_s}{2A}$, где τ_u – предельные касательные напряжения при срезе, Н/мм²; P_s – разрушающее срезывающее усилие, Н; A – площадь поперечного сечения стержня, мм².

В результате проведенных экспериментальных исследований прочности композитной арматуры на срез установлено, что зависимость касательные напряжения – вертикальные перемещения ($\tau - \Delta$) имеет линейный, а разрушение - хрупкий характер.

Величина предельных касательных напряжений стеклопластиковой арматуры не зависит от диаметра и составляет порядка 190 МПа, что соответствует 0,29...0,34 от временного сопротивления арматуры при растяжении.

Величина предельных касательных напряжений базальтопластиковой арматуры не зависит от диаметра и составляет порядка 190...200 МПа, что соответствует 0,22...0,28 от временного сопротивления арматуры при растяжении.

При прочих равных условиях величина предельных касательных напряжений при срезе и относительных деформаций сдвига стеклопластиковой и базальтопластиковой имеют близкие значения, а характер их деформирования подчиняется общим закономерностям.

Результаты проведенных исследований могут быть применены при расчете конструкций со стеклопластиковой и базальтопластиковой арматурой на действие поперечной силы при оценке прочности арматуры в зоне пересечения критической наклонной трещиной.

Ключевые слова: стеклопластиковая, базальтопластиковая арматура, прочность, эксперимент, срез.

Визначення несучої здатності таврового перерізу із використанням спрощених діаграм деформування матеріалів

Олександр Войцехівський¹, Тетяна Кондратенко²

¹Вінницький національний технічний університет

¹: Voicshvinn@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2764-9996

²ТОВ «Гервін МЗ», Kondratenko09059@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1795-3660

В сучасних нормах проектування залізобетонних конструкцій (п.3.1.6. [1]) при виконанні перевірочних розрахунків, або близьких до них, допускається використовувати спрощену дволінійну діаграму деформування бетону. В цій статті розглянуто методику визначення несучої здатності залізобетонної балки таврового перерізу із використанням спрощених діаграм деформування матеріалів. Спрощені діаграми деформування бетону та арматурної сталі приймаються згідно основних вимог [1]. При визначенні несучої здатності розглядається напружено-деформований стан нормального перерізу в залежності від стадії роботи розтягнутої та стиснутої арматури, місцезнаходження нейтральної осі при сталому геометричному перерізі.

Критерієм руйнування приймається досягнення граничних деформацій в розтягнутій арматурі або в стиснутому бетоні. Алгоритм розрахунку передбачає наступні операції. Визначення місцезнаходження нейтральної осі із припущення, що арматура в стиснутій та розтягнутій зоні працює на стадії текучості, а деформації в бетоні досягають граничних значень. Після цього методом поступового підбору ми перевіряємо 12 можливих варіантів виникнення різних напружено-деформованих станів перерізу, що можуть виникнути в конкретних проектних умовах. Це дозволяє отримати прості, з математичної точки зору, інженерні рішення. Такий підхід дозволяє зрозуміти етапи роботи конструкції під дією навантаження, оцінити ефективність використання арматури в стиснутій та розтягнутій зонах залізобетону, зрозуміти основи раціонального проектування конструкції, тому може широко використовуватись як в інженерній практиці, так і в учбовому процесі при навчанні інженерів-проектувальників.

Ключові слова: несуча здатність таврового перерізу, спрощені діаграми деформування, стадії роботи арматури.

Determining bearing capacity of T-shaped profile by using simplified deformation diagrams of materials

Oleksandr Voitsekhivskiy¹, Tetiana Kondratenko²

¹Vinnytsia national technical university

¹: Voicshvinn@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2764-9996

In modern standards of projecting iron-concrete construction (p.3.1.6. [1]) with making checking calculations or close to it, allowed to use simplified two-line diagram of concrete's deformation. In this article was looked the method of definition iron-concrete beam's bearing capacity of T-shape profile by using simplified deformation diagrams of materials. The simplified diagrams of concrete's deformation and reinforcing steel are accepted in accordance with the basic requirements [1]. The strained-deformed state of normal profile is considered depending on work's stage stretched and compressed fittings, the location of the neutral axis at a constant geometric cross profile in determining the bearing capacity.

The criterion of destruction is the achievement of limiting deformations in stretched fittings or in compressed concrete. The algorithm of calculation involves the following operations. Determination of the location of the neutral axis with the assumption that the fittings in the compressed and stretched zone works at the stage of flow, and deformations in the concrete reaches the limit values. After that check all 12 possible variants of occurrence of various strained-deformed profile's states that can arise in the specific conditions by method of gradual selection. This allows to get simple, from a mathematical point of view, engineering solutions. This approach allows to understand the stages of the construction's work under the influence of the load, to evaluate the efficiency of the using fittings in the compressed and stretched zones of iron-concrete, to understand the basis of rational construction's desing, therefore, can widely use as in engineering practice as in the training process in the teaching of design engineers.

Key words. Bearing capacity of T-shaped profile, simplified deformation diagrams of materials, work's stages of the armature.

Определение несущей способности таврового сечения с использованием упрощенных диаграмм деформирования материалов

Александр Войцеховский¹, Татьяна Кондратенко²

¹Винницкий национальный технический университет

¹. Voicehvinn@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2764-9996

²ТОВ «Гервин МЗ». Kondratenko09059@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1795-3660

В современных нормах проектирования железобетонных конструкций (п.3.1.6. [1]) при исполнении проверочных расчетов, или близких к ним, допускается использовать упрощенную дволинейную диаграмму деформирования бетона. В этой статье рассмотрено методику определения несущей способности железобетонной балки таврового сечения из использованием упрощенных диаграмм деформирования материалов. Упрощенные диаграммы деформирования бетона и арматурной стали принимаются согласно основных условий [1]. При определении несущей способности рассматривается напряженно-деформированное состояние нормального сечения в зависимости от стадии работы растянутой и сжатой арматуры, местонахождение нейтральной оси при постоянном геометрическом сечении.

Критерием разрушения принимается достижение граничных деформаций в растянутой арматуре или в сжатом бетоне. Алгоритм расчета предусматривает следующие операции. Определение местонахождения нейтральной оси из предположения, что арматура в сжатой и

растянутой зонах работает на стадии текучести, а деформации в бетоне достигают граничных значений. После этого, методом постепенного подбора, мы проверяем 12 возможных вариантов появления разных напряженно–деформированных состояний сечения, которые могут появиться в конкретных проектных условиях. Это позволяет одержать простые, с математической точки зрения, инженерные решения. Такой подход позволяет понять этапы работы конструкции под действием нагрузки, оценить эффективность использования арматуры в сжатой и растянутой зонах железобетона, понять основы рационального проектирования конструкции, поэтому может широко использоваться как в инженерной практике, так и в учебном процессе при обучении инженеров – проектировщиков.

Ключевые слова: несущая способность таврового сечения, упрощенные диаграммы деформирования, стадии работы арматуры.

Про можливість використання склопластикової арматури в будівельних конструкціях

Людмила Афанасьєва

Київський національний університет будівництва і архітектури,
afanasieva2709@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4688-369X>

Доповідь присвячена дослідженню можливості використання склопластикової арматури для певного класу будівельних конструкцій. На підставі проведеного порівняльного аналізу фізико-механічних властивостей сталюї та неметалевої композитної арматури наведений варіант конструювання фундаментної плити з включенням склопластикової арматури. Доцільність використання останньої обумовлена можливою корозією сталюї арматури в разі виникнення тріщин в процесі експлуатації фундаментної плити.

З метою визначення ефективності використання склопластикової арматури в дослідній плиті виконані розрахунки міцності, тріщиностійкості та деформативності конструкції з використанням програмного комплексу «ЛІРА САПР». Розрахунку підлягали фундаментні плити-близнюки, що армовані сталюю та склопластиковою арматурою. Для армування дослідних залізобетонних плит використовували сталю арматуру класу А400С, що відповідало армуванню реальних конструкцій. Армування склопластиковою арматурою здійснювалось з використанням склоровінгу, що пов'язаний епоксидною смолою, класу АКС 600.

За результатами проведених розрахунків отримані параметри напружено-деформованого стану дослідних плит, а також характер розподілу напружень і деформацій в плитах. Порівняльний аналіз результатів розрахунку свідчить, що ширина розкриття тріщин плит зі склопластиковою арматурою в 2,5-3,0 рази менше, ніж в залізобетонних плитах. При цьому деформативність зазначених плит-близнюків відрізняється несуттєво, прогин плит зі склопластиковою арматурою до 8,0% більше, ніж залізобетонних плит.

Таким чином, проведені чисельні дослідження свідчать, що використання неметалевої склопластикової арматури доцільно в будівельних конструкціях, до яких висувають підвищені вимоги щодо зменшення ширини розкриття тріщин в процесі експлуатації.

Ключові слова: склопластиковая арматура, фундаментна плита, ширина розкриття тріщин.

About the possibility of using fiberglass reinforcement in the building structures

Lyudmyla Afanasyeva

Kiev National University of Construction and Architecture
afanaseva2709@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4688-369X>

The report is devoted to the research of the possibility of fiberglass reinforcement usage for the certain class of building structures. Basing on the comparative analysis of the physical and mechanical features of steel and non-metallic composite reinforcement, the option of the base plate construction with the inclusion of the fiberglass reinforcement is provided. The expediency of using the latter is due to the possible corrosion of steel reinforcement in case of the cracks during the exploitation of the base plate.

With the purpose to determine the using effectiveness of the fiberglass reinforcement, in the researched plate the calculations of strength, fracture and deformation structures using software system "LIRA CAD" are applied. The calculation was made on the twin base plates reinforced with steel and fiberglass reinforcement. Steel reinforcement of the class A400C, which corresponds to the reinforcement of real constructions, was used to reinforce the experimental reinforced concrete plates. Reinforcing with the fiberglass reinforcement was carried out using a roving that is connected with the epoxy, class AKC 600.

Upon the results of the held calculations, there were obtained the parameters of the intensely deflected mode of researched plates, as well as the dimension of the stresses and strains distribution in the plates. The comparative analysis of calculation shows that the width of the plate crack opening with fiberglass reinforcement is 2.5-3.0 times less than in the concrete plates. Meanwhile, the deformation of these twin plates differs slightly, the plate deflection with fiberglass reinforcement is up to 8.0% over the concrete plates.

Thus, the conducted numerous researches show that the usage of the non-metallic fiberglass reinforcement is efficient in the building structures, which make high demands to reduce the width of the crack opening during the operation process.

Key words: fiberglass reinforcement, base plate, width of the cracks opening.

О возможности применения стеклопластиковой арматуры в строительных конструкциях

Людмила Афанасьева

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
afanaseva2709@gmail.com, <http://orsid.org/0000-0003-4688-369X>

Доклад посвящен исследованию возможности применения стеклопластиковой арматуры для определенного класса строительных конструкций. На основании проведенного

сравнительного анализа физико-механических свойств стальной и неметаллической композитной арматуры приведен вариант конструирования фундаментной плиты с включением стеклопластиковой арматуры. Целесообразность применения последней обусловлена возможной коррозией стальной арматуры в случае появления трещин в процессе эксплуатации фундаментной плиты.

С целью определения эффективности использования в опытной плите выполнены расчеты прочности, трещиностойкости и деформативности конструкции с использованием программного комплекса «ЛИРА САПР». Расчету подлежали фундаментные плиты-близнецы, армированные стальной и стеклопластиковой арматурой. Для армирования опытных плит использована стальная арматура класса А400С, что соответствовало армированию реальных конструкций. Армирование стеклопластиковой арматурой осуществлялось с использованием стеклоровинга, связанного эпоксидной смолой, класса АКС 600.

В результате выполненных расчетов получены параметры напряженно-деформированного состояния опытных плит, а также характер распределения напряжений и деформаций в плитах. Сравнительный анализ результатов расчета свидетельствует, что ширина раскрытия трещин плит со стеклопластиковой арматурой в 2,5-3,0 раза меньше, чем в железобетонных плитах. При этом деформативность указанных плит-близнецов отличается несущественно, прогиб плит со стеклопластиковой арматурой до 8,0% больше, чем железобетонных плит.

Таким образом, проведенные числовые исследования свидетельствуют, что использование неметаллической стеклопластиковой арматуры целесообразно в строительных конструкциях, к которым предъявляют требования по уменьшению ширины раскрытия трещин в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: стеклопластиковая арматура, фундаментная плита, ширина раскрытия трещин.

Оптимізація паливного резервуару з плаваючим дахом при обмеженні напружень, переміщень, власних частот коливання.

Олександр Кошевий

Київський національний університет будівництва та архітектури.

380939339872@yandex.ua, <https://orcid.0000-0002-1903-2905>

Доповідь присвячена оптимізації паливного резервуару з плаваючим дахом. Програма оптимізації дозволяє знайти оптимум конструкції в ході мінімізації або максимізації призначеної цільової функції. Цільовою функцією є маса оболонки. В процесі оптимізації оболонки підбирається товщина, що є проектною змінною. При зміні проектних невідомих повинні виконуватись обмеження, які накладені на відгук конструкції на змінні проектування.

Математичне представлення задачі проектування називається загальним формулюванням задачі оптимізації, його можна записати так: $F(\bar{X}) \rightarrow \min$, де $\bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ - змінні проектування.

В ході розрахунку виконується модифікація конструкції, при цьому отримуємо зменшення маси оболонки для паливного резервуару з плаваючим дахом, що приводить до автоматичного процесу підбору товщини оболонки, і програма виводить оптимальну товщину конструкції, при заданому ліміті: напруження, переміщення і власної частоти коливань.

Ключові слова: оптимізація, проектування, оболонки, паливний резервуар, оптимізація резервуарів, оптимізація Femap Nastran, чисельне дослідження.

Optimization of propellant tanks with floating roof and limits by stresses, displacements, natural frequencies of oscillation

Oleksandr Koshevyi

Kyiv national University of construction and architecture
380939339872@yandex.ua, <https://orcid.0000-0002-1903-2905>

The paper says about optimization of the fuel tank with floating roof. The optimization program allows to find the optimum of in the course of the minimization or maximization of the objective function assigned. The objective function is the weight of the shell. In the process of optimization of the shell thickness is chosen, which is a design variable. Changing the unknown design details should run restrictions that are imposed on the construction and on changing design details.

A mathematical representation of the design problem is called a General formulation of the optimization problem can be written as: $F(X) \rightarrow \min$, where $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ the variables of the design.

In the course of the calculation the construction of the shell is modified, in the same time we get the reduction of it weight for the fuel tank with floating roof that leads to the automatic selection process of thickness of the shell and the program outputs the optimal thickness of the structure at a given limits: stress, displacement and natural frequency.

Keywords: optimization, design, shells, fuel reservoir, optimization of reservoirs, optimization Femap Nastran, numerical analysis.

Оптимизация топливного резервуара с плавающей крышей при ограничении напряжений, перемещений, собственных частот колебаний

Александр Кошевой

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
380939339872@yandex.ua, <https://orcid.0000-0002-1903-2905>

Доклад посвящается оптимизации топливного резервуара с плавающей крышей. Программа оптимизации позволяет найти оптимум конструкции в ходе минимизации или максимизации назначенной целевой функции. Целевой функцией является масса оболочки. В процессе оптимизации оболочки подбирается толщина, что является проектной неизвестной.

При изменении проектных неизвестных должны выполняться ограничения, какие наложены на отклик конструкции на проектные неизвестные.

Математическое представление задачи проектирование называется общим формированием задачи оптимизации, его можно написать таким образом: $F(\bar{X}) \rightarrow \min$, где $\bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ - неизвестные проектирования.

В ходе расчет выполняется модификация конструкции, при этом получаем уменьшения массы оболочки для топливного резервуара с плавающей крышей, что приводит к автоматизированному процессу подбора толщины оболочки, и программа выводит оптимальную толщину конструкции, при заданном лимите: напряжения, перемещения и собственной частоты колебаний.

Ключевые слова: оптимизация, проектирование, оболочки, топливный резервуар, оптимизация резервуаров, оптимизация Femap Nastran, численное исследование.

Дослідження впливу базальтової фібри на фізико-механічні властивості асфальтобетону

Артур Онищенко¹, Микола Гаркуша², Євген Плазій³

^{1,2,3}Національний транспортний університет,

³dirtechnobasalt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2025-0715>

Було проведено ряд досліджень із різними типами асфальтобетонної суміші, які дали позитивні результати і дозволило впровадити на реальних об'єктах в нежорсткому дорожньому одязі автомобільних доріг базальтову фібру із оптимальними витратами.

Проведені дослідження в лабораторних умовах та безпосередньо на будівництві дають можливість стверджувати про покращення показників на міцність, довговічність асфальтобетону, а також позитивно впливати на структурні властивості асфальтобетонної суміші підвищуючи тріщиностійкість, опір до зсуву та стійкість до утворення колій.

Ключові слова: базальтова фібра, асфальтобетонна суміш, довговічність, міцність на стиск, тріщиностійкість.

Investigation of the influence of basalt fiber on the physical and mechanical properties of asphalt concrete

¹Artur Onishchenko, ²Nikolai Garkusha, ³Ievgen Plazii.

^{1,2,3}National Transport University,

³dirtechnobasalt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2025-0715>

A number of studies were carried out with different types of asphalt-concrete mixture, which showed positive results and allowed basalt fiber with optimal costs to be applied to real objects in non-rigid road pavement of motor roads.

The carried out researches in laboratory and directly on the construction make it possible to assert about the improvement of the indicators for the strength, durability of asphalt concrete, and also positively influence the structural properties of the asphalt mixture, increasing the crack resistance, resistance to shear and rutting resistance.

Key words: basalt fiber, asphalt mix, durability, compressive strength, crack resistance.

Исследование влияния базальтовой фибры на физико-механические свойства асфальтобетона

Артур Онищенко¹, Николай Гаркуша², Евгений Плазий³

^{1,2,3}Национальный транспортный университет,

³dirtechnobasalt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2025-0715>

Был проведен ряд исследований с различными типами асфальтобетонной смеси, которые дали положительные результаты и позволило внедрить на реальных объектах в нежесткой дорожной одежде автомобильных дорог базальтовую фибру с оптимальными расходами.

Проведенные исследования в лабораторных и непосредственно на строительстве дают возможность утверждать об улучшении показателей на прочность, долговечность асфальтобетона, а также положительно влиять на структурные свойства асфальтобетонной смеси повышая трещиностойкость, сопротивление к сдвигу и устойчивость к образованию колеи.

Ключевые слова: базальтовая фибра, асфальтобетонная смесь, долговечность, прочность на сжатие, трещиностойкость.

Параметризація будівельних об'єктів за вимогами рециклінга

Ганна Шпакова

Київський національний університет будівництва та архітектури,
shpakova.a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2124-0815>

Доповідь присвячена аналізу груп параметрів будівельних об'єктів, які впливають спочатку на строки їх зведення, а потім послідууючої експлуатації, можливої реконструкції та знесення. Параметризація – елемент системного аналізу процесу, який полягає в виділенні суттєвих діючих факторів, їхньому описі та якісній оцінці отриманих параметрів. В сучасному житті поняття «параметризація» розглядається як механізм прогнозованого (а точніше, розрахованого) ще на стадії проекту строку існування об'єкта. В будівництві – це час існування будівельного об'єкта із заданими конструктивно-технологічними показниками: від початку зведення до моменту знесення.

При аналізі спектра будівель і споруд різного функціонального призначення та

архітектурно-конструктивних рішень було виділено наступні групи параметрів: за категорією відповідальності, категорією капітальності будівельних конструкцій, функціональним призначенням (промисловий, житловий чи соціально-побутовий об'єкт, тощо), розрахунковим терміном експлуатації та інші.

Паралельно були розглянуті існуючі в сучасній вітчизняній та закордонній будівельній галузі варіанти використання будівельних відходів у повторному використанні при виготовленні будівельних матеріалів, конструкцій та виробів. Слід зазначити, що вторинна сировина не є повноцінним будівельним матеріалом, вона має низькі показники міцності, обмеження щодо застосування по екологічним і санітарно-гігієнічним вимогам, але має порівняно низьку вартість (здебільшого за кордоном, де діють обмеження на використання первинної природної сировини). Враховуючі ці особливості, розроблена класифікація будівельних матеріалів та конструкцій з вторинної сировини за їх конструктивними (міцність, пружність, пластичність), технологічними (монолітність, зносостійкість, тощо) та експлуатаційними (термін використання, періодичність потокових ремонтів і т.ін.) ознаками.

В результаті накладання класифікацій виявились певні закономірності у використанні матеріалів і конструкцій в заданих умовах. При визначенні терміну експлуатації будівельного об'єкта як функції $f(t)$, яка залежить від цілого ряду функціональних (P_i), архітектурно-конструктивних параметрів (P_k), тощо, слід зауважити, що в свою чергу ці параметри залежать від фізико-механічних властивостей матеріалів, строк яких може бути відрегульовано на стадії виробництва $\{M_i, M_k \dots\} = f(t)$.

Таким чином рециклінг («повторне використання») в будівництві є не тільки вимогою часу стосовно екологічності життя, а також враховуючи Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 р., підставою для використання параметризації з комерційною метою для розвитку будівельної галузі України.

Ключові слова: рециклінг, параметризація, міцність конструкцій, конструктивно-технологічні показники.

Parametrization of construction objects according to the requirements of recycling

Hanna Shpakova

Kyiv National University of Construction and Architecture,
shpakova.a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2124-0815>

The article is devoted to the analysis of construction objects parameters' groups, which affect initially on the terms of construction, and then subsequent exploitation, possible reconstruction and demolition. Parametrization is an element of the process system analysis, which is to distinguish the essential operating factors, their description and qualitative evaluation of the parameters obtained. In modern life, the notion of "parametrization" is considered as a mechanism of predicted (or rather, calculated) lifetime of the object at the project stage. In construction - it is the time of existence of a construction object with given structural and technological parameters: from the beginning of the erection to the moment of demolition.

When analyzing buildings and constructions of various functional purposes and architectural and design solutions, the following groups of parameters were allocated: according to the category

of responsibility, the category of capital construction structures, functional purpose (industrial, residential or social-household object, etc.), the estimated lifetime and other.

In parallel, the existing variants of construction waste's re-use in the modern domestic and foreign construction industry were considered for use in manufacturing of building materials, structures and products. It should be noted that the secondary raw material is not a complete building material, it has low strength, environmental and sanitary requirements, but has a relatively low cost (mostly abroad, where restrictions on the use of primary natural raw materials exist). Taking into account these features, the classification of building materials and constructions from secondary raw materials has been developed according to their constructive (strength, elasticity, plasticity), technological (monolithic, wear resistance, etc.) and operational (usage period, periodicity of maintenance, etc.).

As a result of classifying overlays, certain patterns were found in the use of materials and structures under given conditions. When determining the lifetime of a building object as a function $f(t)$, which depends on a number of functional (R_i), architectural and design parameters (P_k), etc., it should be noted that these parameters depend on the physical and mechanical materials' properties whose terms can be adjusted at the manufacturing stage $\{M_i, M_k \dots\} = f(t)$.

Thus, recycling ("reuse") in construction is not only a requirement of time regarding the environmental friendliness of life. Taking into account the National Strategy for Waste Management in Ukraine until 2030, recycling is the basis for the use of parametrization with a commercial purpose for the development of the construction industry in Ukraine.

Key words: recycling, parameterization, constructions' strength., structural and technological indicators.

Параметризация строительных объектов по требованиям рециклинга

Анна Шпакова

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
shpakova.a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2124-0815>

Доклад посвящен анализу групп параметров строительных объектов, влияющих на сроки их возведения, эксплуатации, возможной реконструкции и сноса. Параметризация – элемент системного анализа процесса, который заключается в определении значимых действующих факторов, их описании и качественной оценке полученных параметров.

При анализе спектра зданий и сооружений различного функционального назначения и архитектурно-конструктивных решений было выделено следующие группы параметров: по категории ответственности, категории капитальности строительных конструкций, функциональному назначению (промышленный, жилой или социально-бытовой объект и т.д.), расчетным срокам эксплуатации и другие.

Параллельно были рассмотрены существующие в современной отечественной и зарубежной строительной отрасли варианты использования строительных отходов в повторном использовании при изготовлении строительных материалов, конструкций и изделий. Следует отметить, что вторичное сырье не является полноценным строительным материалом, она имеет низкие показатели прочности, ограничения по применению по экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям, но имеет сравнительно низкую

стоимость (в основном за границей, где действуют ограничения на использование первичного природного сырья). Учитывая эти особенности, разработана классификация строительных материалов и конструкций из вторичного сырья по их конструктивными (прочность, упругость, пластичность), технологическими (монолитность, износостойкость и т.д.) и эксплуатационными (срок использования, периодичность текущего ремонта и т.д.) признакам.

В результате наложения классификаций были выявлены определенные закономерности в использовании материалов и конструкций в заданных условиях. При определении сроков эксплуатации строительного объекта как функции $f(t)$, которая зависит от целого ряда функциональных (P_i), архитектурно-конструктивных (P_k) параметров и т.д., следует заметить, что в свою очередь они зависят от физико-механических свойств материалов, срок эксплуатации которых может быть отрегулирован на стадии производства $\{M_i, M_k \dots\} = f(t)$.

Таким образом, рециклинг («повторное использование») в строительстве является не только требованием времени относительно экологичности производства, а учитывая Национальную стратегию управления отходами в Украине до 2030 г., может стать основанием для использования параметризации в коммерческих целях при развитии строительной отрасли Украины.

Ключевые слова: рециклинг, параметризация, прочность конструкций, конструктивно-технологические показатели.

Каркасне будівництво для багатоповерхових гаражів-стоянок

Леонід Скорук¹, Олександр Сібіковський²

^{1,2}Київський національний університет будівництва і архітектури

¹. leotanlist@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7362-1348

². Sibalexon@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3137-0667

Практикою будівництва доведено, що в найбільшому ступені для багатоповерхових гаражів-стоянок найбільш доцільні каркасні системи. До переваг, врахування яких необхідне при виборі принципів напрямків розвитку будівництва каркасних гаражів-стоянок можна віднести: можливість створення різноманітних об'ємно-планувальних рішень на базі мінімального набору конструкцій; практична можливість здійснення трансформації в процесі експлуатації споруди; найбільш ефективне використання високоміцних прогресивних матеріалів; придатність об'єктів до реконструкції з мінімальними затратами і ін.

Одним з відповідальних етапів в проектуванні гаражів-стоянок є вибір оптимальної конструктивної схеми. Величина пролітів, розміри кроку колон та корисна висота поверхів повинні бути прийнятими з урахуванням забезпечення зручного маневрування автомобіля в багатоповерховому гаражі-стоянці.

В основній масі в каркасах сітка колон 6х6, 9х6 і 12х6 м, що позбавляє їх необхідної планувальної гнучкості. Обмеженість розмірів пролітів в каркасах багатоповерхових споруд обумовлене великою конструктивною висотою ригелів. Так, при корисному навантаженні 1т/м² конструктивна висота перекриття при проліті 9 м складає 0,1 проліту, а при 12-ти метровому проліті займає ¼ висоти поверха.

Істотним недоліком в конструкціях типових каркасів є наявність консолей колон. По-перше, на їх влаштування необхідно 20..30% витрати металу колони. По-друге, значно погіршується інтер'єр приміщень і санітарно-гігієнічні умови експлуатації із-за наявності виступаючих частин. Спроба використання таких систем для споруд з сітками колон 9x9 чи 12x12 м і більше ведуть до різкого збільшення поперечних перерізів, а відповідно, і до збільшення витрат матеріалів. Окрім того, в цьому випадку стики ригелів з колонами завжди розміщені в зоні максимальних згинальних моментів і перерізуючи сил.

Шляхи вдосконалення окремих конструкцій каркасів, очевидно, повинні включати наступні заходи: в елементах каркасу необхідно використовувати більш сучасніші конструктивні форми, в тому числі і укрупнені конструкції; необхідно передбачити можливість використання конструктивної системи для широкого діапазону навантажень на перекриття і укрупненої сітки колон; каркасна система повинна володіти можливістю створення широкого діапазону об'ємно-планувальних і архітектурно-конструктивних рішень.

Зараз розробка конструктивних рішень каркасів багатоповерхових споруд ведеться методом проб і ґрунтується або на досвіді і інтуїції проектувальників, або на вдосконаленні і оптимізації існуючих елементів каркасу, проте ці вдосконалення не забезпечують вибору найбільш ефективних систем каркасів і раціональних конструктивних елементів.

Ключові слова: залізобетонні каркаси, багатоповерхові гаражі-стоянки.

Frame construction for multi-storey parking and garages

Leonid Skoruk¹, Olexander Sibikovsky²

^{1,2}Kyiv National University of Construction and Architecture

¹*leotanlist@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7362-1348*

²*Sibalexon@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3137-0667*

The practice of construction has shown that the most suitable frame systems are the most suitable for multi-storey parking garages. The advantages that should be taken into account when choosing the principal directions for the development of the construction of frame parking garages can be attributed: the possibility of creating various space-planning solutions based on a minimum set of designs; practical possibility of transformation in the process of operation of the structure; the most effective use of high-strength progressive materials; the suitability of reconstruction facilities with minimal costs, etc.

One of the crucial steps in the design of parking garages is the selection of the optimal design scheme. The size of the span, the size of the column pitch and the useful height of the floors should be taken in consideration of ensuring comfortable maneuvering of the car in a multi-storey garage-parking lot.

In the bulk in the frames of a grid of columns 6x6, 9x6 and 12x6 m, which deprives them of the necessary planning flexibility. The limited size of the span in the skeletons of multi-storey buildings is due to the large structural height of the crossbars. So, with a payload of 1t / m², the constructional height of the overlap at a span of 9 m is 0.1 span, and at a 12-meter span it occupies ¼ of the height of the floor.

A significant disadvantage in the construction of standard frames is the presence of consoles of columns. First, their devices need 20...30% of the metal consumption of the column. Secondly, the interior of premises and sanitary-hygienic conditions of operation considerably worsen because of the presence of protruding parts. Attempting to use such systems for buildings with a grid of 9x9 or 12x12 m columns leads to a sharp increase in cross sections, and, accordingly, to an increase in the consumption of materials. In addition, in this case the joints of crossbars with columns are always in the zone of maximum bending moments and cutting forces.

The ways to improve the individual structures of the carcasses must obviously include the following measures: in the frame elements it is necessary to use more modern structural forms, including enlarged constructions; it is necessary to provide for the possibility of using a structural system for a wide range of loads on overlaps and an enlarged grid of columns; the skeleton system must have the ability to create a wide range of space-planning and architectural-constructive solutions.

Now the development of structural solutions of multi-storey structures is carried out by the trial method and is based either on the experience and intuition of the designers or on the improved and optimization of the existing framework elements, however these improvements do not provide a choice of the most efficient framing systems and rational structural elements.

Key words: reinforced concrete frames, multi-storey parking and garages.

Каркасное строительство для многоэтажных гаражей-стоянок

Леонид Скорук¹, Александр Сибиковский²

^{1,2}Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹*leotanlist@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7362-1348*

²*Sibalexon@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3137-0667*

Практикой строительства доказано, что в наибольшей степени для многоэтажных гаражей-стоянок наиболее целесообразные каркасные системы. К преимуществам, учет которых необходим при выборе принципиальных направлений развития строительства каркасных гаражей-стоянок можно отнести: возможность создания различных объемно-планировочных решений на базе минимального набора конструкций; практическая возможность осуществления трансформации в процессе эксплуатации сооружения; наиболее эффективное использование высокопрочных прогрессивных материалов; пригодность объектов реконструкции с минимальными затратами и др.

Одним из ответственных этапов в проектировании гаражей-стоянок является выбор оптимальной конструктивной схемы. Величина пролета, размеры шага колонн и полезная высота этажей должны быть приняты с учетом обеспечения удобного маневрирования автомобиля в многоэтажном гараже-стоянке.

В основной массе в каркасах сетка колонн 6x6, 9x6 и 12x6 м, что лишает их необходимой планировочной гибкости. Ограниченность размеров пролета в каркасах многоэтажных сооружений обусловлено большой конструктивной высотой ригелей. Так, при полезной нагрузке 1т / м² конструктивная высота перекрытия при пролете 9 м составляет 0,1 пролета, а при 12-ти метровом пролет занимает ¼ высоты этажа.

Существенным недостатком в конструкциях типовых каркасов является наличие консолей колонн. Во-первых, на их устройство необходимо 20...30% расхода металла колонны. Во-вторых, значительно ухудшается интерьер помещений и санитарно-гигиенические условия эксплуатации из-за наличия выступающих частей. Попытка использования таких систем для зданий с сетками колонн 9x9 или 12x12 м и более ведут к резкому увеличению поперечных сечений, а соответственно, и к увеличению расхода материалов. Кроме того, в этом случае стыки ригелей с колоннами всегда находятся в зоне максимальных изгибающих моментов и перерезая сил.

Пути совершенствования отдельных конструкций каркасов, очевидно, должны включать следующие мероприятия: в элементах каркаса необходимо использовать более современные конструктивные формы, в том числе и укрупненные конструкции; необходимо предусмотреть возможность использования конструктивной системы для широкого диапазона нагрузок на перекрытия и укрупненной сетки колонн; каркасная система должна обладать возможностью создания широкого диапазона объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных решений.

Сейчас разработка конструктивных решений каркасов многоэтажных сооружений ведется методом проб и основывается либо на опыте и интуиции проектировщиков, или на усовершенствованные и оптимизации существующих элементов каркаса, однако эти усовершенствования не обеспечивают выбора наиболее эффективных систем каркасов и рациональных конструктивных элементов.

Ключевые слова: железобетонные каркасы, многоэтажные гаражи-стоянки.

«Екологізація» будівництва на засадах параметризації будівельної продукції

Андрій Шпаков¹, Ірина Глущенко²

^{1,2}Київський національний університет будівництва та архітектури

¹*shpakov.a@gmail.com*, <https://orcid.org/0000-0002-7498-4271>

Пріоритетні загальноекономічні та політичні аспекти розвитку економіки, втім як і напрямки розвитку будівельної галузі, більшості країн, визначаються світовими лідерами, серед яких чинне місце посідають США, Японія, ФРН, Франція, Великобританія. Країни, які прагнуть мати економічну безпеку на світовій арені, пильно стежать за тенденціями розвитку будівельного сектора економіки цих країн з метою визначення прогнозів та розробки перспективних планів.

Враховуючи світову практику придбання підприємцями, які отримують прибуток на вкладений капітал на даній території, нерухомості у власність або довгострокову оренду (як правило, на пільгових умовах оподаткування), що суттєво поповнює місцеві бюджети і забезпечує інвестування подальшого розвитку території, слід відзначити перспективність напрямку «екологізації». На Заході вже пройшла пора «егоїстичного розвитку» промисловості, сільського господарства і виробничої інфраструктури. Будівництво всіх об'єктів, пов'язаних з природокористуванням, поставлено в жорсткі законодавчі й економічні рамки. Тому ефективність самого процесу будівництва, виробничо-технологічних параметрів промислових, транспортних і інших об'єктів в майбутньому базуватиметься на

пріоритетному використанні екологічно безпечних матеріалів і технологій (у першу чергу безвідходних), а також на проектуванні і зведенні об'єктів, виходячи з раціонального і безпечного використання земельних, водних і енергетичних ресурсів. На сьогодні вартість «зелених» технологій в Україні є високою, що суперечить основним вимогам будівельного бізнесу: мінімальна вартість об'єкту, термін зведення та експлуатаційні витрати. Узгодити та поєднати ці параметри можна в тому числі за допомогою параметризації на етапі проектування. Параметризація надає можливість створювати дешеві будівельні об'єкти з запланованим експлуатаційним терміном. Її ефективність визначається прогресом у царині створення будівельних матеріалів та прикладного матеріалознавства, а також інтенсивністю освоєння світових технологій переробки вторинної сировини, що сприятиме вирішенню проблем утилізації промислових відходів.

В цьому аспекті українським будівельним компаніям доцільно врахувати особливості екологічної ситуації в країні, зростаючі обсяги будівельного сміття, посилення штрафних санкцій до технологій з первинним природокористуванням і починати освоювати нові «чисті» технології, базуючись на перевагах параметризованих показників будівельної продукції в залежності від її функціонального призначення.

Ключові слова: параметризація, «зелені» технології, “екологізація” будівництва, конструктивно-технологічні показники.

“Greening” of construction on the basis of parametrization of building products

Andrii Shpakov¹, Irina Glushchenko²

^{1,2}Kyiv National University of Construction and Architecture

¹*shpakov.a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7498-4271>*

Priority general economic and political aspects of economic development, however, as well as the directions of the construction industry development, in most countries, are determined by world leaders, among which the United States, Japan, Germany, France and Great Britain occupy a significant place. Countries that aspire to have economic security on the world stage, closely follow the development economy trends of the construction sector in these countries in order to forecast and develop long-term plans.

Taking into account the world practice of acquiring by entrepreneurs who profit on invested capital in a given territory, real estate ownership or long-term lease (usually on preferential taxation terms), which significantly replenishes local budgets and provides investment inflows for the further development of the territory. It should be noted the promise of the "Greening" direction. The West has already passed the period of "selfish development" of industry, agriculture and industrial infrastructure. The construction of all facilities related to the use of natural resources is placed in a strict legislative and economic framework. Therefore, the efficiency of the construction process itself, the production and technological parameters of industrial, transportation and other facilities in the future will be based on the priority use of environmentally friendly materials and technologies (primarily wasteless), as well as on the design and construction of facilities, based on the rational and safe use of land, water and energy resources. Today, the cost of "green" technology in Ukraine is very high, which contradicts the basic requirements of the construction business: the minimum cost of the facility, the period of construction and maintenance costs. The parameters can be

coordinated and combined by means of parametrization at the design stage. Parametrization allows the creation of cheap construction objects with a planned operational period. Its effectiveness is determined by progress in the field of building materials and applied materials science, as well as the development intensity of world recycling technologies that will help solve industrial waste disposal problems.

In this aspect, it is advisable for Ukrainian construction companies to take into account the environmental situation in the country, the growing volume of construction debris, the strengthening of penalties for technologies with primary use of natural resources and begin to develop new "clean" technologies based on the specified parametrized indicators of construction products, depending on its functional purpose.

Key words: parameterization, "green" technologies, "greening" of construction, constructions' strength, structural and technological indicators.

«Экологизация» строительства на основе параметризации строительной продукции

Андрей Шпаков¹, Ирина Глущенко²

^{1,2}Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹ *shpakov.a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2124-0815>*

Приоритетные общеэкономические и политические аспекты развития экономики, впрочем как и направления развития строительной отрасли, в большинстве стран, определяются мировыми лидерами, среди которых значимое место занимают США, Япония, ФРГ, Франция, Великобритания. Страны, которые стремятся иметь экономическую безопасность на мировой арене, пристально следят за тенденциями развития строительного сектора экономики этих стран с целью прогнозирования и разработки перспективных планов.

Учитывая мировую практику приобретения предпринимателями, которые получают прибыль на вложенный капитал на данной территории, недвижимости в собственность или долгосрочную аренду (как правило, на льготных условиях налогообложения), которая существенно пополняет местные бюджеты и обеспечивает инвестиционные вливания в дальнейшее развитие территории, следует отметить перспективность направления «экологизации». На Западе уже прошла пора «эгоистического развития» промышленности, сельского хозяйства и производственной инфраструктуры. Строительство всех объектов, связанных с природопользованием, поставлена в жесткие законодательные и экономические рамки. Поэтому эффективность самого процесса строительства, производственно-технологических параметров промышленных, транспортных и других объектов в будущем будет базироваться на приоритетном использовании экологически безопасных материалов и технологий (в первую очередь безотходных), а также на проектировании и возведении объектов, исходя из рационального и безопасного использования земельных, водных и энергетических ресурсов. На сегодняшний день стоимость «зеленых» технологий в Украине очень высока, что противоречит основным требованиям строительного бизнеса: минимальная стоимость объекта, срок возведения и эксплуатационные расходы. Согласовать и объединить эти параметры можно в том числе с помощью параметризации на этапе проектирования. Параметризация позволяет создавать дешевые строительные объекты с

запланированным эксплуатационным сроком. Ее эффективность определяется прогрессом в области создания строительных материалов и прикладного материаловедения, а также интенсивностью освоения мировых технологий переработки вторичного сырья, что будет способствовать решению проблем утилизации промышленных отходов.

В этом аспекте украинским строительным компаниям целесообразно учесть особенности экологической ситуации в стране, растущие объемы строительного мусора, усиление штрафных санкций к технологиям с первичным природопользованием и начинать осваивать новые «чистые» технологии, основываясь на задаваемых параметризованных показателях строительной продукции в зависимости от ее функционального назначения.

Ключевые слова: параметризация, «зеленые» технологии, «экологизация» строительства, конструктивно-технологические показатели.

Стійкість колон каркасних будівель проти прогресуючого руйнування

Володимир Кріпак¹, Роман Давиденко²

Київський національний університет будівництва і архітектури

¹. kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ². davydenko_roman@bigmir.net

Згідно [ДБН В 2.2-24:2009] для всіх багатопверхових будівель при проектуванні рекомендується виконувати оцінку стійкості конструктивної схеми прогресуючому руйнуванню (обваленню). У якості локального (гіпотетичного) обвалення для каркасної будівлі норми рекомендують розглядати видалення колони (пілона) одного (будь-якого) поверху будинку та обвалення ділянки перекриття одного поверху на площі локального обвалення, величина якої нормується. Величина деформацій і ширина розкриття тріщин у конструкціях не регламентується.

Для оцінки стійкості вертикальних елементів каркасного будинку, для першого випадку локального обвалення, проведені числові дослідження 30-ти поверхової будівлі каркасного типу з використанням ПК ЛИРА-САПР 2015(R1).

Задачами проведеного дослідження являлися:

1. Аналіз поведінки каркасної будівлі при поетапному видаленні з роботи колон, розташованих в характерних зонах плану будинку.
2. Визначення розташування найбільш «небезпечних» колон, які можуть послідовно виключатися з роботи при прогресуючому руйнуванні.
3. Аналіз впливу на перерозподіл зусиль в колонах включення в конструктивну схему будинку балок по осях колон, існуючих перегородок та жорстких (аутригер них) поверхів.

Варіювались кроки колон каркасу, місця розташування колон, які виключалися з роботи, та ряд інших параметрів.

Основні результати та висновки по роботі.

1. Виявлені найбільш небезпечні місця розташування видалених колон в плані та по висоті будинку. Такими являються крайні та кутові колони першого поверху.

2. Колони висотних будівель мають значний резерв стійкості проти прогресуючого обвалення за рахунок запасу по навантаженнях і міцності матеріалів (використовуються різні коефіцієнти γ_n та γ_m і не нормуються деформації).

3. Суттєвий резерв стійкості будівлі проти обвалення знаходиться в використанні цегляних міжкімнатних та міжквартирних перегородок.

4. Встановлені граничні межі кроків вертикальних елементів для будівель з різної відповідальності, при яких прогресуюче обвалення не є критичним.

5. Найбільш слабким місцем для першого випадку обвалення є елементи перекриття над видаленою колоною.

6. В стиках плит перекриття з колонами рекомендується передбачати встановлення спеціальних анкерних стержнів

Ключові слова: стійкість, залізобетонний каркас, колони, прогресуюче обвалення.

The stability of columns frame buildings against the progressive destruction of the

Vladimir Kripak¹, Roman Davydenko²

Kyiv National University of construction and architecture,

¹ kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ² davydenko_roman@bigmir.net

According to [DBN 2.2-24:2009] for all high-rise buildings during design process is recommended to carry out an assessment of the stability of the design scheme for progressive destruction (collapse). As a local (hypothetical) collapse for frame building standards recommend considering deleting column (pylons) for one (any) floor of the building and collapse the plots overlap one floor on the area of the local caving that is standardized. The magnitude of the deformation and the width of the disclosure of the cracks in the structures is not regulated. To assess the sustainability of the vertical elements of frame buildings in the first case of local caving was conducted numerical research of the 30-story frame type building by using software LIRA CAD-2015 (R1).

Next tasks were carried out during research:

1. Analysis of the behavior of a frame building in a phased removal of columns arranged in specific areas of the plan of the building.

2. Determine the location of the most "dangerous" columns which can be consistently excluded from work at the progressive destroy.

3. An analysis of the effect on redistribution efforts in the columns during inclusion in the design scheme of building beams on the axes of columns, existing partitions and solid (outrigger) floors.

4. The steps of columns frame, location of columns which means work and a number of other options were changing during the work process.

The main results and conclusions of the work.

1. Found the most dangerous location of the deleted column in the plan and elevation of the house. These are extreme and corner columns of the first floor.

2. Columns of tall buildings have a considerable reserve of stability against progressive collapse due to reserve by loads and strength of materials (different γ_n and γ_m and not is strain).

3. A significant reserve of stability of the building against collapse is used in brick interiors and interiors partitions..

4. Set maximum limits of steps vertical elements for buildings with different responsibilities, in which the progressive collapse is not critical.

5. The most weak point for the collapse is elements overlap over the deleted column.

6. At joints of slabs with columns is recommended to envisage the establishment of special anchor rods

Key words: life, reinforced concrete frame, columns, a progressive collapse.

Устойчивость колонн каркасных зданий против прогрессирующего разрушения

Владимир Крипак¹, Роман Давиденко²

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹. kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ². davydenko_roman@bigmir.net

В соответствии с [ДБН В 2.2-24:2009] для всех многоэтажных зданий при проектировании рекомендуется выполнять оценку стойкости конструктивной схемы на прогрессирующее обрушение. В качестве локального (гипотетического) обрушения для каркасного здания нормы рекомендуют рассматривать удаление колонны (пилона) одного (любого) этажа здания и обрушения участка перекрытия одного этажа на площади локального обрушения, величина которой нормируется. Величина деформаций и ширина раскрытия трещин в конструкциях не регламентируется.

Для оценки стойкости вертикальных элементов каркасного здания, для первого случая локального обрушения, проведены численные исследования 30-ти этажного здания каркасного типа с использованием ПК ЛИРА-САПР 2015(R1).

Задачами проведенного исследования являлись:

1. Анализ поведения каркасного здания при поэтапному удалению из работы колонн, расположенных в характерных зонах плана здания, которые які могут последовательно выключаться из работы при прогрессирующему разрушению.

2. Анализ влияния на перераспределение усилий в колоннах введения и учета в конструктивной схеме здания балок по осям колонн, существующих перегородок и жестких этажей (аутригерных).

Варьировались шаги колонн каркаса, места расположения колонн, которые выключались из работы, и ряд других параметров.

Основные результаты и выводы по работе.

1. Выявлены самые опасные места расположения удаленных колонн в плане и по высоте здания. Такими являются крайние и угловые колонны первого этажа.

2. Колонны высотных зданий имеют существенный резерв стойкости против прогрессирующего обрушения за счет запаса по нагрузкам и прочности материалов (используются разные коэффициенты γ_n и γ_m и не нормуются деформации).

3. Существенный резерв стойкости здания против обрушения находится в использовании кирпичных междукомнатных и междуквартирных перегородок.

4. Выявлены граничные шаги вертикальных элементов для зданий разного уровня класса ответственности, при которых прогрессирующее обрушение не является критичным.

5. Наиболее слабым местом для первого случая обрушения являются элементы перекрытий над удаленной колонной.

6. В стыках плит перекрытий с колоннами рекомендуется предусматривать постановку специальных анкерных стержней.

Ключевые слова: стойкость, железобетонный каркас, колонны, прогрессирующее обрушение.

Чисельне моделювання процесу руйнування залізобетонних балок монолітного огородження та розрахунок його посилення вуглецевими матеріалами

**Володимир Чирва¹, Олександр Панченко², Тетяна Чирва³,
Андрій Савченко⁴, Катерина Романенко⁵**

¹ ТОВ «Придніпров'я», ² ТОВ «Сіка Україна»,

³ Київський національний університет будівництва та архітектури,

⁴ ТОВ «Придніпров'я», ⁵ Криворізький національний університет

¹vlad.chyrva@gmail.com, ³tetyana.chyrva@gmail.com, <https://orcid.0000-0002-6657-5443>

⁴pridnepr.pr@gmail.com, ⁵renkr83@gmail.com, <https://orcid.0000-0003-2861-5595>

На стадії будівництва багатопверхового будинку в м. Київ на залізобетонних балках монолітного огородження з'явилися тріщини. Варто зауважити, що причина їх виникнення забудовником не була з'ясована. Тому авторами представленої доповіді були висунуті й змодельовані в програмному комплексі "ЛИРА 2013" деякі припущення щодо їх появи.

Метою досліджень було визначення напружено-деформованого стану (ширини розкриття тріщин та прогинів конструкцій), порівняння отриманих результатів з фактичними даними та надання рекомендацій щодо ремонтних заходів.

Аналізуючи можливі причини виникнення дефектів та дійсних прогинів балок авторами представленої доповіді було зроблено припущення, що підпірні стойки опалубки ригелів були зняті до бетонування парапетів та набору міцності бетону, а проектну міцність бетон набрав після отримання прогинів та утворення тріщин. Швидкість набору міцності та швидкість росту модуля пружності бетону однакові, але на момент утворення тріщин та надлишкових прогинів міцність та, відповідно, значення модуля пружності невідоме. Для подальшого моделювання з метою визначення напружено-деформованого стану було прийнято 15% значення модуля пружності від нормативного.

В результаті розрахунку отримані наступні значення переміщень.

Край балки №36 Δ верт = -14.2727 мм.

Край балки №37 Δ верт = -8.27138 мм.

Отримані розрахункові результати звірені з фактичними даними та підтверджують наведену вище гіпотезу і дозволяють визначити необхідні місця установки елементів підсилення із вуглепластикових ламелей.

Виходячи із аналізу напружено-деформованого стану (ширини розкриття тріщин та прогинів конструкцій) рекомендується виконати посилення розтягнутих зон балок, колони та парапетів наклеюванням вуглепластикових ламелей із попереднім надійним закриттям тріщин методом ін'єктування тиксотропними епоксидними смолами.

Ключові слова: руйнування, моделювання, посилення

Numerical simulation of the monolithic fencing reinforced concrete beams demolition process and calculation of its reinforcement with carbonaceous materials

***Volodymyr Chyrva¹, Oleksandr Panchenko², Tetyana Chyrva³,
Andriy Savchenko⁴, Katerina Romanenko⁵***

¹ TOV "Pridniprov'ya", ² TOB «Сіка Україна»,

³ Kyiv National University of Construction and Architecture,

⁴ TOV "Pridniprov'ya", ⁵ Kryvyi Rih national university

¹vlad.chyrva@gmail.com, ³tetyana.chyrva@gmail.com, <https://orcid.0000-0002-6657-5443>

⁴pridnepr.pr@gmail.com, ⁵renkr83@gmail.com, <https://orcid.0000-0003-2861-5595>

At the construction stage of a multistory building in Kyiv cracks appeared on the reinforced concrete beams of monolithic fencing. It should be noted that the cause of their appearance has not been clarified by the developer. Therefore, the authors of the following article put forward and modeled some assumptions about their appearance in the software complex "LIRA 2013".

The purpose of the research is determination of the stress-strain state (width of the crack opening and structural deflection), comparison the results with the actual data and providing recommendations for repair measures.

By analyzing the possible causes of defects and actual deflection of beams, the authors of the report presented the assumption that the retaining racks of the girth rail formwork were removed before the parapets concreting and the concrete strengthening, and the design strength of the concrete was gained after deflections and cracks emerging. The strengthening speed and the growth rate of the concrete elastic modulus are the same, but at the time of the formation of cracks and excess deflections, the strength and, accordingly, the value of the elastic modulus are unknown. For further modeling for determination of the stress-strain state, 15% of the normative elastic modulus value was taken.

As a result of calculation the following values of displacements are obtained.

Edge of beam № 36 $\Delta_{vert} = -14.2727$ mm.

Edge of beam № 37 $\Delta_{vert} = -8.27138$ mm.

The calculated results are checked against the actual data and confirm the above hypothesis and allow to determine the necessary places for installing reinforcement elements from carbon fiber lamellae.

Based on the analysis of the stress-strain state (the width of the crack opening and the deflection of structures), it is recommended to reinforce the stretched zones of beams, columns and parapets by gluing the carbon-fiber lamellae with the preliminary reliable cracking by the injection method with thixotropic epoxy resins.

Key words: fencing, simulation, demolition process

Численное моделирование процесса разрушения железобетонных балок монолитного ограждения и расчет его усиления углеводными материалами

***Владимир Чирва¹, Александр Панченко², Татьяна Чирва³,
Андрей Савченко⁴, Екатерина Романенко⁵***

¹ TOB «Приднепровье», ² TOB «Сика Украина»,

³ Киевский национальный университет строительства и архитектуры,

⁴ TOB «Приднепровье», ⁵ Криворожский национальный университет

¹vlad.chyrva@gmail.com, ³tetyana.chyrva@gmail.com, <https://orcid.0000-0002-6657-5443>
⁴pridnepr.pr@gmail.com, ⁵renkr83@gmail.com, <https://orcid.0000-0003-2861-5595>

На стадії строительства багатоэтажного здания в г. Киев на железобетонных балках монолитного ограждения появились трещины. Следует заметить, что причина их возникновения застройщиками установлена не была. Поэтому авторами представленного доклада были предложены и смоделированы в программном комплексе “ЛИРА 2013” некоторые допущения их возникновения.

Целью исследования было определение напряженно-деформированного состояния (ширины раскрытия трещины и прогибов конструкций), сравнение полученных результатов с фактическими данными и предоставление рекомендаций по ремонтным мероприятиям.

Анализируя возможные причины возникновения дефектов и реальных прогибов балок, авторами данного доклада были сделаны предположения, что подпорные стойки опалубки ригелей были сняты до бетонирования парапетов и набора прочности бетона, а проектную прочность бетон набрал после получения прогибов и образования трещин. Скорость набора прочности и скорость роста модуля упругости бетона одинаковые, но в момент образования трещин и избыточных прогибов прочность и, соответственно, значения модуля упругости неизвестны. Для дальнейшего моделирования с целью определения напряженно-деформированного состояния было принято 15% значения модуля упругости от нормативного.

В результате расчета получены следующие значения перемещений.

Края балки №36 Δ верт= -14.2727 мм.

Края балки №37 Δ верт= -8.27138 мм.

Полученные расчетные данные сопоставлены с фактическими данными и подтверждают приведенную выше гипотезу и позволяют определить необходимые места установки элементов усиления из углепластиковых ламелей.

Исходя из анализа напряженно-деформированного состояния (ширины раскрытия трещин и прогибов конструкций) рекомендуется выполнить усиление растянутых зон балок, колони и парапетов наклеиванием углепластиковых ламелей с предварительно надежным закрытием трещин методом инъектирования тиксотропными эпоксидными смолами.

Ключевые слова: разрушение, моделирование, усиление

Інноваційні технології реконструкції мостів Sika на прикладі реабілітації автомігстралі М06 «Київ-Чоп»

Олександр Панченко¹, Юрій Собко², Анатолій Сінякін³

¹ТОВ «Сіка Україна», Panchenko.Aleksandr@ua.sika.com,

² Національний університет «Львівська політехніка», Sobko.Yuriy@ua.sika.com,

³ Харківський державний технічний університет будівництва і архітектур,
Sinyakin.Anatoliy@ua.sika.com

Доповідь присвячена досвіду використання інноваційних технологій реконструкції мостів і шляхопроводів на автомобільних шляхах України.

Впродовж останніх двадцяти років інноваційні технології ремонту і реконструкції мостів та шляхопроводів Sika успішно впроваджуються і широко використовуються у мостобудівництві України. Південний міст і міст «Метро» у м. Києві, Амурський міст і міст №2 у м. Дніпрі, пішохідні мости в Києві, мостовий перехід по греблі Каховського водосховища, мости через р. Латориця у м. Сваляві й м. Мукачеве, міст №1 через р. Дніпро

в м. Дніпрі, шляхопровід в с. Вістова Івано-Франківської області, шляхопровід через залізницю «Каравасві Дачі» у м. Києві, аварійний шляхопровід на обході м. Вінниці, під'їзні естакади аеропортів Бориспіль і Донецьк, міський шляхопровід у складі транспортної розв'язки по просп. Червоної Калини у м. Львові, міст через р. Сіверський Донець в рамках проекту ЄС з відновлення моста, який був підірваний, більше 170 мостів і шляхопроводів на автомагістралях міжнародного значення М06, М05, М03 та багато інших - це реальні об'єкти, де були використані, перевірені і знаходяться під постійним доглядом протягом принаймні 10-ти останніх років якості і надійності матеріалів і технічних рішень Sika, які використовуються для мостів і шляхопроводів.

В даній статті описаний досвід використання інноваційних технологій і матеріалів фірми Sika на прикладі реконструкції/ремонті мостів і шляхопроводів на автомагістралі міжнародного значення М06 «Київ-Чоп».

Ключові слова: ремонт, реконструкція, інноваційні технології, мости, шляхопроводи.

Innovative Sika's technologies of bridges reconstruction by rehabilitation of M06 "Kyiv-Chop" highway

Alexander Panchenko¹, Yuriy Sobko², Anatoly Sinyakin³

¹ Sika Ukraina LLC , Panchenko.Aleksandr@ua.sika.com,

² National University "Lviv Polytechnic", Sobko.Yuriy@ua.sika.com,

³ Kharkiv State Technical University of Construction and Architecture, Sinyakin.Anatoliy@ua.sika.com

The report is devoted to the experience of using innovative technologies for the reconstruction of bridges and overpasses on Ukrainian highways.

Over the past twenty years, Sika's innovative technologies for the repair and reconstruction of bridges and overpasses have been successfully implemented and widely used in bridge construction in Ukraine. Southern bridge and "Metro Bridge" in Kyiv, Amur bridge and bridge # 2 in the city of Dnipro, pedestrian bridges in Kiev, bridge crossing on the dam of the Kakhovka Electric Power Station, bridges across the river Latoritsa in Svalyava and Mukacheve City, the bridge №1 across the Dnipro River in the City of Dnipro, the bridge in the Vistova village Ivano-Frankivsk region, bridge through the Karavaiv Dachi railway in Kyiv, emergency overpass on the bypass of Vinnytsia, access ramps of Boryspil and Donetsk airports, city overpass in the traffic interchange on the Chervonoï Kalyny Prospect in Lviv, a bridge across the river Siversky Donets in the framework of the EU project on the reconstruction of the bridge that was blown up, more than 170 bridges and overpasses on international importance roads M06, M05, M03 and many others are real objects where have been used, tested and under constant care for at least the past 10 years, the quality and reliability of Sika materials and technical solutions used for bridges and overpasses.

This article describes the experience of using Sika's innovative technologies and materials on an example of the reconstruction/repair of bridges and overpasses on the international importance highway M06 "Kyiv-Chop".

Key words: repair, reconstruction, innovative technologies, bridges, overpasses.

Иновационные технологии реконструкции мостов Sika на примере реабилитации автомагистралей М06 «Киев-Чоп»

Александр Панченко¹, Юрий Собко², Анатолий Синякин³

¹ ТОВ «Сика Україна», Panchenko.Aleksandr@ua.sika.com,

²Национальный университет «Львовская политехника», Sobko.Yuriy@ua.sika.com,
³Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры,
Sinyakin.Anatoliy@ua.sika.com

Доклад посвящен опыту использования инновационных технологий реконструкции мостов и путепроводов на автомобильных дорогах Украины.

В течение последних двадцати лет инновационные технологии ремонта и реконструкции мостов и путепроводов Sika успешно внедряются и широко используются в мостостроении Украины. Южный мост и мост «Метро» в г. Киеве, Амурский мост и мост №2 в г. Днепре, пешеходные мосты в Киеве, мостовой переход по плотине Каховского водохранилища, мосты через р. Латорица в г. Сваляве и м. Мукачево, городов №1 через р. Днепр в г. Днепре, путепровод в с. Вестовая Ивано-Франковской области, путепровод через железную дорогу «Караваевы Дачи» в г. Киеве, аварийный путепровод на обходе г. Виннице, подъездные эстакады аэропортов Борисполь и Донецк, городской мост в составе транспортной развязки по просп. Красной Калины в м. Орел, мост через р. Северский Донец в рамках проекта ЕС по восстановлению моста, который был взорван, более 170 мостов и путепроводов на автомагистралях международного значения М06, М05, М03 и многие другие - это реальные объекты, где были использованы, проверены и находятся под постоянным присмотром в течение по крайней мере 10-ти последних лет качество и надежность материалов и технических решений Sika, которые используются для мостов и путепроводов.

В данной статье описан опыт использования инновационных технологий и материалов фирмы Sika на примере реконструкции / ремонта мостов и путепроводов на автомагистрали международного значения М06 «Киев-Чоп».

Ключевые слова: ремонт, реконструкция, инновационные технологии, мосты, путепроводы.

Ефективні монолітні перекриття з порожнистими вкладишами

Володимир Кріпак¹, Роман Антонов²

Київський національний університет будівництва і архітектури

¹ kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ² roman@ankon.com.ua

Проблема зниження маси перекриттів в багатопверхових будівлях є важливою і актуальною. Для зниження маси перекриттів, що зводяться з монолітного бетону, в ряді країн широко застосовують перекриття ефективних конструктивних форм. Наприклад, у багатьох європейських країнах будують монолітні кесонні перекриття з елементами у вигляді пустотілих бетонних блоків, пластикових елементів різноманітної форми і т.п., що залишаються в товщі конструкції плити. Ці елементи відіграють роль незнімної опалубки, формуючи простір для отримання кесонної структури з монолітного бетону, заповнюють частину конструкції перекриття, одночасно утворюючи пустоти і зменшуючи масу перекриттів.

Принцип утворення пустот в перекритті не новий, але в сучасному будівництві він має суттєві відмінності від відомих і інші способи реалізації. Використовують різні варіанти утворення багато порожнистих плит для вирішення різних конструктивних задач:

1. Розташування пустотоутворювачів в одному напрямку (однопролітна схема роботи);
2. Розташування пустотоутворювачів в двох напрямках (двопролітна, перехресна схема роботи);

3. Утворення в тілі плити в зоні спирання на вертикальні елементи ділянок плит без порожнин (утворення умовних капітелей).

Принцип та характер роботи всіх варіантів схожий, але є відмінності у технології виробництва, засобах реалізації та отриманих результатах.

Для аналізу напружено деформованого стану перекриття з порожнинами розроблена багатоелементна розрахункова модель (умовно “точна”) з використанням програмного комплексу “SCAD OFFICE”. Проведений порівняльний аналіз між перекриттям в традиційному виконанні, у вигляді безбалкового монолітного перекриття товщиною 200 мм, та перекриттям з порожнистими вкладишами на конкретному проектному об’єкті.

Порівняння витрат матеріалів на 1 м² плану плити перекриття у безбалочному та багатопорожнистому виконанні наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Показники на 1м ² плану плити	Тип перекриття	
	Безбалкове	Багатопорожнисте
Витрати сталі , кг	27,3	24,4
Об’єм бетону, м ³	0,2	0,135
Власна вага, кг	510	332

З даних, наведених у порівняльній таблиці видно, що перекриття з порожнинами має ряд переваг, а саме: потребує на 0,07 м³ менше бетону; має меншу вагу на 178 кг; на 11% менше вимагає сталі для армування; жорсткість плити з порожнинами в 1,5 рази перевищує жорсткість звичайної плити.

Ключові слова: плита з вкладишами, залізобетонні перекриття, армування, порожниноутворювачі

Effective multi void reinforced concrete slabs

Volodymyr Kripak¹, Roman Antonov²

Kyiv National University of Construction and Architecture

¹. kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ². roman@ankon.com.ua

The problem of reducing the mass of overlappings in high-rise buildings is important and relevant. To reduce the mass of overlappings, which are reduced from monolithic concrete, in a number of countries widely used overlappings of effective structural forms. For example, in many European countries, they build monolithic caisson overlappings with elements in the form of hollow concrete blocks, plastic elements of various shapes, etc., which remain in the thickness of the plate design. These elements play the role of irremovable formwork, forming the space for the receipt of the caisson structure of the monolithic concrete, fill the part of the structure of the ceiling, simultaneously forming voids and reducing the mass of overlappings.

The principle of the formation of void in the overlap is not new, but in modern construction, it has significant differences from the known and other ways of realization. Use of various variants of use of multivoid slabs for solving various constructive tasks:

1. Location of voidformers in one direction (single-span diagram of work);
2. Location of voidformers in two directions (two-flow scheme of work);

3. Formation in the body of the plate in the zone of reliance on the vertical elements of sections of plates without cavity (the formation of conditional capitals).

The principle and nature of the work of all variants is similar, but there are differences in the technology of production, means of implementation and the results.

A multi-element calculation model (conventionally "exact") was developed for the analysis of a highly deformed state of overlap with cavities using the software complex "SCAD OFFICE". Conducted a comparative analysis between the overlap in the traditional design, in the form of a non-fringed monolithic overlap of 200 mm thick, and overlapping with voidformers on a specific project site.

Comparison of the cost of materials per 1 m² of the slab floor plan in a non-bulk and multi-cavity performance is given in Table 1.

Table 1.

Indicators for 1m ²	Type of overlap	
	Flat (traditional)	Multiviod
Steel consumption, kg	27,3	24,4
Amount of concrete, m ³	0,2	0,135
Own weight, kg	510	332

From the data given in the comparative table it is clear that the overlap with cavities has several advantages, namely: it needs 0.07 m³ less concrete; has a lower weight of 178 kg; 11% less steel requires reinforcement; the rigidity of the plate with cavities in 1,5 times exceeds the rigidity of the usual plate.

Keywords: plate with viods, reinforced concrete overlap, modeling, reinforcement, cavity formers.

Эффективные монолитные перекрытия с пустотными вкладышами

Владимир Крипак¹, Роман Антонов²

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹. kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ². roman@ankon.com.ua

Проблема снижения массы перекрытий в многоэтажных зданиях является важной и актуальной. Для снижения массы перекрытий, которые изготавливают из монолитного бетона, в ряде стран широко используют перекрытия эффективных конструктивных форм. Например, во многих европейских странах возводят монолитные кессонные перекрытия с элементами в виде пустотелых бетонных блоков, пластиковых элементов различной формы и т.п., которые остаются в массиве конструкции плиты. Эти элементы играют роль несъемной опалубки, формируя простор кессонной структуры из монолитного бетона, заполняя часть конструкции перекрытия, одновременно создавая пустоты и уменьшая массу перекрытий.

Принцип создания пустот в перекрытиях не новый, но в современном строительстве он имеет существенные отличия от известных и другие способы реализации. Используют разные варианты создания много пустотных плит для решения разных конструктивных задач:

1. Расположение пустотных вкладышей в одном направлении (однопролетная схема работы);

2. Расположение пустотных вкладышей в двух направлениях (двопролетная перекрестная схема работы);

3. Создание в толще плиты в зоне опирания на вертикальные элементы участков плит без пустот (создание условных капителей).

Принцип и характер работы всех вариантов похожий, но есть отличия в технологии изготовления, средствах реализации и получаемых результатах.

Для анализа напряженно- деформованного состояния перекрытия с пустотами разработана многоэлементная расчетная модель (условно “точная”) с использованием программного комплекса “SCAD OFFICE”. Проведенный сравнительный анализ между перекрытием исполненным в традиционном исполнении, в виде безбалочного монолитного перекрытия толщиной 200 мм, и перекрытием с пустотными вкладышами на конкретном проектном объекте.

Сравнение затрат материалов на 1 м² плана плиты перекрытия в безбалочном и многопустотном исполнении приведено в табл.1.

Таблица 1

Показатели на 1м ² плана плиты	Тип перекрытия	
	Безбалочное	Многопустотное
Затраты стали, кг	27,3	24,4
Объем бетона, м ³	0,2	0,135
Собственный вес, кг	510	332

Данные, наведенные в сравнительной таблице показывают, что перекрытие с пустотами имеет ряд преимуществ, а именно: требует на 0,07 м³ меньше бетона; имеет меньший вес на 178 кг; на 11% меньше требует стали для армирования; жесткость плиты с пустотами в 1,5 раза превышает жесткость обычной плиты.

Ключевые слова: плита с вкладышами, железобетонное перекрытие, армирование, пустоты

Підсилення залізобетонних конструкцій за допомогою вклеєної поперечної арматури

Дмитро Сморкалов¹, Андрій Лакштанов²

Київський національний університет будівництва та архітектури

¹smorkalov@i.ua, <https://orcid.0000-0001-7890-2686>, ²andrey.lakshtanov@gmail.com

В даний час все більшу і заслужену популярність набуває метод кріплення будівельних деталей і конструкцій до базового матеріалу за допомогою хімічних анкерів.

Хімічні анкери - це анкери, що мають зчеплення з базовим матеріалом за допомогою сил когезії і адгезії. хімічні анкери застосовуються для скріплення і фіксації будівельних матеріалів, виробів і конструкцій з різного виду матеріалів бетону, цегли, каменю, деревини, сталі та ін.

З'єднання за допомогою хімічних анкерів мають високу міцність зчеплення, які набагато перевищують міцності розпірних та фрикційних металевих анкерів. Такі анкери

застосовуються також в складних умовах експлуатації несучих конструкції: при високих статичних, динамічних, сейсмічних та вібраційних навантаженнях.

Також широко застосовується інноваційна технологія вклейки арматури для з'єднання, нарощування, або підсилення залізобетонних конструкцій - HILTI REBAR. Даний метод дозволяє вирішувати питання підсилення конструкцій, відновлення плит перекриття, колон, пристрої консолей (балконів) при різному спектрі силових впливів. Встановлені в бетон арматурні випуски згідно даної технології по своїй несучій здібності не поступаються, а часто набагато перевершують несучу здатність прямолінійних арматурних стрижнів спочатку забетонуваних в конструкцію. Питання проектування будівель і споруд в зв'язку з їх реконструкцією і посиленням, а також в новому будівництві недостатньо повно відображені в діючих нормативних документах. Тому велику роль в заповненні цього пробілу і в рішенні виникає дослідження арматурних випусків, встановлених в бетон за технологією «HILTI REBAR», що дозволить проектним організаціям і будівельникам отримати детальну інформацію про можливості пропонованого методу з'єднання залізобетонних конструкцій і використання цієї технології при рішенні різних будівельних задач.

Ключові слова: підсилення залізобетонних конструкцій, вклейка арматури, HiltiRebar.

Reinforcement of concrete structures with post installed transverse rebar

Dmytro Smorkalov¹, Andrii Lakshтанov²

^{1,2}Kyiv national university of construction and architecture

¹smorkalov@i.ua, <https://orcid.0000-0001-7890-2686>, ²andrey.lakshтанov@gmail.com

Nowadays it is becoming more and more well-known method of fastening of building components and structures to the base material with the help of chemical anchors.

Chemical anchors are anchors that have grip with the base material through the forces of cohesion and adhesion. Chemical anchors are used for fastening and fixing building materials, products and constructions from different kinds of materials such as concrete, brick, stone, wood, steel, etc. Connections with chemical anchors have high clamping strength, which far exceeds the strength of the spacer, friction metal anchors (approximately 2.5 times the separation effort). Such anchors are also used in heavy or difficult conditions of bearing structure, such as: high static, dynamic, seismic or vibration loads.

Also, widely used is the innovative technology for concrete structures reinforcement - HILTI REBAR. This method allows solving issues of reinforcing structures, restoration of floor slabs, columns, devices of consoles (balconies) with a different spectrum of power influences. Post installed rebar in concrete releases according to this technology are not inferior to the pre-installed rebar load capacity, and often much superior to the load capacity of rectilinear reinforcing rods, first concretes in the construction. The issues of designing buildings and structures about their reconstruction and enhancement, as well as in new construction, are not sufficiently reflected in existing regulatory documents. Therefore, a big role in filling this gap and in the decision, is to study reinforcement issues installed in concrete on the technology "HILTI REBAR" that will allow design organizations and builders to get detailed information about the proposed method of

connecting reinforced concrete structures and the use of this technology in solving various construction tasks.

Keywords: reinforcement of concrete structures, post installed rebar, Hilti Rebar.

Реконструкція будівель з використанням зовнішнього та внутрішнього металевих каркасів

Володимир Крипак¹, Олександр Дробаха²

Київський національний університет будівництва і архітектури

¹kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ²drobakha.ak@gmail.com

В м. Києві і інших великих містах експлуатуються багато цегляних будинків різного призначення забудови минулого століття. Час від часу проводяться реконструкції таких будинків для забезпечення експлуатаційної придатності, або для надбудови одного чи декількох поверхів. Реконструкція з надбудовою, як правило, виконується із зупинкою експлуатації будинку.

Нижче наводиться досвід виконання реконструкції двох будівель з використанням різних варіантів підсилення будівлі металевим каркасом, зовнішнім та внутрішнім. Перша будівля – це житловий будинок розташований в м. Києві на вул. Мазепи, 16. Будинок побудовано в 1917 році, 4-ри поверховий, з несучими поздовжніми та поперечними цегляними стінами, з підвалом. Зліва і справа впритул до будинку, через деформаційні шви вповдовж вулиці Мазепи, розташовані два сусідні будинки.

Тут була реалізована концепція надбудови з влаштуванням зовнішнього просторового металевих каркасу, який би сприймав всі навантаження від надбудованих поверхів, з розташуванням несучих колон поза межами зовнішніх стін. Несучий металевий каркас утворений двома рядами колон, розташованих біля поздовжніх стін, поперечними основними фермами та системою допоміжних ферм і балок. Виконання будівельних робіт проводилося без припинення експлуатації будинку і відселення мешканців.

Друга будівля - корпус №62, розташований на території НК «Експоцентр» у м. Києві. Загальні габаритні розміри прямокутної в плані будівлі складають 33,74x15,22м. Дана будівля має три поверхи та підвал. На момент початку реконструкції будівля не експлуатувалась, стан будівлі був аварійним.

Реконструкцією передбачено: - демонтаж внутрішніх стін; підсилення фундаментів; влаштування внутрішнього металевих каркасу для розвантаження послаблених стін та простінків. Стовпчасті фундаменти підсилювалися шляхом влаштування залізобетонних обойм та утворення в підвалі залізобетонної фундаментної плити. Внутрішній металевий каркас має рамно-в'язеву структуру, дозволяє передати навантаження на нові або підсилені фундаменти, одночасно забезпечуючи стійкість зовнішніх стін.

Плити міжповерхових перекриттів виконувалися для обох будівель в вигляді монолітної залізобетонної плити по профнастилу. Нові зовнішні та внутрішні стіни і перегородки виконувалися з газобетонних блоків і спиралися на плити перекриття та балки.

Описаний спосіб проведення реконструкції існуючих будинків може бути використаний для будинків любої конфігурації в плані. Частину навантаження від надбудови можна передавати на існуючі конструкції будинку. Можливість проведення реконструкції будівель без зупинки їх експлуатації значно розширює можливості реконструкції існуючих будівель.

Ключові слова: реконструкція, будівля, надбудова, підсилення, металевий каркас.

Reconstruction of buildings using external and internal metal frames

Volodymyr Kripak¹, Alexander Drobakha²

Kiev National University of Construction and Architecture

¹kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ²drobakha.ak@gmail.com

In Kiev and other large cities exploited many brick houses of various purposes of building dated the last century. Reconstruction of such buildings from time to time to ensure operational suitability, or to add one or more floors. Reconstruction with the superstructure, as a rule, is carried out with a stoppage of operation of the house.

Below we want to share the experience of reconstructing two buildings using different options for building a metal frame, external and internal. The first building - a residential building located in the city of Kiev on the street. Mazepa, 16. The house was built in 1917, with four floors, with bearing longitudinal and transverse brick walls, with a basement. To the left and right is close to the house, due to deformation seams along the Mazepa street, two neighboring buildings are located.

The concept of the superstructure with the arrangement of an outer spatial metal frame was realized here, which would accept all loads from the superstructure, with the location of bearing columns outside the external walls. The bearing metal frame is formed by two rows of columns, located near longitudinal walls, transverse main girders and additional girders and beams. Construction work was carried out without interruption of the operation of the house and resettlement of the inhabitants.

The second building - building number 62, located on the territory of NC "Expocenter" in the city of Kiev. The overall dimensions of the rectangular in terms of the building are 33.7x15.2 m. This building has three floors and a basement. Before the reconstruction, the building was not exploited, the building was in an emergency.

Reconstruction provides: removing of internal walls; strengthening of foundations; installation of an internal metal frame for unloading of weakened walls and columns. Isolated foundations were strengthening by the arrangement of reinforced concrete cage and the formation of reinforced concrete slab in the basement. The internal metal frame has a frame-viscous structure, allows to transfer the load to new or strengthen foundations, while ensuring the stability of the external walls.

Internal floor slabs were executed for both buildings in the form of a monolithic reinforced concrete slab along the corrugated board. New exterior and interior walls and partitions were made of aerated concrete blocks and relied on floor slabs and beams.

The described method of carrying out reconstruction of existing buildings can be used for buildings of any configuration in the plan. Part of the load from the superstructure can be transferred to existing building parts. Possibility of reconstruction of buildings without stopping their operation significantly expands the possibilities of reconstruction of existing buildings.

Keywords: reconstruction, building, superstructure, strengthening, steel frame.

Реконструкция зданий с использованием внешнего и внутреннего металлического каркаса

Владимир Крипак¹, Александр Дробаха²

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹kripak.vd@gmail.com, <https://orcid.0000-0001-6575-5015>, ²drobakh.a@gmail.com

В г. Киеве и других больших городах эксплуатируются много кирпичных зданий различного назначения постройки прошлого столетия. Время от времени проводятся реконструкции таких домов для обеспечения эксплуатационной пригодности, или для надстройки одного или нескольких этажей. Реконструкция с надстройкой, как правило, выполняется с остановкой эксплуатации здания.

Ниже освещается опыт проведения реконструкции двух зданий с использованием разных вариантов усиления зданий металлическим каркасом, наружным и внутренним. Первое здание – это жилой дом, расположенный в г. Киеве по ул. Мазепы, 16. Дом построен в 1917 году, 4-х этажный, с несущими кирпичными стенами, с подвалом. Слева и справа впритык к дому, через деформационные швы вдоль улицы Мазепы, расположены два соседних дома.

Здесь была реализована концепция надстройки с устройством наружного пространственного металлического каркаса, который воспринимал все нагрузки от надстраиваемых этажей, с расположением несущих колонн за границами внешних стен. Несущий металлический каркас создан двумя рядами колонн, расположенных возле продольных стен, основными фермами и системой вспомогательных ферм и балок. Производство строительных работ выполнялось без остановки эксплуатации дома и отселения жильцов.

Второе здание - корпус №62, расположенный на территории НК «Экспоцентр» в г. Киеве. Общие габаритные размеры прямоугольного в плане здания составляли 33,74x15,22 м. Здание 3-х этажное с подвалом. На начало реконструкции здание не эксплуатировалось, состояние здания признано аварийным.

Реконструкций предусмотрено: - демонтаж внутренних стен; усиление фундаментов; устройство внутреннего металлического каркаса для разгрузки ослабленных стен и простенков. Столбчатые фундаменты усиливались путем устройства железобетонных обойм и создания в подвале железобетонной фундаментной плиты. Внутренний металлический каркас имеет рамно-связевую структуру и передает нагрузки на новые или усиленные фундаменты, одновременно обеспечивая устойчивость внешних стен.

Плиты междуэтажных перекрытий выполнялись для обоих зданий в виде монолитной железобетонной плиты по профнастилу. Новые наружные и внутренние стены и

перегородки выполнялись из газобетонных блоков и опирались на плиты перекрытий и балки.

Описанный способ проведения реконструкции существующих зданий может быть использован для домов любой формы в плане. Часть нагрузок от надстройки можно передавать на существующие конструкции дома. Возможность проведения реконструкции зданий без остановки их эксплуатации значительно расширяет возможности их реконструкции.

Ключевые слова: реконструкция, здание, надстройка, усиление. металлический каркас.

Надійність контактної шва при підсиленні згинальних залізобетонних елементів

Михайло Постернак¹, Олексій Постернак²

Київський національний університет будівництва та архітектури

¹*m_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3894-1386>*

²*a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>*

Доповідь присвячена проблемами визначення надійності контактної шва підсиленних згинальних залізобетонних елементів в стиснутій зоні нарощуванням бетоном.

Сучасна практика проектування і будівництва цивільних та промислових будівель більшою мірою пов'язана з реконструкцією і модернізацією існуючого фонду. Реконструкція в останні роки стала провідним напрямом в області будівництва, що сприяло збільшенню збільшення виконанню підсилення конструкцій, в тому числі залізобетонних

На даний момент вітчизняні нормативні документи для підсиленних залізобетонних конструкцій в повній мірі не регламентують розрахунок і проектування таких конструкцій. Тому при проектуванні підсилення виконують вимоги ДБН та ДСТУ, як для звичайних залізобетонних конструкцій.

Але треба зазначити, що як і при новому будівництві, так і при реконструкції необхідно забезпечувати певний рівень надійності. Для вирішення цієї задачі необхідно змодельовати сумісну роботу елементів підсилення і конструкції та визначити їхню загальну ймовірність відмови.

На сьогоднішній день в Україні існує два документи, які нормують розрахунок будівлі на надійність: ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» та ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 «Основи проектування конструкцій. Системи забезпечення надійності та безпеки в будівництві». Ці норми передбачають напівймовірнісний розрахунок з визначенням індексу надійності, та порівняння отриманого результату з доцільним (нормативним) значенням.

Отже використовуючи вище наведені умови, була запропонована методика розрахунку на надійність підсиленних згинальних елементів, а саме розрахунок на надійність контактної шва.

Запропонована методика дає:

- 1) можливість визначити значення міцності контактної шва з врахування якості виробництва через коефіцієнти варіації.
- 2) оптимізувати ймовірнісні параметри для отримання економічний ефект;
- 3) дослідити вплив та зв'язок між характеристиками міцності та ймовірнісними параметрами.

Ключові слова: реконструкція, підсилення, залізобетонні згинальні елементи, контактний шов, надійність.

The reliability of the interface joint at strengthening bending reinforced concrete elements

Mikhail Posternak¹, Olexii Posternak²

Kyiv National University of Construction and Architecture

¹ m_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3894-1386>

² a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>

The report is devoted to the problems of determining the reliability of the contact stitch of reinforced bending reinforced concrete elements in the compressed zone by building concrete.

Modern practices in the design and construction of civil and industrial buildings are more closely connected with the reconstruction and modernization of the existing fund. Reconstruction in recent years has become a leading area in the field of construction, which contributed to an increase in the increase in the implementation of reinforcement of structures, including reinforced concrete

At the moment, domestic normative documents for reinforced concrete structures do not fully regulate the calculation and design of such structures. Therefore, when designing the amplifier, comply with the requirements of the DBN and DSTU, as for conventional reinforced concrete structures.

But it should be noted that, as in the new construction, as well as during reconstruction, it is necessary to provide a certain level of reliability. To solve this problem, it is necessary to simulate the joint operation of the elements of reinforcement and design and determine their overall probability of failure.

To date, in Ukraine there are two documents that normalize the calculation of the building for reliability: DBN B.1.2-14-2009 "General principles of reliability and structural safety of buildings, structures, constructions and bases" and DSTU-N B V.1.2- 13: 2008 «Fundamentals of Designing Structures. Systems of maintenance of reliability and safety in building ». These norms provide a semi-probability calculation and propose a probabilistic method for calculating the reliability index, and compare the result with the appropriate (normative) value.

Thus, using the above conditions, a method for calculating the reliability of reinforced bending elements, namely, the calculation for the reliability of the contact seam, was proposed.

The proposed method gives

- 1) the ability to determine the value of the strength of the contact seam, taking into account the quality of production through the coefficients of variation.
- 2) optimize the probabilistic parameters for obtaining an economic effect;

3) to investigate the effect and relationship between strength characteristics and probabilistic parameters.

Keywords: reconstruction, reinforcement, reinforced concrete bending elements, contact seam, reliability.

Надежность контактного шва при усилении изгибаемых железобетонных элементов

Михаил Постернак¹, Алексей Постернак²

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

¹m_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3894-1386>

²a_posternak@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5646-6788>

Доклад посвящен проблемами определения надежности контактного шва усиленных изгибаемых железобетонных элементов в сжатой зоне наращиванием бетоном.

Современная практика проектирования и строительства гражданских и промышленных зданий в большей степени связана с реконструкцией и модернизацией существующего фонда. Реконструкция в последние годы стала ведущим направлением в области строительства, что способствовало увеличению выполнения усиления конструкций, в том числе железобетонных.

На данный момент отечественные нормативные документы для усиленных железобетонных конструкций в полной мере не регламентируют расчет и проектирование таких конструкций. Поэтому при проектировании усиления выполняют требования ДБН и ДСТУ, как для обычных железобетонных конструкций.

Но надо отметить что, как и при новом строительстве, так и при реконструкции необходимо обеспечивать определенный уровень надежности. Для решения этой задачи необходимо смоделировать совместную работу элементов усиления и конструкции и определить их общую вероятность отказа.

На сегодняшний день в Украине существует два документа, которые нормируют расчет здания на надежность ДБН В.1.2-14-2009 «Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений, строительных конструкций и оснований» и ДСТУ-Н Б В.1.2- 13: 2008 "Основы проектирования конструкций. Системы обеспечения надежности и безопасности в строительстве». Эти нормы предусматривают полувероятностный расчет с определением и сравнения полученного результата с целесообразным (нормативным) значением.

Итак, используя вышеприведенные условия, была предложена методика расчета на надежность усиленных изгибаемых элементов, а именно расчет на надежность контактного шва.

Предложенная методика дает

1) определить значение прочности контактного шва с учета качества производства через коэффициенты вариации.

2) оптимизировать вероятностные параметры для получения экономический эффект;

3) исследовать влияние и связь между характеристиками прочности и вероятностными параметрами.

Ключевые слова: реконструкция, усиление, железобетонные гибочные элементы, контактный шов, надежность.

Вплив жорсткості колон і ригелів на стійкість багатопрогонних рам

Сергій Білик¹, Любомир Джанов²

Київський національний університет будівництва та архітектури,
²angeldl@ukr.net

Розглянуто стійкість багатопрогонних сталевих рам при різній жорсткості колон і ригелів. На основі загального рішення втрати стійкості стержня постійного перерізу, який має шарнірне обпирання одного кінця і пружне защемлення з вільним переміщенням іншого кінця встановлено залежності коефіцієнтів розрахункової довжини від пружності опор.

Розглянуто 2 підходи для визначення ефективної довжини колон рам.

За першим підходом виконано розрахунок рами за допомогою програми Асистент, що має можливість розраховувати стійкість стержневих систем, які можуть бути задані стержнями із постійною жорсткістю та прямолінійною формою. Розрахунок проводиться з допущенням, що до початку втрати стійкості в стержнях виникають лише поздовжні сили, які залежать від параметра навантаження, критична величина якого невідома і визначається розрахунком.

Розглянута рама має 3 прогони довжиною 7,5 м, а висота колон – 3 м. Прийнято декілька варіантів жорсткісних характеристик рами.

За другим підходом визначено коефіцієнт розрахункової довжин на підставі статичного розрахунку з визначенням пружного защемлення колон в рамі.

Виконано порівняння результатів двох методів на прикладі рам із різною жорсткістю, результати розрахунку показали добре співпадіння в межах 1 %

Методика може бути рекомендована для аналізу багатопрогонних і великопрогонних рам з урахуванням жорсткості вузлів.

Ключові слова: критична сила, коефіцієнт розрахункової довжини, багатопрогонні рами, великопрогонні рами, ефективна довжина колон.

Effect of stiffness of columns and crossbars on the stability of multi-run frame

Serhii Bilyk¹, Liubomyr Dzhanov²

Kyiv National University of Construction and Architecture
²angeldl@ukr.net

The durability of multi-stage steel frames with different stiffness of columns and crossbars is considered. On the basis of the general solution to the loss of stability of the rod of a constant section, which has a hinged stopping of one end and an elastic jamming with free movement of the other end, the dependence of the coefficients of the calculated length on the elasticity of the supports is established.

Two approaches are considered for determining the effective length of columns of frames.

The first approach is to calculate the frame using the Assistant program, which has the ability to calculate the stability of rod systems, which can be given by rods with constant stiffness and straight form. The calculation is made with the assumption that before the loss of stability in the rods there are only longitudinal forces that depend on the load parameter, the critical value of which is unknown and is determined by calculation.

The considered frame has 3 runs of 7.5 m in length, and the height of the columns is 3 m. Several variants of the rigid characteristics of the frame have been adopted.

According to the second approach, the coefficient of calculated lengths is determined on the basis of a static calculation with the determination of the elastic stiffening of the columns in the frame.

A comparison of the results of the two methods on an example of frames with different rigidity, the results of the calculation showed good coincidence within 1%

The methodology can be recommended for analysis of multi-speed and long-range frames, taking into account the suitability of nodes.

Keywords: critical force, coefficient of estimated length, multi-run frame, large-speed frame, effective column length.

Влияние жесткости колонн и ригелей на устойчивость многопролетных рам

Сергей Билык¹, Любомир Джанов²

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
²angeldl@ukr.net

Рассмотрены устойчивость многопролетных стальных рам при разной жесткости колонн и ригелей. На основе общего решения потери устойчивости стержня постоянного сечения, имеет шарнирное опирание одного конца и упругое защемление со свободным перемещением другого конца установлены зависимости коэффициентов расчетной длины от упругости опор.

Рассмотрены 2 подхода для определения эффективной длины колонн и ригелей.

По первому подходу выполнен расчет рамы с помощью программы Ассистент, имеющий возможность рассчитывать устойчивость стержневых систем, которые могут быть заданы стержнями с постоянной жесткостью и прямолинейной формой. Расчет производится с допущением, что к началу потери устойчивости в стержнях возникают только продольные силы, которые зависят от параметра нагрузки, критическая величина которого неизвестна и определяется расчетом.

Рассмотренная рама имеет 3 прогона длиной 7,5 м, а высота колонн - 3 м. Принято несколько вариантов жесткостных характеристик рамы.

По второму подходом определен коэффициент расчетной длины на основании статического расчета с определением упругого защемления колонн в раме.

Выполнено сравнение результатов двух методов на примере рам с разной жесткостью, результаты расчета показали хорошее совпадение в пределах 1%

Методика может быть рекомендована для анализа многопролетных и большепролетных рам с учетом жесткости узлов.

Ключевые слова: критическая сила, коэффициент расчетной длины, многопролетные рамы, большепролетные рамы, эффективная длина колонн.

Коефіцієнти розрахункових довжин металевих стержнів для висотних будівель

Євген Цюпин

Київський національний університет будівництва і архітектури
standartbc@gmail.com

Доповідь присвячена дослідженню загального рішення рівняння стійкості стержня жорстко закріпленого на нижньому кінці та пружно закріпленого на верхньому кінці.

Розглянуто загальне рішення втрати стійкості стержня жорстко закріпленого в одному кінці та на пружних опорах з іншого. У витоків теорії стійкості стояв Л. Ейлер, отримав формулу для визначення критичної сили жорстко закріпленого стержня. Для ряду випадків стержнів постійного і змінного перерізу з жорсткими і пружними опорами отримані критерії. Розроблені узагальнені методики визначення коефіцієнтів розрахункові довжини при різних граничних умовах з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій і початкових недосконалостей.

Наведено загальне рівняння стійкості стержня з узагальненими граничними умовами при змінній змінній жорсткості. Поведені числові дослідження коефіцієнтів розрахункової довжини.

Порівняльні результати виконані за розрахунком ПК «АСИСТЕНТ», ПК «ЛІРА-САПР», ДБН В.2.6-198-2014.

Ключові слова: критична сила, коефіцієнт розрахункової довжини, рівняння стійкості, метод початкових параметрів, стержень, жорстке закріплення, пружні опори.

The coefficients of the estimated lengths of metal rods for tall buildings

Evgen Tsyupyn

Kyiv National University of Construction and Architecture
standartbc@gmail.com

The report is devoted to the study of a general solution of the stability equation of the rod rigidly fixed at the lower end and elastically secured to the upper end.

The general decision of loss of stability of a rod rigidly fixed at one end and on elastic supports on the other is considered. The origins of the theory of stability were L. Euler, received a formula for determining the critical force of a rigidly fixed rod. For a number of cases, the rods of the permanent and variable cross section with rigid and elastic supports are the criteria. The generalized methods for determining the stability of rods by experimental data at different boundary conditions are developed. Stability of rods, taking into account the development of limited plastic deformations and initial imperfections.

The general equation of stability of a rod with generalized boundary conditions with variable of rigidity variable is given. Coefficients of estimated length of rods were studied.

Comparative results are performed on the basis of PC "ASISTENT", PC "LIRA-CAD" and DBN V.2.6-198-2014.

Keywords: critical force, coefficient of estimated length, stability equation, method of initial parameters, rod, rigid fixing, elastic support.

Коэффициенты расчетных длин металлических стержней для высотных зданий

Євгеній Цюпин

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
standartbc@gmail.com

Доклад посвящен исследованию общего решения уравнения устойчивости стержня жестко закрепленного на нижнем конце и упруго закрепленного на верхнем конце.

Рассмотрены общее решение потери стойкости стержня жестко закрепленного на одном конце и на упругих опорах с другой. У истоков теории устойчивости стоял Л. Эйлер получил формулу для определения критической силы жестко закрепленного стержня. Для ряда случаев стержней постоянного и переменного сечения с жесткими и упругими опорами полученные критерии. Разработанные обобщенные методики определения устойчивости стержней по экспериментальным данным при различных граничных условиях. Устойчивости стержней с учетом развития ограниченных пластических деформаций и начальных несовершенств.

Приведены общее уравнение устойчивости стержня с обобщенными граничными условиями при переменной жесткости. Показані результати численних досліджень коефіцієнтів расчетной длины колон.

Сравнительные результаты выполнены по расчету ПК «АССИСТЕНТ», ПК «ЛИРА-САПР» и ДБН В.2.6-198-2014.

Ключевые слова: критическая сила, коэффициент расчетной длины, уравнение устойчивости, метод начальных параметров, стержень, жесткое закрепление, упругие опоры.

Дослідження термомеханічного стану герметизуючого сталевого облицювання захисних оболонок енергоблоків АЕС з реакторними установками ВВЕР-1000/В-320 в аварійних умовах

*Олександр Гондляр¹, Володимир Крицький², Владислав Онопрієнко³,
Андрій Чемерис⁴*

^{1,3,4} Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут»,
avg_hotm@hotmail.com

Атомна енергетика є провідною, стратегічною галуззю України – на АЕС генерується понад 50% електроенергії країни, і цьому обсягу притаманна стала тенденція до зростання. На даний час в Україні функціонує 15 енергоблоків АЕС (з них 13 енергоблоків – з реакторами типу ВВЕР-1000 потужністю 1000 МВт, а 2 енергоблоки – з реакторами типу ВВЕР-440 потужністю 440 МВт).

Система технічної безпеки реакторних установок (РУ) енергоблоків спроектована і влаштована з дотриманням принципу глибоко ешелонованого захисту, відповідно до якого у випадку аварії РУ захисна оболонка (ЗО) реакторного відділення (РВ) має запобігти розповсюдженню радіоактивних речовин за межі РВ і відповідний негативний вплив на населення і оточуюче природне середовище. РВ енергоблоків АЕС України з РУ ВВЕР-1000 розташовані під попередньо напруженими залізобетонними ЗО, по внутрішній поверхні яких влаштоване герметизуюче сталеве облицювання (ГСО) товщиною 8 мм.

Більшість діючих енергоблоків АЕС України були введені в експлуатацію в 80-х роках ХХ-го сторіччя. Проектування ж енергоблоків (зокрема, конструкцій ЗО) відбувалось здебільшого в період 1970-1980 рр., зазвичай з застосуванням спрощених інженерних розрахункових методик відповідно до вимог загальнопромислових нормативних документів будівельного і технологічного профілю. Але як в показали результати подальших уточнених механіко-міцнісних розрахунків (в 1990-2000 рр.) в аварійних умовах внаслідок суттєвого підвищення тиску пароповітряного середовища в підоболонковому просторі в залізобетоні ЗО внаслідок деформацій розтягу розпочинається інтенсивне тріщиноутворення аж до утворення наскрізних тріщин. За таких умов функція локалізації радіоактивних продуктів аварії може бути реалізована виключно сталевим гермооблицюванням.

Порушення суцільності ГСО можливе у вигляді розривів основного металу або зварних швів. Ознакою дотримання вимог до суцільності ГСО консервативно може бути критерій збереження пружного стану металу ГСО (не перевищення інтенсивністю напружень межі плинності), а саме – дотримання умови Губера – Мізеса – Генки.

Під час експлуатації енергоблоку АЕС з'єднані зварюванням сталеві панелі ГСО практично знаходяться в двовимірному стиснутому стані внаслідок впливу ваги вищерозташованих частин (конструкцій) об'єкту, а також обтиснення споруди арматурними канатами системи переднапруження ЗО.

В аварійних умовах, при зростанні температури пароповітряного середовища в підоболонковому просторі – згідно теплофізичним розрахункам – до 150°C, в матеріалі ГСО додатково виникають температурні напруження. Як наслідок, у зв'язку із зростанням інтенсивності напружень в матеріалі ГСО виникають передумови для порушень суцільності ГСО і подальшої неможливості для споруди ЗО здійснювати локалізуючу функцію.

З метою оцінити можливість виникнення і змоделювати еволюцію розповсюдження зон пластичної деформування ГСО за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) був виконаний розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) ГСО при впливі високої температури в аварійних умовах. Результати розрахунку засвідчили наступне:

– розвиток деформацій плинності в ГСО:

розпочинається – в проміжок часу $t = 10-50$ с ($T = 118-139^\circ\text{C}$), тобто, практично одразу після реалізації вихідної події аварії – в зонах ЗО, прилеглих до технологічних отворів (тобто, в

місцях розташування транспортних і евакуаційних люків, основних технологічних проходок тощо) ;

в подальшому – в проміжок часу $t = 50-100$ с ($T = 139-147^{\circ}\text{C}$) – виникає і прогресує в зоні, прилеглої до приопорного потовщення, яке забезпечує жорстке з'єднання циліндру ЗО з опорною плитою на позначці 13.200 м;

далі – аж до моменту завершення розрахункового періоду часу $t = 600$ с ($T = 150^{\circ}\text{C}$) – розповсюджується по всій поверхні ГСО за виключенням локальної колоподібної зони, прилеглої до вершини купола.

Таким чином, результати розрахунків свідчать про потенційну можливість порушення суцільності сталевго гермооблицювання ЗО в умовах технологічної аварії в РВ.

Оскільки можливості застосованого програмного засобу не дозволяли змоделювати процес утворення і розвитку пошкоджень ГСО (зокрема, визначити конкретні розміри і конфігурацію пошкоджень ГСО), то зазначені дослідження НДС ГСО, з огляду на їх актуальність для аналізу безпеки експлуатації АЕС, безперечно мають бути виконані. Окрім того, у випадку відсутності результатів досліджень, які достовірно доводять збереження суцільності ГСО в аварійних умовах, експлуатуюча організація АЕС має розробити і реалізувати технічні заходи, які виключають можливість такої відмови (руйнування, пошкодження, порушення суцільності) ГСО.

Ключові слова: захисна оболонка, герметизуюче сталеве облицювання, термомеханічний стан, розрахункове моделювання, напружено-деформований стан

Investigation of the Thermomechanical State of the Hermeting Steel Liner of the Containment of the NPP Units with Reactor Installations VVER-1000/V-320 in Accident Conditions

*Alexander Gondlyakh¹, Volodymyr Krytskyi², Vladyslav Onoprienko³,
Andrey Chemeris⁴*

^{1,3,4}National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnical Institute», Kyiv, Ukraine,
avg_hotm@hotmail.com

²The State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety, Kyiv, Ukraine,
krts@ukr.net

Nuclear power is the leading, strategic branch of Ukraine – more than 50% of the country's electricity is generated at NPPs and this volume is characterized by a stable tendency to increasing. At the moment in Ukraine there are 15 NPP units (13 ones of them – with reactors of WWER-1000 type (capacity 1000 MWt) and 2 ones with reactors of WWER-440 type (capacity 440 MWt).

The system of technical safety of reactor installations (RI) of NPP units was designed and implemented in accordance with the principle of defence in depth [1], according to which in the event of accident of RI, the containment of the reactor hall (RH) should prevent the spread of radioactive substances beyond the boundaries of the RH as well as corresponding negative influence on the population and environment. All RH of Ukrainian NPPs units with RI WWER-1000 are placed under prestressed reinforced concrete containments, on the inner surface of which the hermeting steel liner (HSL) with the thickness of 8 mm is arranged.

Most of the existing Ukrainian NPP units were commissioned in the 1980s of the 20th century. The designing of the NPP units (in particular, the containment structures) was carried out mainly during the period 1970-1980, usually with the use of simplified engineering techniques in accordance with the requirements of general industrial normative documents of building and technological profile. However, according to results of further refined mechanical-strength calculations (in 1990-2000) in accident conditions due to a significant increase of the pressure of the vapor-air medium in inner space of containment due to tensile deformations begin intensive cracking up to the appearance of through cracks. Under these conditions, the function of localization of radioactive products of the accident can be realized solely by the steel hermetic liner.

Violation of the integrity of SHL is possible in the form of breaks of main metal or of the welded seams. An indication of the fulfillment of the requirements for the integrity of the SHL conservatively may be the criterion for maintaining the elastic state of the SHL metal (the non-exceeding for stress intensity of the plasticity limit), namely, the observance of the Huber-Mises-Genki condition.

Under operation of NPP unit the steel SHL panels joined by weld are practically in a two-dimensional compressed state due to influence of the weight of above-located parts (structures) of the object, and also the compression of the containment by the tendons of prestressing system.

Under accident conditions, when the temperature of the vapor-air medium in the inner containment space increases - according to the results of thermophysical calculations - up to 150°C, temperature stresses additionally appear in the SHL material. As a consequence, in connection with the increase in stress intensity in the SHL material, prerequisites arise for the violation of the integrity of the SHL and for the further inability for containment structure to perform a localizing function.

In order to assess the possibility of the emergence and to simulate the evolution of the propagation of zones of plastic deformation of SHL using the finite element method (FEM), the stress-strain state (SSS) of SHL was calculated under the influence of high temperature in accident conditions. The results of the calculation showed the following:

- development of plastic deformations in SHL

starts - in a period of time $t = 10-50$ s ($T = 118-139^{\circ}\text{C}$), i.e., almost immediately after the realizing of the initial event of the accident - in the zones of containment, close to the technological holes (i.e. at the locations of transport and evacuation hatches, main technological penetrations, etc.);

in the future - in a period of time $t = 50-100$ c ($T = 139-147^{\circ}\text{C}$) - arises and progresses in the zone adjacent to the support thickening, which provides a rigid connection of the cylinder part of containment with the support plate at level 13.200 m;

subsequently - until the end of the calculation period of time $t = 600$ s ($T = 150^{\circ}\text{C}$) - spreads over the entire surface of the SHL except for the local circular zone adjacent to the top of the dome.

Thus, the results of calculations indicate a potential possibility of disrupting the integrity of the steel hermeting liner of containment under the conditions of a technological accident in the RH.

Since the capabilities of the applied software did not allow to simulate the process of forming and development of SHL damages (in particular, to determine the specific size and configuration of SHL damage), then these researches of SHL SSS, taking into account their topical for safety analysis of NPP operation, must certainly be performed. Besides that, in event of the absence of research results that reliably confirm the integrity of SHL in accident conditions, the exploitation

organization of NPP have to develop and implement technical measures that will exclude the possibility of such failure (destroying, damage, integrity violation) SHL.

Keywords: containment, steel hermeting liner, thermo-mechanical state, calculative modeling, stress-strain state.

Исследование термомеханического состояния герметизирующей стальной облицовки защитных оболочек энергоблоков АЭС с реакторными установками ВВЭР-1000/В-320 в аварийных условиях

**Олександр Гондляр¹, Владимир Крицкий², Владислав Оноприенко³,
Андрей Чемерис⁴**

^{1,3,4}Национальный Технический Университет Украины «Киевський Політехнічний Інститут», avg_hotm@hotmail.com

²Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, krts@ukr.net

Атомная энергетика является ведущей, стратегической отраслью Украины – на АЭС генерируется свыше 50% электроэнергии страны и этому объему присуща стабильная тенденция к возрастанию. В настоящее время в Украине функционируют 15 энергоблоков АЭС (из них 13 энергоблоков – с реакторами типа ВВЭР-1000 мощностью 1000 МВт, а 2 энергоблока – с реакторами типа ВВЭР-440 мощностью 440 МВт).

Система технической безопасности реакторных установок (РУ) энергоблоков спроектирована и реализована с соблюдением принципа глубоко эшелонированной защиты [1], согласно которому в случае аварии РУ защитная оболочка (ЗО) реакторного отделения (РО) должна предотвратить распространение радиоактивных веществ за границы РО и соответствующее негативное воздействие на население и окружающую природную среду. РО энергоблоков АЭС Украины с РУ ВВЭР-1000 размещены под предварительно напряженными железобетонными ЗО, по внутренней поверхности которых устроена герметизирующая стальная облицовка (ГСО) толщиной 8 мм.

Большинство действующих энергоблоков АЭС Украины были введены в эксплуатацию в 80-х годах XX-го столетия. Проектирование ж энергоблоков (в частности, конструкций ЗО) осуществлялось преимущественно в период 1970-1980 гг., как правило с применением упрощенных инженерных методик в соответствии с требованиями общепромышленных нормативных документов строительного и технологического профиля. Однако, как показали результаты дальнейших (в 1990-2000 гг.) уточненных механико-прочностных расчетов в аварийных условиях вследствие существенного повышения давления паровоздушной среды в подоболочечном пространстве в железобетоне ЗО вследствие деформаций растяжения начинается интенсивное трещинообразование вплоть до возникновения сквозных трещин. В этих условиях функция локализации радиоактивных продуктов аварии может быть реализована исключительно стальной гермооблицовкой.

Нарушение целостности ГСО возможно в виде разрывов основного металла или сварных швов. Признаком выполнения требований к целостности ГСО консервативно может бути критерий сохранения упругого состояния металла ГСО (не превышение

интенсивностью напряжений предела пластичности), а именно – соблюдение условия Губера – Мизеса – Генки.

При эксплуатации энергоблока АЭС соединенные сваркой стальные панели ГСО практически находятся в двумерно сжатом состоянии вследствие воздействия веса вышерасположенных частей (конструкций) объекта, а также обжатия сооружения арматурными канатами системы преднапряжения ЗО.

В аварийных условиях, при повышении температуры паровоздушной среды в подболовочном пространстве – согласно результатам теплофизических расчетов – до 150°C, в материале ГСО дополнительно возникают температурные напряжения. Как следствие, в связи с возрастанием интенсивности напряжений в материале ГСО возникают предпосылки для нарушения целостности ГСО и дальнейшей невозможности для сооружения ЗО осуществлять локализующую функцию.

С целью оценить возможность возникновения и смоделировать эволюцию распространения зон пластического деформирования ГСО с помощью метода конечных элементов (МКЭ) был выполнен расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) ГСО при воздействии высокой температуры в аварийных условиях. Результаты расчета показали следующее:

– развитие деформаций текучести в ГСО:

начинается – в промежуток времени $t = 10-50$ с ($T = 118-139^\circ\text{C}$), т.е., практически сразу после реализации исходного события аварии – в зонах ЗО, прилегающих к технологическим отверстиям (т.е. в местах расположения транспортных и эвакуационных люков, основных технологических проходов и т.п.);

в дальнейшем – в промежуток времени $t = 50-100$ с ($T = 139-147^\circ\text{C}$) – возникает и прогрессирует в зоне, прилегающей к приопорному утолщению, которое обеспечивает жесткое соединение цилиндра ЗО с опорной плитой на отметке 13.200 м;

впоследствии – вплоть до момента завершения расчетного периода времени $t = 600$ с ($T = 150^\circ\text{C}$) – распространяется по всей поверхности ГСО за исключением локальной круговой зоны, прилегающей к вершине купола.

Таким образом, результаты расчетов свидетельствуют о потенциальной возможности нарушения целостности стальной гермооблицовки ЗО в условиях технологической аварии в РО.

Поскольку возможности примененного программного средства не позволяли смоделировать процесс образования и развития повреждений ГСО (в частности, определить конкретные размеры и конфигурацию повреждений ГСО), то указанные исследования НДС ГСО, принимая во внимание их актуальность для анализа безопасности эксплуатации АЭС, безусловно должны быть выполнены. Кроме того, в случае отсутствия результатов исследований, которые достоверно подтверждают сохранение целостности ГСО в аварийных условиях, эксплуатирующая организация АЭС должна разработать и реализовать технические мероприятия, которые исключат возможность такого отказа (разрушения, повреждения, нарушения целостности) ГСО.

Ключові слова: защитная оболочка, герметизирующая стальная облицовка, термомеханическое состояние, расчетное моделирование, напряженно-деформированное состояние.

Дослідження роботи нерозрізних залізобетонних балок за дії малоциклових повторних та знакозмінних навантажень

Григорій Масюк¹, Олександр Ющук²

^{1,2}Національний університет водного господарства та природокористування

¹g.h.masyuk@nuwm.edu.ua, orcid.org/0000-0001-5207-3111

²bk1342ba@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6266-3465

Доповідь присвячена дослідженню роботи нерозрізних залізобетонних балок за дії малоциклових повторних та знакозмінних навантажень. Для визначення напружено-деформованого стану нормальних перерізів та несучої здатності нерозрізних балок були проведені експериментальні дослідження з випробуванням таких балок за дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень. Залізобетонні балки виготовлялись із бетону класу С25/30 і армувались двома зварними каркасами. Армування балок подвійне симетричне – по два повздовжніх стержні знизу і зверху поперечного перерізу балки. Робоча повздовжня арматура прийнята діаметром 12 мм із класу А400.

Випробування експериментальних зразків здійснювалось за такими режимами завантажень: одноразовим статичним навантаженням до руйнування для встановлення рівнів навантажень; малоцикловим повторним навантаженням з верхнім рівнем 0,6 M_u і нижнім – 0,3 M_u з руйнуванням після десяти циклів; малоцикловим знакозмінним навантаженням з рівнем 0,6 M_u з руйнуванням після десяти циклів.

За результатами експериментальних випробувань проводились теоретичні дослідження визначення несучої здатності та інших параметрів НДС.

Несуча здатність визначається за формулою ДБН з введенням коефіцієнта роботи.

Трифакторний коефіцієнт $\gamma_{pn\eta,сус}$ виведений на основі аналізу робіт дослідження авторів та інших дослідників, і прийнятий на основі статистичної обробки всіх даних.

На основі аналізу експериментально-теоретичних досліджень слід зазначити, що міцність нормальних перерізів в нерозрізних залізобетонних балках, як зазнають дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень, можна виконувати за формулами ДБН, але з урахуванням відповідних коефіцієнтів умов роботи на які необхідно множити розрахунковий опір бетону f_{cd} .

Ключові слова: Нерозрізні балки, напружено-деформований стан, мало циклові повторні і знакозмінні навантаження.

Investigating the work of non-cuttable reinforced concrete beams on the effects of low-cycle repeated and variable-loaded loads

Higory Masyuk¹, Olexander Yushchuk²

^{1,2}National University of Water Management and Nature Resource use

¹g.h.masyuk@nuwm.edu.ua, orcid.org/0000-0001-5207-3111

²bk1342ba@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6266-3465

The report is devoted to the study of the work of non-permeable reinforced concrete beams for the effect of low-cycle repetitive and sign-loaded loads. For the determination of the stress-deformed state of normal sections and the bearing capacity of indistinguishable beams, experimental studies have been carried out to test such beams for the effects of low-cycle repetitive and sign-loaded loads. Reinforced concrete beams were made of concrete of class C25 / 30 and reinforced with two welded frames. The reinforcement of the beams is double symmetrical - two longitudinal rods from below and from above the cross section of beams. Working longitudinal reinforcement is adopted with a diameter of 12 mm from class A400. Testing of experimental samples was carried out according to the following loading regimes: one-time static load before fracture to establish load levels; low-cyclic repeated load with a top level of 0.6 Mu and lower - 0.3 Mu with a destruction after ten cycles; low-cycle shift load with a level of 0.6 Mu with a destruction after ten cycles. According to the results of experimental tests, theoretical studies were carried out to determine the bearing capacity and other parameters of the NDS.

The bearing capacity is determined by the DBN formula with the introduction of the coefficient of operation.

The trivial coefficient $\gamma_{pnp,cyc}$ is derived on the basis of an analysis of the research work of authors and other researchers, and adopted on the basis of statistical processing of all data.

On the basis of the analysis of experimental and theoretical studies, it should be noted that the strength of normal sections in non-perforated reinforced concrete beams, as undergoing the effects of small-cycle repetitive and sign-loaded loads, can be performed according to the formulas of the DBN, but taking into account the corresponding coefficients of work conditions for which it is necessary to multiply the calculated resistance of concrete f_{cd} .

Keywords: Unbreakable beams, stress-strain state, short cyclic repetitive and sign-loaded loads

Исследование работы неразрезных железобетонных балок за действия малоцикловых повторных и знакопеременных нагрузок

Григорий Масюк¹, Александр Ющук²

^{1,2}Национальный университет водного хозяйства и природопользования

1. g.h.masyuk@nuwm.edu.ua, orcid.org/0000-0001-5207-3111

2. bk1342ba@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6266-3465

Доклад посвящен исследованию работы неразрезных железобетонных балок за действия малоцикловых повторных и знакопеременных нагрузок. Для определения напряженно-деформированного состояния нормальных сечений и несущей способности неразрезных балок были проведены экспериментальные исследования с испытанием таких балок за действия малоцикловых повторных и знакопеременных нагрузок. Железобетонные балки изготавливались из бетона класса C25 / 30 и армывались двумя сварными каркасами. Армирование балок двойное симметричное - по два продольных стержни снизу и сверху поперечного сечения балки. Рабочая продольная арматура принята диаметром 12 мм из класса A400. Испытания опытных образцов осуществлялось по следующим режимам загрузки: одноразовым статической нагрузкой до разрушения для установления уровней

нагрузок; малоциклового повторным нагрузкой с верхним уровнем 0,6 Ми и нижним - 0,3 Ми с разрушением после десяти циклов; малоциклового знакопеременным нагрузкам с уровнем 0,6 Ми с разрушением после десяти циклов. По результатам экспериментальных испытаний проводились теоретические исследования определения несущей способности и других параметров НДС.

Несущая способность определяется по формуле ДБН с введением коэффициента работы.

Трифакторного коэффициент $\gamma_{pnl,sys}$ выведен на основе анализа работ исследования авторов и других исследователей, и принят на основе статистической обработки всех данных.

На основе анализа экспериментально-теоретических исследований следует отметить, что прочность нормальных сечений в неразрезных железобетонных балках, как подвергаются воздействию малоциклового повторных и знакопеременных нагрузок, можно выполнять по формулам ДБН, но с учетом соответствующих коэффициентов условий работы на которые необходимо умножать расчетное сопротивление бетона f_{cd} .

Ключевые слова. Неразрезные балки, напряженно-деформированное состояние, малоциклового повторные и знакопеременные нагрузки

Напружено-деформований стан діагріда з клеєної деревини за різних типів фундаментів

Денис Михайловський¹, Юлія Казачонок², Богдан Охріменко³
^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури

Діагріда - діагонально-сітчасті несучі конструкції, які незважаючи на свою від'ємну гаусову кривизну, будується з прямих балок.

Така конструкція є жорсткою, навіть враховуючи що всі елементи з'єднані шарнірно, гіперболоїдна конструкція все одно буде зберігати свою стійку форму під дією зовнішніх сил. Застосування цієї конструктивної форми в сучасній архітектурі стало однією з головних засобів формоутворення авангардних будівель та хмарочосів.

Робота присвячена дослідженню напружено-деформованого стану діагонально-сітчастих несучих конструкцій виконаних з клеєної деревини з урахуванням різних типів фундаментів та моделювання ґрунтової основи.

Дослідження проведені на основі проекту Nuregion, що складається з вежі, яка має 36 поверхів і загальну висоту 117 метрів. За формою секції вежі - це однопорожнинний гіперболоїд обертання.

Будівля має в основі коло діаметром 40 м, потім будівля плавно звужується, досягаючи мінімального діаметра в 30 метрів. Далі будівля знову розширюється досягаючи діаметра 40 м. Ядро жорсткості виконано з монолітного залізобетону.

В якості основних несучих конструкцій будівлі прийнята клеєна деревина класу міцності GL 36h, виготовлена шляхом склеюванням водостійким клеєм декількох шарів дошок з практично паралельним розташуванням волокон, розмірами перерізу 700 × 300 мм.

Для основних елементів, стін та плит перекриття прийняті панелі з перехресно-клеєної деревини (в світі більш відома як CLT - Cross Laminated Timber).

Розглянуто напружено-деформований стан основних несучих елементів каркасу будівлі з клеєної деревини за умови ідеалізованого закріплення нижніх елементів до умовно нерухомої опори та з моделюванням плитного та свайного фундаментів на ґрунтовій основі з об'ємних скінчених елементів.

Під час завдання вітрового навантаження, були уточнені аеродинамічні коефіцієнти в програмному комплексі ANSYS, у зв'язку з тим, що форма будівлі відрізняється від прямокутної, характер розподілу аеродинамічних коефіцієнтів на його фасадах може істотно відрізнятися від наведених в ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи".

В результаті проведених чисельних досліджень можна зробити висновки, що застосування елементів в формі діаґрида з клеєної деревини при зведенні багатопверхних будівель є цілком прийнятним та модель конструкції дозволяє розподілити навантаження по всій площі рівномірно незалежно від типу фундаментів. Ідеалізована схема закріплення елементів каркасу на умовно нерухомі опори дає більші значення напружень в елементах каркасу з клеєної деревини ніж схеми з моделюванням ґрунтової основи з об'ємних скінчених елементів.

Ключові слова: діаґрид, клеєна деревина, напружено-деформований стан.

Directly-deformed stan diagrid to the glass trees for different types of foundations

Denis Mikhailovskyi¹, Yuliya Kazachonok², Boghdan Okhrimenko³
^{1,2,3}Kiev National University of Civil Engineering and Architecture

Diagrid – diagonal mesh support structures, which, despite its negative Gaussian curvature, are constructed of straight beams.

Such a construction is rigid, even though all the elements are connected hingedly, the hyperboloid design will still maintain its stable shape under the influence of external forces. The application of this constructive form in modern architecture has become one of the main means for the formation of avant-garde buildings and skyscrapers.

The work is devoted to the study of the stress-strain state of diagonally-mesh bearing structures made of glued wood, taking into account different types of foundations and modeling of the soil base.

The studies were carried out on the basis of the Hyperion project, consisting of a tower that has 36 floors and a total height of 117 meters. The shape of the tower section is a one-sheeted hyperboloid of revolution.

The building has a base circle with a diameter of 40 m, then the building gradually tapers, reaching a minimum diameter of 30 meters. Further, the building is again expanded to reach a diameter of 40 m. The stiffening core is made of monolithic reinforced concrete.

As the main bearing structures of the building, glued timber of the strength class GL 36h, made by gluing several layers of boards with almost parallel arrangement of fibers, glued with waterproof glue, with dimensions of the section of 700 × 300 mm was adopted.

For the main elements, walls and slabs panels are adopted with cross-glued wood (in the world more commonly known as CLT - Cross Laminated Timber).

The stressed-deformed state of the main load-bearing elements of the frame of a building made of glued wood is considered with an idealized fixing of the lower elements to a conditionally fixed support and modeling of the foundation and pile foundations on a soil basis from the volume-finite elements.

When setting wind load, the aerodynamic coefficients in the ANSYS software complex were refined, because the shape of the building differs from a rectangular one, the distribution of the aerodynamic coefficients on its facades may differ significantly from those given in DBN B.1.2-2: 2006 "Loads and impact".

As a result of numerous studies, it can be concluded that the use of elements in the form of diagrids from glued timber when building a multi-storey building is quite acceptable and the design model allows you to distribute the load throughout the area evenly, regardless of the type of foundations. An idealized scheme for securing the frame elements on conditionally fixed supports gives large values of stresses in the elements of the frame made of glued wood than the schemes with modeling of the ground base from the volume finite elements.

Keywords: diagrid, glass trees, directly-deformed stan.

Напряженно-деформированное состояние диагрида из клееной древесины при различных типов фундаментов

Денис Михайловский¹, Юлия Казачонок², Богдан Охрименко³
^{1,2,3}Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Диагрид - диагонально-сетчатые несущие конструкции, несмотря на свою отрицательную гауссову кривизну, строятся из прямых балок.

Такая конструкция является жесткой, даже учитывая что все элементы соединены шарнирно, гиперболоидная конструкция все равно будет сохранять свою устойчивую форму под действием внешних сил. Применение этой конструктивной формы в современной архитектуре стало одной из главных средств формообразования авангардных зданий и небоскребов.

Работа посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния диагонально-сетчатых несущих конструкций выполненных из клееной древесины с учетом различных типов фундаментов и моделирования грунтового основания.

Исследования проведены на основе проекта Nuregion, состоящий из башни, которая имеет 36 этажей и общую высоту 117 метров. По форме секции башни - это однополостный гиперболоид вращения.

Здание имеет в основе круг диаметром 40 м, затем здание плавно сужается, достигая минимального диаметра в 30 метров. Далее здание снова расширяется достигая диаметра 40 м. Ядро жесткости выполнен из монолитного железобетона.

В качестве основных несущих конструкций здания принята клееная древесина класса прочности GL 36h, изготовленная путем склеивания водостойким клеем нескольких слоев досок с практически параллельным расположением волокон, размерами сечения 700 × 300 мм.

Для основных элементов, стен и плит перекрытия приняты панели с перекрестно-клееной древесины (в мире более известная как CLT - Cross Laminated Timber).

Рассмотренное напряженно-деформированное состояние основных несущих элементов каркаса здания из клееной древесины при идеализированном закреплении нижних элементов к условно неподвижной опоре и с моделированием плитного и свайного фундаментов на грунтовой основе с объемно конечных элементов.

При задании ветровой нагрузки, были уточнены аэродинамические коэффициенты в программном комплексе ANSYS, в связи с тем, что форма здания отличается от прямоугольной, характер распределения аэродинамических коэффициентов на его фасадах может существенно отличаться от приведенных в ДБН В.1.2-2: 2006 "Нагрузки и воздействия".

В результате проведенных многочисленных исследований можно сделать выводы, что применение элементов в форме диагрида из клееной древесины при возведении многоэтажного здания вполне приемлемы и модель конструкции позволяет распределить нагрузку по всей площади равномерно независимо от типа фундаментов. Идеализированная схема закрепления элементов каркаса на условно неподвижных опорах дает большие значения напряжений в элементах каркаса из клееной древесины, чем схемы с моделированием грунтового основания из объемно конечных элементов.

Ключевые слова: диагрид, клееная древесина, напряженно-деформированное состояние.

Експериментальні дослідження конструктивних елементів з ніздрюватих бетонів, армованих нетрадиційним армуванням

Юрій Фамуляк¹, Богдан Демчина²

¹Львівський національний аграрний університет,

²Національний університет «Львівська політехніка»

У наш час виробу з ніздрюватих бетонів набувають дедалі ширшого застосування у будівельній практиці. Найбільш поширеними різновидами такого бетону є піно- та газобетони. Такі різновиди бетону, як конструктивний матеріал, відіграють суттєву роль для економії коштів, які витрачають в процесі експлуатації будівель. Економію у даному випадку досягають за рахунок досить низької теплопровідності ніздрюватого бетону.

Серед розмаїття будівельних матеріалів дрібноштучні стінові матеріали є основою індивідуального будівництва. З-поміж усіх альтернативних видів такого матеріалу найприйнятнішими за ціною є піно- та газобетонні виробу, що дають змогу знизити вартість житлового й промислового будівництва у 2-3 рази. Виробу із піно- чи газобетону призначені для мурування перегородок зовнішніх та внутрішніх стін, теплоізоляції покрівель, горищ, підлоги, заповнення пустот, звукоізоляції залізобетонного перекриття. Вони легкі, недорогі, мають достатні тепло- та звукоізоляційні властивості, екологічно безпечні; окрім того, такі виробу можна пиляти, свердлити, фрезерувати.

Ніздрюваті бетони, як і будь-які інші матеріали на основі цементу, з часом накопичують міцність. Їх вважають негорючими будівельними матеріалами.

Технологія виготовлення піно- чи газобетону досить проста: до приготованої цементної суміші додають піну зі спеціального агрегату – піногенератора, або газоутворювальну суміш. Пісок можна замінити на шлак, золу, дрібний вапняк. За

екологічними властивостями ніздрюватий бетон наближається до дерева, але довговічніший. Після перемішування компонентів суміш пористої структури готова для формування будь-яких будівельних виробів у камерах з атмосферним тиском. Завдяки простій технології вартість таких виробів досить низька. Сучасна технологія дає змогу виготовляти конструктивно-теплоізоляційні вироби густиною не більше, ніж 500-800 кг/м².

Водночас ніздрюваті бетони належать до крихких бетонів, які без додаткових елементів важко використовувати як пролітні конструкції, що має важливе значення в будівельній індустрії. Наявні дослідження та розробки стосуються переважно традиційного армування сталеву арматурою.

Застосування традиційного сталеву армування в піно- чи газобетонних елементах вимагає спеціального різального інструменту для його обробки, наприклад, коли частину його необхідно відрізати.

Тому багатьох проблем можна було б уникнути, якщо би вдалося замінити робочу арматуру таких конструкцій на таку, яка б легко піддавалася обробці, навіть звичайними інструментами широкого вжитку.

Як було сказано вище, у пролітних конструктивних елементах із ніздрюватих бетонів, звичайно використовують сталеву арматуру гладкого чи періодичного профілю. Експериментально-теоретичні дослідження інших типів армування, застосування їх в будівельній практиці, методики розрахунку таких конструкцій із нетрадиційним армуванням вивчені та застосовують недостатньо. Один зі шляхів вирішення проблеми – заміна традиційного армування на нетрадиційне (наприклад, на матеріали біологічного чи органічного походження, різні види сіток тощо). Крім того, завдяки позитивним властивостям ніздрюватих бетонів, їх можна достатньо ефективно використовувати як матеріал для несучих конструкцій, не лише однорідних, але й у поєднанні з іншими матеріалами.

Ключові слова: пінобетон, газобетон, нетрадиційне армування, міцність, деформативність.

Experimental researches of construction elements with uncertable concretes constructed by non-regular reinforcement

Yuriy Famulyak¹, Bogdan Demchina²

¹Lviv National Agrarian University,

²National University "Lviv Polytechnic"

Nowadays, uncentable concrete products are becoming increasingly widespread in building practice. The most common types of such concrete are foam and aerated concrete. These types of concrete, as a constructive material, play a significant role in saving money spent on the operation of buildings. The savings in this case are achieved due to the fairly low thermal conductivity of alkyd concrete.

Among the variety of building materials, fine-grained wall materials are the foundation of individual construction. Among all alternative types of such materials, the most affordable are foam and aerated concrete products, which allow to reduce the cost of residential and industrial

construction 2-3 times. Foam or aerated concrete products are intended for masonry of partitions of external and internal walls, thermal insulation of roofs, attics, floors, filling of cavities, sound insulation of reinforced concrete floor. They are lightweight, inexpensive, have sufficient thermal and acoustic properties, are environmentally friendly; in addition, such products can be sawn, drilled, milling.

Pitched concrete, like any other cement-based materials, eventually accumulate strength. They are considered non-combustible building materials.

The technology of manufacturing foam or aerated concrete is quite simple: to the prepared cement mixture add foam from a special aggregate - foam generator, or a gas-forming mixture. Sand can be replaced with slag, ash, small limestone. According to the environmental properties of the nicer concrete is approaching the tree, but more durable. After mixing the components, the mixture of the porous structure is ready for the formation of any building products in atmospheric pressure chambers. Thanks to the simple technology, the cost of such products is quite low. Modern technology makes it possible to make structural and thermal insulation products with a density of no more than 500-800 kg/m².

At the same time, pitted concrete belongs to fragile concrete, which, without additional elements, is difficult to use as flying structures, which is important in the construction industry. Available studies and developments relate mainly to traditional steel reinforcement.

The use of traditional steel reinforcement in foam or aerated concrete elements requires a special cutting tool for its treatment, for example, when part of it needs to be cut off.

Therefore, many problems could have been avoided if it were possible to replace the working armature of such structures with one that could easily be processed, even with ordinary tools of general use.

As it was mentioned above, in flying structural elements of pitched concrete, usually used steel fittings of smooth or periodic profile. Experimental-theoretical studies of other types of reinforcement, their application in building practice, methods of calculating such structures with non-traditional reinforcement have been studied and used insufficiently. One way to solve the problem is to replace traditional reinforcement with non-traditional ones (for example, materials of biological or organic origin, various types of nets, etc.). In addition, due to the positive properties of pitched concrete, they can be used effectively enough as a material for supporting structures, not only homogeneous, but also in combination with other materials.

Keywords: foam concrete, aerated concrete, non-regular reinforcement, strength, deformability.

Экспериментальные исследования конструктивных элементов из ячеистого бетона, армированных нетрадиционным армированием

Юрий Фамуляк¹, Богдан Демчина²

¹Львовский национальный аграрный университет,

²Национальный университет «Львовская политехника»

В наше время изделия из ячеистых бетонов приобретают все более широкое применение в строительной практике. Наиболее распространенными видами такого бетона

являются пено- и газобетон. Такие разновидности бетона, как конструктивный материал, играют существенную роль для экономии средств, которые тратят в процессе эксплуатации зданий. Экономия в данном случае достигается за счет достаточно низкой теплопроводности ячеистого бетона.

Среди разнообразия строительных материалов мелкоштучные стеновые материалы являются основой индивидуального строительства. Из всех альтернативных видов такого материала приемлемым по цене являются пено- и газобетонные изделия, которые позволяют снизить стоимость жилищного и промышленного строительства в 2-3 раза. Изделия из пено- или газобетона предназначены для кладки перегородок внешних и внутренних стен, теплоизоляции кровель, чердаков, полов, заполнения пустот, звукоизоляции железобетонного перекрытия. Они легкие, недорогие, имеют достаточные тепло- и звукоизоляционные свойства, экологически безопасные; кроме того, такие изделия можно пилить, сверлить, фрезеровать.

Ячеистые бетоны, как и любые другие материалы на основе цемента, со временем накапливают прочность. Их считают негорючими строительными материалами.

Технология изготовления пено- или газобетона достаточно проста: к приготовленной цементной смеси добавляют пену из специального агрегата – пеногенератора или газообразующую смесь. Песок можно заменить на шлак, золу, мелкий известняк. По экологическим свойствам ячеистый бетон приближается к древесине, но долговечнее. После перемешивания компонентов смесь пористой структуры готова для формирования любых строительных изделий в камерах с атмосферным давлением. Благодаря простой технологии стоимость таких изделий достаточно низкая. Современная технология позволяет изготавливать конструктивно-теплоизоляционные изделия плотностью не более, чем 500...800 кг/м².

В то же время ячеистые бетоны относятся к хрупким бетонам, которые без дополнительных элементов трудно использовать как пролетные конструкции, что имеет важное значение в строительной индустрии. Имеющиеся исследования и разработки касаются в основном традиционного армирования стальной арматурой.

Применение традиционного стального армирования в пено- или газобетонных элементах требует специального инструмента для его обработки, например, когда часть его необходимо отрезать.

Поэтому многих проблем можно было бы избежать, если бы удалось заменить рабочую арматуру таких конструкций на такую, которая бы легко подвергалась обработке, даже обычными инструментами широкого потребления.

Как было сказано выше, в пролетных конструктивных элементах с ячеистых бетонов обычно используют стальную арматуру гладкого или периодического профиля. Экспериментально-теоретические исследования других типов армирования, применение их в строительной практике, методики расчета таких конструкций с нетрадиционным армированием изучены и применяют недостаточно. Один из путей решения проблемы – замена традиционного армирования на нетрадиционное (например, на материалы биологического или органического происхождения, различные виды сеток и т.п.). Кроме того, благодаря положительным свойствам ячеистых бетонов, их можно достаточно эффективно использовать как материал для несущих конструкций, не только однородных, но и в сочетании с другими материалами.

Ключевые слова: пенобетон, газобетон, нетрадиционное армирования, прочность, деформативность.

Критерії міцності залізобетонних плоских елементів при спільній дії згинальних та крутних моментів, нормальних та дотичних сил

Олександр Журавський

Київський національний університет будівництва і архітектури

azhur@ua.fm; orcid.org/0000-0001-7065-3312

В роботі розглядається критерії міцності елементів, які працюють на згин в двох напрямках (плит перекриттів, фундаментних плит, монолітних перекриттів складної конфігурації), а також несучих стін, стін ядер жорсткості, пологих оболонки та інших елементів підданих спільній дії згинальних і крутних моментів (M_x, M_y, M_{xy}), нормальних і дотичних сил (N_x, N_y, N_{xy}), прикладених на рівні серединної поверхні елементів. Це питання також пов'язане з тим, що методи визначення міцності зазначених елементів не розглядаються в існуючих нормативних документах. Однак вони виступають в якості основних елементів конструкцій сучасних будівель з монолітного залізобетону.

Розглядаються плити, армовані арматурними сітками, розташованими паралельно серединної поверхні плити у нижній або верхній її поверхні або одночасно в обох поверхнях (в залежності від характеру напруженого стану).

Прийнято два види критеріїв міцності:

- Критерії першого виду оцінюють руйнування елементів внаслідок розвитку значних пластичних деформацій в арматурі, будучи критеріями пластичного руйнування по арматурі.
- Критерії другого виду оцінюють руйнування елемента по бетону до настання плинності в арматурі. Критерій, що характеризує таке руйнування, відносяться до критеріїв міцності по стиснутому бетону.

На першому етапі обчислюються ядрові моменти відносно поверхні верхніх ядрових точок M_{cx}, M_{cy}, M_{cxy} та відносно нижньої поверхні ядрових точок $M'_{cx}, M'_{cy}, M'_{cxy}$.

Після цього визначаються головні ядрові моменти відносно верхньої ядрової поверхні M_{cx}^{max} та відносно нижньої ядрової поверхні M'_{cx}^{min} .

Визначаються кути нахилу площадок додатки головних ядрових моментів α та α' .

Представлені критерії міцності і формули по підбору арматури залежать від схем утворення тріщин руйнування.

Розрізняють три основні схеми утворення тріщин руйнування:

- Схема «Н» (тріщини руйнування утворюються на нижній поверхні елемента).
- Схема «В» (тріщини руйнування утворюються на верхній поверхні плити).
- Схема «НВ» (тріщини руйнування утворюються одночасно на нижній і верхній поверхнях плити).
- Схема «С», коли тріщини не утворюються, але можливе руйнування елемента від стиску.

При розрахунку конструкцій за першою групою граничних станів міцність бетону на розтяг не враховується. У зв'язку з цим схема «Н» - руйнування по нижнім тріщинах

реалізується, якщо

$$M_{c,max} \geq 0, M'_{c,max} < 0.$$

Схема руйнування по верхніх тріщинах (схема «В») реалізується, якщо

$$M_{c,max} \leq 0, M'_{c,max} \geq 0.$$

Схема руйнування при наявності одночасно верхніх і нижніх тріщин (схема «НВ») реалізується, якщо виконуються одночасно нерівності

$$M_{c,max} > 0, M'_{c,max} > 0.$$

До схеми «С» відноситься руйнування елементів, для яких виконуються умови двохосного стиску:

$$M_{c,max} < 0, M'_{c,max} < 0.$$

$$M_{c,min} < 0, M'_{c,min} < 0.$$

Тут розрізняються два випадки руйнування:

випадок I (руйнування по площі дії $M_{c,min}$) $M_{c,min} < M'_{c,min}$;

випадок II (руйнування по площі дії $M'_{c,min}$) $M_{c,min} > M'_{c,min}$.

Ключові слова: критерій міцності, залізобетонні плоскі елементи, утворення тріщин.

Criteria strength of reinforced concrete flat elements under the joint action of bending and torsional moments, normal and tangential forces

Olexandr Zhuravsky

Kiev National University of Civil Engineering and Architecture

azhur@ua.fm; orcid.org/0000-0001-7065-3312

The criteria for the strength of elements working on bending in two directions (slabs, foundation slabs, monolithic ceilings of a complex configuration), as well as bearing walls, walls of stiffeners, sloping shells and other elements of subjects of joint action of bending and twisting moments (M_x, M_y, M_{xy}), normal and tangential forces (N_x, N_y, N_{xy}) applied at the level of the middle surface of the elements. This issue is also related to the fact that methods for determining the strength of these elements are not considered in existing regulatory documents. However, they act as the main elements of the structures of modern buildings from monolithic reinforced concrete.

Plates reinforced with reinforcing mesh located parallel to the middle surface of the plate in the lower or upper surface of the plate or simultaneously in both surfaces (depending on the nature of the stress state) are considered.

Two types of strength criteria were adopted:

- Criteria for the first type assess the destruction of elements due to the development of significant plastic deformations in the reinforcement, being criteria for plastic fracture in the reinforcement.

- Criteria of the second type assess the destruction of the element in concrete before the flow in the reinforcement. The criterion characterizing such destruction refers to the criteria for the strength of compressed concrete.

At the first stage, the core moments are calculated relative to the surface of the upper sound points M_{cx}, M_{cy}, M_{cxy} and relative to the lower surface of the sound points $M'_{cx}, M'_{cy}, M'_{cxy}$.

After that, the main core moments are determined with respect to the upper sound surface $M_{cx \frac{max}{min}}$ and relative to the lower sound surface $M'_{cx \frac{max}{min}}$.

The angles of the slopes of the application areas of the main sound moments α and α' are determined.

The presented strength criteria and formulas for the selection of reinforcement depend on the schemes for the formation of fracture cracks.

There are three main schemes for the formation of fracture cracks:

- Scheme "H" - fracture cracks are formed on the bottom surface of the element.
- Scheme "B" - fracture cracks are formed on the top surface of the plate.
- Scheme "HB" - fracture cracks are formed simultaneously on the lower and upper surfaces of the plate.
- Scheme "C" - cracks are not formed, but it is possible to destroy the element from compression.

When calculating the structures for the first group of limit states, the tensile strength of concrete is not taken into account. In this connection, the "H" scheme - destruction along the lower cracks is realized if

$$M_{c,max} \geq 0, M'_{c,max} < 0.$$

The fracture scheme for the upper cracks (scheme "B") is realized if

$$M_{c,max} \leq 0, M'_{c,max} \geq 0.$$

The fracture scheme in the presence of simultaneously upper and lower cracks (the "HB" scheme) is realized if the inequalities

$$M_{c,max} > 0, M'_{c,max} > 0.$$

Scheme "C" refers to the destruction of elements for which the biaxial compression conditions are satisfied:

$$M_{c,max} < 0, M'_{c,max} < 0.$$

$$M_{c,min} < 0, M'_{c,min} < 0.$$

There are two cases of destruction:

case I (destruction by area of action $M_{c,min}$) $M_{c,min} < M'_{c,min}$;

case II (destruction by area of action $M'_{c,min}$) $M_{c,min} > M'_{c,min}$.

Keywords: criteria strength, reinforced concrete flat elements, crack formation.

Критерии прочности железобетонных плоских элементов при совместном действии изгибающих и крутящих моментов, нормальных и касательных сил

Александр Журавский

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

azhur@ua.fm; orcid.org/0000-0001-7065-3312

В работе рассматриваются критерии прочности элементов, работающих на изгиб в двух направлениях (плит перекрытий, фундаментных плит, монолитных перекрытий сложной конфигурации), а также несущих стен, стен ядер жесткости, пологих оболочек и других элементов поданных совместного действия изгибающих и крутящих моментов (M_x , M_y , M_{xy}), нормальных и касательных сил (N_x , N_y , N_{xy}), приложенных на уровне срединной поверхности элементов. Этот вопрос также связано с тем, что методы определения прочности указанных элементов не рассматриваются в существующих нормативных документах. Однако они выступают в качестве основных элементов конструкций современных зданий из монолитного железобетона.

Рассматриваются плиты, армированные арматурными сетками, расположенными параллельно срединной поверхности плиты в нижней или верхней ее поверхности или одновременно в обеих поверхностях (в зависимости от характера напряженного состояния).

Принято два вида критериев прочности:

- Критерии первого вида оценивают разрушения элементов вследствие развития значительных пластических деформаций в арматуре, будучи критериям пластического разрушения по арматуре.
- Критерии второго вида оценивают разрушения элемента по бетону до наступления текучести в арматуре. Критерий, характеризующие такое разрушение, относятся к критериям прочности по сжатию бетона.

На первом этапе вычисляются ядровые моменты относительно поверхности верхних ядровых точек M_{cx}, M_{cy}, M_{cxy} и относительно нижней поверхности ядровых точек $M'_{cx}, M'_{cy}, M'_{cxy}$.

После этого определяются главные ядровые моменты относительно верхней ядровой поверхности $M_{cx \frac{max}{min}}$ и относительно нижней ядровой поверхности $M'_{cx \frac{max}{min}}$.

Определяются углы наклона площадок приложения главных ядровых моментов α и α' .

Представленные критерии прочности и формулы по подбору арматуры зависят от схем образования трещин разрушения.

Различают три основных схемы образования трещин разрушения:

- Схема «Н» - трещины разрушения образуются на нижней поверхности элемента.
- Схема «В» - трещины разрушения образуются на верхней поверхности плиты.
- Схема «НВ» - трещины разрушения образуются одновременно на нижней и верхней поверхностях плиты.
- Схема «С» - трещины не образуются, но возможно разрушение элемента от сжатия.

При расчете конструкций по первой группе предельных состояний прочность бетона на растяжение не учитывается. В связи с этим схема «Н» - разрушение по нижним трещинам реализуется, если

$$M_{c,max} \geq 0, M'_{c,max} < 0.$$

Схема разрушения по верхним трещинам (схема «В») реализуется, если

$$M_{c,max} \leq 0, M'_{c,max} \geq 0.$$

Схема разрушения при наличии одновременно верхних и нижних трещин (схема «НВ») реализуется, если выполняются одновременно неравенства

$$M_{c,max} > 0, M'_{c,max} > 0.$$

Схеме «С» относится разрушения элементов, для которых выполняются условия двухосные сжатия:

$$M_{c,max} < 0, M'_{c,max} < 0.$$

$$M_{c,min} < 0, M'_{c,min} < 0.$$

Здесь различаются два случая разрушения:

случай I (разрушение по площади действия $M_{c,min}$) $M_{c,min} < M'_{c,min}$;

случай II (разрушение по площади действия $M'_{c,min}$) $M_{c,min} > M'_{c,min}$.

Ключевые слова: критерий прочности, железобетонные плоские элементы, образование трещин.

Методи розрахунку несучої здатності підсилених залізобетонних перерізів балок, похилих до поздовжньої осі

¹ Андрій Мазурак, ² Іван Ковалик, ³ Василь Михайлечко,

^{1,2,3} Львівський національний аграрний університет

В статті подані методики розрахунку залізобетонних балок за несучою здатністю похилих перерізів. Проведено порівняльний аналіз результатів розрахунку та експериментальних даних, зроблені відповідні висновки.

Проблема досліджень залізобетонних елементів за несучою здатністю похилих перерізів розглядалась неодноразово з висуванням великої кількості пропозицій щодо розрахунку, які відрізняються окремими положеннями проектування і принципово різними підходами. Адже і сьогодні це призводить до використання недосконалих методів розрахунку, що в одних випадках спричинює перевитрату матеріалів і ускладнення армування, а в інших – незабезпечує надійність проектованих конструкцій.

Для теоретико-експериментальних досліджень використано методики оцінки несучої здатності похилих перерізів, які базувались на вітчизняних та іноземних нормативних документах а також пропозиціям по розрахунку окремих авторів.

Для залізобетонних балочних конструкцій, які не вимагають поперечного армування, міцність на зсув та зріз є головним критерієм при проектуванні конструкцій їх підсиленні та ремонті. Основними причинами руйнування, які важко оцінити при проектуванні є крихка поведінка конструкцій в при опорній зоні з частковим або повним деформуванням матеріалу. Незважаючи на численні дослідження в цій області, оцінка похилих перерізів в армованих і попередньо напружених залізобетонних конструкціях, залишається складним явищем настільки, що нинішні підходи часто змушені приводитись в емпіричних або спрощених виглядах.

Провівши теоретико-експериментальний аналіз досліджень несучої здатності елементів похилих до поздовжньої осі нормативним документам Eurocode 2, FIB 2010b , колишніх норм СНиП 2.03.01-84* та методики RILEM TC 162-TDF, можна зробити висновок, що підходи до визначення несучої здатності за поперечною силою значно відрізняються один від одного та мають розбіжності в методиці розрахунку, результатом чого стала не збіжність між собою значень розрахунку за різними методиками.

Ключові слова: залізобетонна балка, несуча здатність, поперечне армування, похилі перерізи.

Methods calculation bearing ability increase reinforce-concrete cuts beams, sloping to longitudinal axis

¹*A.Mazurak*, ²*I. Kovalyk*, ³*V. Myhailechko*

^{1,2,3} Lviv national agrarian university

In the article the given methodologies calculation reinforce-concrete beams are after bearing strength sloping cuts. The comparative analysis results calculation and experimental data is conducted, corresponding conclusions are done.

The problem researches of reinforce-concrete elements after bearing strength sloping cuts was examined repeatedly with pulling out plenty suggestions in relation to a calculation, that differ in separate positions planning and fundamentally different approaches. In fact and today it results in the use imperfect methods calculation, that in one cases causes the overrun materials and complication reinforcement, and in other is does not provide reliability the designed constructions.

For theorist experimental researches methodologies of estimation of bearing strength of sloping cuts that were based on home and foreign normative documents and also to suggestions upon settlement of separate authors are used.

For reinforce-concrete beam constructions that does not require transversal re-enforcement, durability on a change and cut is a main criterion at planning. By principal reasons of destruction, that it is difficult to estimate at planning there is fragile behavior of constructions in at a supporting zone with partial or complete deformation of material. Without regard to numerous researches in this area, estimation of sloping cuts in the reinforced and preliminary tense reinforce-concrete constructions, it remains the difficult phenomenon so that present approaches often force to be driven to empiric or simplified variants.

Conducting the theorist experimental analysis bearing strength of elements sloping to the longitudinal axis to the normative documents Eurocode 2, FIB 2010b, former norms SNiP 2.03.01-84* and methodologies RILEM TC 162 - TDF, it is possible to draw conclusion, that going near determination of bearing strength after transversal force considerably differ one from other and have fundamental divergences in methodology of calculation, by a result what not convergence became inter se different methodologies of calculation.

Keywords: reinforce-concrete beam, bearing strength, transversal re-enforcement, sloping cuts.

Методы расчета несущей способности усиленных железобетонных сечений балок, наклонных к продольной оси

¹*Андрей Мазурак*, ²*Иван Ковалик*, ³*Василий Михайлечко*,

^{1,2,3} Львовский национальный аграрный университет

В статье представлены методики расчета железобетонных балок по несущей способности наклонных сечений. Проведен сравнительный анализ результатов расчета и экспериментальных данных, сделаны соответствующие выводы.

Проблема исследований железобетонных элементов по несущей способности наклонных сечений рассматривалась неоднократно с выдвиганием большого количества предложений по расчету, которые отличаются и отдельными положениями проектирования и принципиально разными подходами. Ведь и сегодня это приводит к использованию несовершенных методов расчета, что в одних случаях вызывает перерасход материалов и осложнение армирования, а в других - не обеспечивает надежность проектируемых конструкций.

Для теоретико-экспериментальных исследований использованы методики оценки несущей способности наклонных сечений, которые базировались на отечественных и иностранных нормативных документах а также предложениям по расчету отдельных авторов.

Для железобетонных балочных конструкций, которые не требуют поперечного армирования, прочность на сдвиг и срез есть главным критерием при проектировании усиления и ремонте. Основными причинами разрушения, которые трудно оценить при проектировании есть хрупкое поведение конструкций в при опорной зоне с частичным или полным деформированием материала. Невзирая на многочисленные исследования в этой области, оценка наклонных сечений в армированных и предварительно напряженных железобетонных конструкциях, остается сложным явлением настолько, что нынешние подходы часто вынуждены приводиться в эмпирических или упрощенных видах.

Проведя теоретико-экспериментальный анализ исследований несущей способности элементов наклонных к продольной оси нормативными документами Eurocode 2, FIB 2010b, бывшие нормы СНиП 2.03.01-84* и методики RILEM TC 162 - TDF, можно сделать вывод, что подходы к определению несущей способности за поперечной силой значительно отличаются один от другого и имеют принципиальные расхождения в методике расчета, результатом чего стала не сходимость между собой разных методик расчета.

Ключевые слова: железобетонная балка, несущая способность, поперечное армирование, наклонные сечения.