

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

9-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Тези доповідей



17–19 листопада 2021 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 9-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

Харків 2021

9-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 17-19 листопада 2021 р.: Тези доповідей. - Харків: УкрДУЗТ, 2021. - 281 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: залізниця, автомобільні дороги, промисловий транспорт і геодезичне забезпечення; будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд.

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2021

ЗМІСТ

Секція

ШЛЯХИ СПОЛУЧЕННЯ, БЕЗПЕКА РУХУ ТА УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

RESEARCH OF THE ELASTIC CLAMP IN RAIL FASTENINGS OF TYPE KPP-5 IN VARIOUS OPERATIONAL M.A. Arbuzov, O.V. Hubar, R. V. Markul, O.L. Tiutkin, V.S. Andrieiev, V.M. Suslov.....	14
SUBSTANTIATION OF RATIONAL NORMS OF PERIODICITY OF REPAIR WORK OF THE RAILWAY TRACK Y.M. Fedorenko.....	15
CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF HIGH- SPEED TRAFFIC IN UKRAIN D.M. Kurhan, D.L. Kovalskyu	17
IMPROVEMENT OF FREIGHT MANAGEMENT TECHNOLOGY N. Panchenko, A. Krashenin, A. Kovalov, O. Shapatina, O. Kovalova..	19
АЛГОРИТМ ПРОСТОРОВОГО ЗОНУВАННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З УРАХУВАННЯМ ПОТРЕБ ДЛЯ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ ВЕЛИКИХ МІСТ А.О. Атинян, О.В. Завальний, Г.М. Панкеева, Ю.В. Краснокутская, Т.О. Черноусова.....	20
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОСТОРОВОЮ МІСЬКОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ О.В. Афанасьєв, С.Г. Нестеренко, Є.М. Коростельов, М.О. Пиличева, В.О. Фролов.....	22
ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИН СХОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСУ ВКЛУЧУВАННЯ ЙОГО КОЛЕСА НА ГОЛОВКУ РЕЙКИ А.В. Батіг, А.Я. Кузишин, М.О.Кузін, А.Р. Мілянч, П.М. Грицишин...	24
ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ТА ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ ДО ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ О.М. Баль, І.О. Бондаренко.....	26
СУЧАСНІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ А.В.Балян, І.О. Новаковська, Н.Ф. Іщенко, Л.Р. Скрипник, М.П. Стецюк.....	28
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ Г.С. Бауліна, Г.Є. Богомазова, В.М. Прохоров, С.М. Продащук.....	30
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ БЕЗПЕЧНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ Г.Є. Богомазова, С.М. Продащук, Г.С. Бауліна, В.І. Шевченко.....	32

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН РЕЙКОШПАЛЬНОЇ ОСНОВИ ВІД ДІЇ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	
Н.В. Бугаєць, С.В. Панченко, Д.А. Фаст.....	33
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ПІД ДІЄЮ СУЧАСНИХ ТИПІВ ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	
В.Г. Вітольберг, Д.О. Потапов, Д.В. Шумик, В.Д. Бойко, С.В. Кулік..	35
ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ	
Н.В. Гриценко.....	37
БЕЗПЕКА РУХУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ СХОРОННОСТІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	
В.М. Запара, Г.С. Бауліна, О.М. Костєнніков, В.В. Столбовой.....	38
АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ	
Я.В. Запара, А.О. Ковальов, А.Л. Кравець, В.О. Гарбузов.....	40
ОЦІНКА ЯКОСТІ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ СФОРМОВАНОГО ПІДХОДОМ FORM-BASED CODES (ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВЕ КОДУВАННЯ) ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ МІСТА	
М.С. Колоша.....	42
ДИНАМІЧНА ПОВЕДІНКА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ РЕСОРНОГО ПІДВІШУВАННЯ ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	
А.Я. Кузишин, Ю.Г. Соболевська, С.А. Костриця, А.В. Батіг, В.В. Боярко	44
НАДІЙНІСТЬ УТРИМАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КРИВИХ ЗА ЇХ ПРОЄКТНИМИ ПАРАМЕТРАМИ	
М.Б. Курган, Д.М. Курган, Н.П. Хмелевська.....	46
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	
Д.В. Ломотько, О.М. Огар, Д.С. Козодой, В.В. Барбашин, М.Д Ломотько.....	48
ОЦІНКА ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ВАГОНІВ	
І.Е. Мартинов, А.В. Труфанова, В.О. Шовкун, В.М. Петухов, О.М. Сафронов.....	50
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ	
О.М. Огар, А.В. Колісник, О.В. Щєбликіна.....	52
ОЦІНКА НАПРУЖЕНОГО СТАНУ РЕЙОК ПРИ ШВИДКОСТЯХ РУХУ БІЛЬШЕ 160 КМ/ГОД	
Д.О. Потапов, В.Г. Вітольберг, А.С. Малішевська, В.В. Новиков, П.В. Пліс, В.М. Суслов.....	53

АНАЛІЗ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ПРИ СТВОРЕННІ ЄДИНОГО РЕЄСТРУ НЕРУХОМОСТІ В УКРАЇНІ	
Н.М. Ступень, В.М. Сай, З.Р. Рижок, Н.В. Бєлікова, Е.А. Бєліков.....	55
РИНОК ЗЕМЛІ: УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ ТА СВІТОВИЙ ДОСВІД	
Н.М. Ступень, Р.М. Ступень, В.М. Сай, Н.В. Бєлікова, Е.А. Бєліков.	57
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ	
Д.С. Тройников, Д.В. Ломотько, Д.С. Лючков.....	59
ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ РЕМОНТІВ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ НА БАЗІ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ	
Є.Б. Угненко, О.М. Ужвієва, Сорочук Н.І., В.О. Юрченко, Г. Віселга	61
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА	
В.О. Чумакевич, Н.В. Бєлікова, Е.А. Бєліков, В.В. Чумакевич.....	63
ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ СКАНЕРІВ В ПРАКТИЦІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ	
В. О. Чумакевич, Н. В. Бєлікова, Е.А. Бєліков, А.Й. Віват, Є.О. Шило	65
ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ УКРАЇНИ	
А.О. Шевченко, О.С. Шевченко, В.А. Лютий, В.Г. Мануйленко, Н.О. Муригіна.....	67

Секція

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

PRODUCTION OF COST-EFFECTIVE CONCRETE BORED HOLLOW-SECTION PILES BY VIBROVACUUMIZING	
Adil Khalid Ali, I.V. Shumakov, V.Yu. Miroshnikov, B.N. Younis, A.B. Savin.....	69
EXPERIMENTAL STUDIES OF SLIDE PLANES AND HORIZONTAL STRESSES IN MULTILAYERED BACKFILL	
D. Cherpurnyi, S. Yesakova, V. Naidonova, S. Tabachnikov.....	70
DURABILITY OF CRANE METAL STRUCTURES	
N. Fidrovska, E. Slepuzhnikov, R. Ponomarenko, M. Chyrkina, I. Perevoznyk.....	72
TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF WATER IN THE BOILER OF A SOLAR WATER HEATER	
D.T. Guliev.....	74
METHODS OF CFD-ANALYSES FOR TASKS OF PEDESTRIAN COMFORT WITHIN A BUILT ENVIRONMENT	
A. Makhinko, N. Makhinko.....	76
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ДВУТАВРОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З НОРМАЛЬНИМИ ТРІЩИНАМИ ПРИ РОЗРАХУНКУ НА КРУЧЕННЯ	
Т.Н. Азізов, Д.В. Кочкаръов, Г.Т. Галінська.....	78

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ НА ЦІЛІСНІСТЬ СКЛОПЛАСТИКОВОГО ТРУБОПРОВОДУ В.А. Александрович, О.В. Гаврилюк.....	80
ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЛОТКІВ ІЗ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк.....	82
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО АРМУВАННЯ РОЗТЯГНУТИХ ТА ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ЗАДАНОЮ ТРІЩИНОСТІЙКІСТЮ В.Є. Бабич, О. Є. Поляновська, І. В. Швець.....	84
ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ СТЕНДОВОГО БЕЗОПАЛУБНОГО ФОРМУВАННЯ Х.З. Байтала, Т.П. Донець, О.А. Фесенко.....	86
РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ СТАЛЕВИХ ФЕРМ ПОКРИТТЯ КОНВЕРТОРНОГО ЦЕХУ Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко, В.М. Бакуліна.....	87
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ КАРНИЗІВ НА ЗАПОБІГАННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ВЕРТИКАЛЬНИМИ БУДІВЕЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ Я.В. Балло, Р.С. Яковчук, В.М. Ковальчук, В.В. Ніжник, Р.Б. Веселівський.....	89
АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙ ТА РУЙНУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ПРИЗМ ПІСЛЯ ВПЛИВУ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА УМОВ РОБОТИ С.Ю. Берестянська, Є.І. Галагуря, М.О. Ковальов, Л.Б. Кравців, О.В. Опанасенко.....	91
ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ФУНДАМЕНТІВ СИЛОСІВ НА ТЕРМІНАЛАХ ПЕРЕВАЛКИ ЗЕРНОВИХ А.А. Бутенко, А.О. Мозговий.....	93
ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ЗАКРІПЛЕННІ ГРУНТОВИХ ОСНОВ БУДІВЕЛЬ МЕТОДОМ ІН'ЄКЦІЇ РОЗЧИНІВ Г.Л. Ватуля, О.В. Лобяк, М.В. Павлюченков, Д.Г. Петренко, О.П. Воскобійник.....	95
ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ РЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ КОМПЛЕКСНИМ ВПЛИВОМ В.М. Власовець, Т.В. Власенко, А.М. Кравець, І.О. Біловод, Л.В. Шульга.....	97
ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ САМОНАПРУЖЕНОГО БЕТОНУ Є.І. Галагуря, О.А. Бєліченко, М.В. Павлюченков, Л.Б. Кравців, І.В. Биченок.....	99

МЕТАЕВРИСТИЧНИЙ ПІДХІД ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОПТИМАЛЬНОГО АРМУВАННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ЗГИН І ЗРІЗ	
Т.А. Галінська, Д.М. Овсій, О.М. Овсій	101
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	
Ю.І. Гезенцевей, Д.О. Банніков	103
СИНТЕЗ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТОПОЛОГІЇ КОМБІНОВАНИХ СТАЛЕВИХ ФЕРМ	
М.В. Гоголь, У.Д. Марущак, Т.А. Галінська, Д.П. Сидорак	105
ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ РІШЕНЬ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КОЛЕКТОРІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ НЕГЛИБОКОГО ЗАЛЯГАННЯ	
Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, А.С. Карагяур, Є.Г. Дегтяр, О.П. Воскобійник	107
ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ГАРЯЧОЇ ВОДИ У СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	
В.В. Гранкіна, О.М. Малявіна, Г.І. Благодарна, С.В. Волик, С.В. Романенко	109
ОЦІНКА ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНОГО ЗВ'ЯЗУЮЧОГО КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ	
С.Г. Гузій, Т.М. Курська, О.В. Ходаковський, А.М. Ковальчук, А.А. Чернуха	111
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ПОЗАЦЕНТРОВОМУ СТИСКУ ІЗ МАЛИМИ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ В ПК «ЛІРА САПР»	
Є.А. Дмитренко, Ю.В. Гензерський, І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін	113
ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НА ОСНОВІ ДВОРІВНЕВОЇ ОЦІНКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ	
О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Є.В. Клименко, О.Г. Фенко	115
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІРНО-ІН'ЄКЦІЙНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ГЛИНИСТИХ ҐРУНТІВ	
П.М. Должиков, В.А. Александрович, Ю.І. Кобзар, О.В. Гаврилюк ...	117
ВІБРАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗБІРНЕ ЗАЛІЗОБЕТОННЕ ПЕРЕКРИТТЯ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ	
Б.М. Ільницький, А.П. Крамарчук, О.Я. Литвиняк, Т.В.Бобало	119
ОПР ЦЕГЛЯНИХ СТОВПІВ ЦЕНТРАЛЬНОМУ Й ПОЗАЦЕНТРОВОМУ СТИСКУ	
О.В. Кічасва	121
МЕТОДИКА ТА ОБЛАДНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАВІЙНОЇ ЗАСІПКИ У МАСЛОПРИЙМАЧІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ	
Р.В. Климась, В.В. Ніжник, Я.В. Балло	123

ЗАСТОСУВАННЯ ХОЛОДОАКУМУЛЯТОРІВ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУТРАНСПОРТІ	
В.В. Клименко, О.В. Скрипник, В.В. Свяцький, В.В. Братішко.....	125
НАПРУЖЕНИЙ СТАН КОМПОЗИТНИХ ТОНКОСТІННИХ ПРОФІЛІВ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ	
А.В. Кондратьєв, І.М. Тараненко, А.А. Царіцинський, Т.П. Набокiна	127
ОСОБЛИВОСТІ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТАЛЕВИХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ	
А.П. Крамарчук, Б.М. Ільницький, О.Я. Литвиняк.....	129
НЕЛІНІЙНИЙ АНАЛІЗ НЕРОЗРІЗНОЇ ДВОПРОГІННОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ В ANSYS MECHANICAL	
О.М. Крантовська, Л.М. Ксьоншкевич, С.В. Синій, Р.В. Пасічник, Ю.Г. Москалькова.....	131
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ НА ПЕРЕРОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ СТІЙКАМИ ПАЛЬОВИХ ОПОР МОСТІВ	
С.М. Краснов, К.В. Бережна.....	133
ПОВЕДІНКА ГРУНТОВОГО ШАРУ ЖОРСТКОЇ АЕРОДРОМНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ	
К.В. Краюшкіна.....	135
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗУ НАДІЙНОСТІ ТРУБОПРОВІДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ВІДПОВІДНО ДО ВИДІВ ПОШКОДЖЕНЬ	
О.М. Малявіна, В.В. Гранкіна, А.В. Якунін, В.А. Міланко.....	136
РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК НА ОСНОВІ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ	
П.Б. Митрофанов, В.Ф. Пенц, А.М. Карюк, Н.М. Магас, О.Г. Горб.....	138
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОЦЕМЕНТУ	
О.В. Михайловська, М.Л. Зоценко, В.В. Клименко.....	140
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ОСНОВ	
О.В. Михайловська, В.О. Черніков.....	142
МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЗАДАЧІ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЗУЧОСТІ ТА ПОШКОДЖУВАНОСТІ СТЕРЖНІВ ПРИ ЗГИНІ	
В.Ю. Мірошніков, О.Б. Савін, В.М. Соболев, Б. Юніс.....	144
МОДЕЛЮВАННЯ ЩОРІЧНИХ МАКСИМАЛЬНИХ ПАВОДКОВИХ ВИТРАТ ВОДОСХОВИЩ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ	
А.О. Мозговий, К.В. Спіранде, С.В. Бутнік.....	146
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ ЧЕРЕЗ ВІКОННИЙ ПРОРІЗ БУДИНКУ З ГОРЮЧИМ ФАСАДОМ НА ЕЛЕМЕНТИ СУМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ	
В.В. Ніжник, С.В. Поздєєв, Т.М. Шналь, Ю.Л. Фещук, В.С. Некора...	148
ВПРОВАДЖЕННЯ ВІБРОАРМОВАНИХ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ	

О.П. Новицький	150
МАЙБУТНЄ ПРОЄКТУВАННЯ. ПЕРЕВАГИ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ	
В.Ю. Олійник	152
ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ЗМІЦНЕННЯ БЕТОНУ ТРУБО- БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІД ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	
А.М. Павліков, Д.В. Кочкаръов, О.В. Гарькава, К.І. Андрієць	154
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛІВ ТА МІЦНІС- НИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОГАБАРИТНОГО ФРАГМЕНТУ	
А.В. Перегін, О.М. Нуянзін, Т.М. Шналь, С.Д. Щіпець, О.М. Мирошник	156
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА	
В.В. Погрібний, О.О. Довженко, В.А. Кириченко	158
ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ КРИВИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖІ	
С.В. Поздєєв, Т.М. Шналь, П.Ф. Холод, С.М. Федченко, І.А. Неділько.	160
ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСПЕРСНО АРМОВАНИХ БЕТОНІВ В ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇНАХ ТА США ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА	
В.О. Процюк, О.В. Андрійчук	162
ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЕВОГО УТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ТРІЩИН В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ ЗА ОСЬОВОГО РОЗТЯГУ	
В.М. Ромашко, О.В. Ромашко-Майструк, Д.О. Троцковець	164
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ САМОНАПРУЖЕНОЇ НЕРОЗРІЗНОЇ ТРИПРОЛІТНОЇ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ	
О.В. Семко, А.В. Гасенко, Н.М. Магас	166
ХАРАКТЕРНІ ДЕФЕКТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ПІД ВПЛИВОМ ВОЛОГИ	
О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Ю.О. Авраменко, Н.М. Магас.	168
ПОСИЛЕННЯ СТОВПЧАСТИХ ОПОР ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	
О.В. Синьковська, А.В. Ігнатенко, М.К. Тімченко	170
ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПРИ ТЕПЛОВОМУ ВПЛИВІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖІ	
С.О. Сідней, В.М. Гвоздь, О.М. Тищенко, Т.М. Шналь, С.В. Поздєєв..	172
АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА РОБОТУ ДВОТАВРОВИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОДИФІКОВАНИХ БАЛОК	
К.В. Спіранде, Р.М. Шемет, М.В. Якименко, К.Д. Шемет	174
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТОВЩИНИ ОБВУГЛЮВАННЯ	
А.В. Субота, О.В. Некора, Я.В. Змага, Є.О. Тищенко	176

МОДЕЛЮВАННЯ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ОБОЛОНКУ У ФОРМІ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ПАРАБОЛОЇДА	
М.Г. Сур'янінов, Шаріф Жгаллі.....	178
МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ БАГАТОПУСТОТНИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ	
М.Г. Сур'янінов, І.Б. Корнєєва, Д.О. Кіріченко.....	180
ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ АЕРОДРОМНИХ ПЛИТ	
М.Г. Сур'янінов, Ю.С. Крутій, З.О. Головата, І.Б. Корнєєва.....	183
МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ БАЛОК	
М.Г. Сур'янінов, С.П. Неутов, О.М. Чучмай, Д.О. Кіріченко.....	185
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМАХ НАВАНТАЖЕННЯ	
С.В. Філіпчук.....	187
МАТЕМАТИЧНА ТЕОРІЯ ДІАГРАМИ «НАПРУЖЕННЯ-ДЕФОРМАЦІЇ» БЕТОНУ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ ТА ПРИ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	
С.Л. Фомін, С.В. Бутенко, І.А. Плахотнікова, С.М. Колєсніков.....	189
ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЗЧЕПЛЕННЯ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ HARD+ З БЕТОНОМ	
В.С. Шмуклер, П.М. Фірсов, А.В. Набока, О.О. Акіменко.....	191

Секція

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАХИСТ І РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД

RADIATION CONTROL OF NATURAL BUILDING RAW MATERIALS	
М. Chyrkina, R. Ponomarenko, E. Slepuzhnikov, D. Kozodoi.....	193
МОДИФІКУВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛАМИ НЕОРГАНІЧНИХ В'ЯЖУЧИХ ТА БЕТОНИХ СУМІШЕЙ НА ЇХ ОСНОВІ	
А.О. Атинян, О.М. Пустовойтова, С.В. Шаповал, А.А.Жигло, О.Ю. Супрун.....	195
ВИКОРИСТАННЯ САМОУЦІЛЬНЮЮЧОГО БЕТОНУ З ДОБАВКАМИ ПОЛІКАРБОКСИЛАТНОГО ТИПУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДОВГОМІРНИХ ЗБК	
О.Ю. Бердник, Н.О. Амеліна, А.А. Майстренко, Є.М. Петрикова.....	197
ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ПОЛІМЕРНОГО МОДИФІКАТОРА В РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІПШЕНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АКРИЛОВИХ КЛЕЙОВИХ КОМПОЗИЦІЙ	
П.А. Білим, С.М. Золотов, П.М. Фірсов, Амір Шахін, Каіс Хусаїн.....	199
ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОУТВОРЕННЯ ІШПІНІЛЬНИХ СПОЛУК У СИСТЕМІ MgO – Al ₂ O ₃ – TiO ₂ – FeO	
О.М. Борисенко, С.М. Логвінков, І.А. Остапенко, Г.М. Шабанова, А.А. Івашура.....	201

МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ВЛАСТИВОСТЕЙ САМОУЩІЛЬНЮЮЧОГО БЕТОНУ	
С.О. Бугаєвський, В.В. Маляр, А.Д. Чумакова, І.В. Назаренко.....	203
ЧИ НАДІЙНА НАДІЙНІСТЬ...?	
В.М. Вировой, О.О. Коробко, В.Г. Суханов.....	205
КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ СИЛКАТНОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ СИЛОСІВ	
О.С.Герасименко, О.В.Романенко, І.В.Подтележнікова, І.В.Семашко..	207
ВПЛИВ АНТИКОРОЗІЙНИХ ПІГМЕНТІВ НА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКОВИХ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ	
В.І. Гоц, О.В. Ластівка, О.О. Томін.....	208
КОРОЗІЙНОСТІЙКІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІДІ Й МОЛІБДЕНУ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	
В.Г. Гречанюк, В.О. Чорновол, Ю.І. Ковальчук, Т.В. Вітовецька, В.В. Гоц	210
НАНОМОДИФІКОВАНІ КОМПОЗИЦІЙНІ РОЗЧИНИ	
В.М. Дерев'янюк, Н.В. Кондратьєва, В.Є. Волкова, Г.М. Гришко.....	212
ВПЛИВ ВІДХОДІВ ГЛИНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ВЛАСТИВОСТІ ДОРОЖНЬОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ	
О.Ю. Дорошенко.....	214
ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОПРОВІДНОГО БЕТОНУ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ	
В.В. Журавель, О.С. Борзяк.....	216
СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПОЛІМЕРБЕТОННОГО ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ У СІРЧАНОКИСЛОМУ СЕРЕДОВИЩІ	
О.В. Кабусь, В.В. Лихограй.....	217
РОЗРОБКА КИСЛОТОСТІЙКИХ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОЛИ-ВИНОСУ	
О.Ю. Ковальчук, В.В. Зозулинець.....	219
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРАЗКІВ ЧЕРВОНОГО ГРАНІТУ ОМЕЛЯНІВСЬКОГО РОДОВИЩА УКРАЇНИ	
Ю.І. Ковальчук, В.Г. Гречанюк, В.О. Чорновол, В.Ю. Апанасенко, О.О. Іванків.....	221
ПРО НЕОБХІДНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ КОНСТРУКЦІЙ	
В.В. Колохов.....	223
ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕТОДОЛОГІЇ З ВИБОРУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	
Т.О. Костюк, А.А. Плугін, О.В. Старкова, Д.О. Бондаренко, О.С. Борзяк	225
ЗНИЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУГ В ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИТАХ ВВЕДЕННЯМ МІКРОФІБРИ	
Т.О.Костюк, М.Г.Салія, О.І.Бондаренко, О.Б.Деденьова, Ю.Ю.Савчук	227

ОТРИМАННЯ ДЕКОРАТИВНИХ ЛУЖНО-АКТИВОВАНИХ ЦЕМЕНТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ШЛАКІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА	
П.В.Кривенко, І.І.Руденко, О.Г.Гелевера, Н.В.Рогозіна.....	229
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА СТІЙКІСТЬ ШЛАКОЛУЖНОГО БЕТОНУ ДО ПЕРЕМІННОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ І ВІДТАВАННЯ В РОЗЧИНІ NaCl	
П.В. Кривенко, І.І. Руденко, О.П. Констатиновський, В.О. Лісогор.....	231
ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОТВЕРДНУЧИХ БЕТОНІВ ДЛЯ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА	
Т.П. Кропивницька, О.В. Рихліцька, І.М. Гев`юк, Н.В. Грабчак.....	233
БЕЗУСАДОЧНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ ЛУЖНОГО ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТУ ДЛЯ РЕМОНТУ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	
Т.П. Кропивницька, М.А. Саницький, А.Т. Камінський, Ю.Б. Бобецький.....	235
ФАЗОВИЙ СКЛАД ТА СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З ДОБАВКОЮ ШАМОТУ	
Л.М. Ксьоншкевич, К.О. Стрельцов, О.М. Крантовська, С.В. Синій, Ю.Г. Москалькова.....	237
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ БУДІВЕЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
В.В. Лебедєв, Т.С. Тихомирова, А.О.Лозовицький, О.М. Філенко, Т.К. Григорова.....	239
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ	
В.В. Ломага, О.Ю. Цапко, В.В. Коваленко, А.Е. Оніщук, Р.В. Ліхновський.....	240
ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ	
У.Д. Марущак, М.А. Саницький, М.В. Гоголь, О.Р. Позняк, О.Т. Мазурак.....	243
ГЕРМЕТИЗАЦІЯ СТИКІВ МІЖ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПОЛІУРЕТАНОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ	
О.С. Молодід, І.В. Мусіяка, І.В. Резніченко.....	245
СУМІСНІСТЬ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИМИ ДОБАВКАМИ	
О.П. Ніколаєв, О.В. Кондращенко, В.І. Кондращенко.....	247
ВПЛИВ ОМОЛОДЖУВАЧА НА ВЛАСТИВОСТІ БІТУМУ ТА АСФАЛЬТОБЕТОНУ	
Я.І. Пиріг, А.В. Галкін, С.В. Оксак, Я.В. Ільїн, Я.П.Шийка.....	249
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КРИСТАЛОГРАФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (ЗА ДАНИМИ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ) І ЕЛЕКТРО-ПОВЕРХНЕВИХ ПОТЕНЦІАЛІВ МІНЕРАЛІВ	
А.А. Плугін, О.С. Борзяк, А.В. Никитинський, А.А. Жигло, В.В. Журавель	251
МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	

ПРОДУКТІВ ГІДРАТАЦІЇ ЦЕМЕНТУ НА КОЕФІЦІЄНТ ДИФУЗІЇ КАТІОНІВ КАЛЬЦІЮ	
Д.А. Плугін, С.В. Панченко, О.А. Дудін, С.О. Змій, В.В. Зінченко,	252
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ГІДРАТАЦІЇ ТА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ БІЛОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ В ПРИСУТНОСТІ КАРБОНАТНИХ ДОБАВОК РІЗНОЇ ДИСПЕРСНОСТІ ТА РІЗНОГО АГРЕГАТНОГО СТАНУ	
К.К. Пушкарьова, Л.О. Шейніч, Д.Р. Гадайчук, О.А. Гончар, М.О. Кочевих, В.О. Мазур.....	254
ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПОРИСТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ	
В.Р. Сердюк, Д.Г. Рудченко.....	256
ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИ- УРЕТАНОВИХ СКЛАДІВ ДЛЯ ВІБРОЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ	
А.В.Скрипинець, Н.В.Саєнко, Р.О.Биков, В. Коврига, І.Г. Маладика...	258
КОРОЗІЙНОСТІЙКИЙ ОБЛИЦЮВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ З СЕРОГІПСОВОГО КОМПОЗИТУ	
В.І. Тарасевич, Ю.Г. Гасан.....	260
ОСОБЛИВОСТІ ДОГЛЯДУ ЗА МОНОЛІТНИМ ДОРОЖНІМ БЕТОНОМ В РАННІЙ ПЕРІОД	
С.М. Толмачов, Д.С. Толмачов, О.А. Беліченко.....	262
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАЙБІЛЬШ РОСПОВСЮДЖЕНИХ ДЕФЕКТІВ МОСТІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	
Л.В. Трикоз, Р.В. Юрченко	264
СУЧАСНЕ БЕТОНОЗНАВСТВО: ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ, ПРИНЦИПИ, ІНФОРМАТИЗАЦІЯ	
О.В. Ушеров-Маршак, О.В. Кабусь, І.А. Міхеєв.....	266
ПОВЕРХНЕВІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ЗАХИСНИМ ПОКРИТТЯМ	
Ю.В. Цапко, О.Ю. Горбачова, О.П. Бондаренко, С.М. Мазурчук.....	268
ВОГНЕЗАХИСТ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ІНТУМЕСЦЕНТНИМ ПОКРИТТЯМ	
Ю.В. Цапко, О.П. Бондаренко, О.Ю. Горбачова, С.М. Мазурчук.....	270
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ АРМУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ	
О.П. Шимчук.....	272
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОКРИТТІВ АВТОДОРИГ	
О.О.Шишкін.....	274
ДО ПИТАННЯ ПРО ВЗАЄМОДІЇ ЦЕМЕНТНОЇ МАТРИЦІ ІЗ ЗАПОВНЮВАЧЕМ	
О.О.Шишкіна.....	276
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	
Є.О. Тищенко, О.І. Сігал, Н.А Ніжник, А.С. Сафьянц.....	278

Секція
ШЛЯХИ СПОЛУЧЕННЯ, БЕЗПЕКА РУХУ ТА УПРАВЛІННЯ НА
ТРАНСПОРТІ

UDC 625.113: 625.173.4

**RESEARCH OF THE ELASTIC CLAMP IN RAIL FASTENINGS OF TYPE
KPP-5 IN VARIOUS OPERATIONAL**

*M.A. Arbuzov¹ PhD (Tech.), O.V. Hubar¹ PhD (Tech.), R. V. Markul¹ PhD (Tech.),
O.L. Tiutkin¹ Dr.Sc. (Tech.), V.S. Andrieiev² PhD (Tech.), V.M. Suslov³*

¹*Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro)*

²*Dnipropetrovsk research institute of forensic science (Dnipro)*

³*Company LLC Research and Production Enterprise "KRT CORPORATION" (Gorodok)*

Providing the spatial stability of the rail track and service life equal to the period between major repairs, the reinforced concrete sub-rail base has advantages over the wooden one. However, since the advent of rigid intermediate fastening, there was its main disadvantage - a significant metal consumption of its elements. Elastic rail fastening of type KPP-5 has advantages: rail track stability; low metal consumption; fastening unit elasticity; mounting speed; track gauge adjustment.

Elastic fastening has undergone evolution, being in operating conditions with regular scientific support. Various scientific institutions and organizations provided their recommendations, which were successfully implemented. As a result, significant positive experience has been accumulated in the operation of this type of intermediate rail fastening on track sections with high-speed train traffic. But there are scientific and practical problems with the operation of elastic fastenings, which are little studied today.

The aim of present work is to research the elastic clamp in rail fastenings of type KPP-5 in various operational. The condition for conducting research is the operability of the research object. The transition of an object from a operable state to an inoperable state is called a failure. A operable state is a state of an object in which it is capable of performing the specified functions which meet the requirements of regulatory and technical and (or) design documentation. The main purpose of rail fastening system is to provide the strength and reliability of joining rails to sleepers and, thus, prevent theft of the track elements and track failure throughout the entire service life.

Using factor analysis, it was found that the track radius in combination with passed tonnage affects the fastening deformation of the elastic clamp [1]. The reason for this is that the radius changes the force interaction between the rails and the wheel, and changed dynamic force affects relaxation differently [2].

The elastic clamps inside and outside the track on the outer and inner rails are affected by different dynamic forces. Therefore, it is necessary to determine how the location of the elastic clamp affects the vertical residual deformation.

Analysis shows that the outer rail has greater of the vertical residual deformation values than the inner. This is explained by the fact that in the straight section, one rail (inner) is held slightly higher (up to 6 mm) than the other, and the rolling stock is pressed against the lower rail, creating a slight lateral horizontal force.

In the curved section of the track, there is an increase in the amplitude of the values of the vertical residual deformation, compared with the straight section of the track. This is due to the fact that in the curved section of the track, there is a lateral horizontal force. The phenomenon of negative relaxation intensity is revealed, which is typical for the curved section of the track with a radius of 874 m after passing 50 million tons gross.

It is established that the load intensity does not have a negative impact on the elastic clamp type KP-5.2 [3].

[1] S. Fischer. Comparison of railway track transition curves. *Pollack Periodica*, Vol. 4(3), 2009, pp. 99-110.

[2] M. Kurhan, D. Kurhan, R. Novik, S. Baydak, N. Hmelevska. Improvement of the railway track efficiency by minimizing the rail wear in curves. *IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering*, Vol. 985, 2020, 012001

[3] K. V. Moiseenko, V. M. Suslov, A. A. Taturevich. Justification of the need to abolish the restrictions on the use of fasteners type KPP -5 by the criterion of load. *Railway transport of Ukraine*. 2/2017. – 55 p.

UDC 625.172:173.1

SUBSTANTIATION OF RATIONAL NORMS OF PERIODICITY OF REPAIR WORK OF THE RAILWAY TRACK

Y.M. Fedorenko, postgraduate

¹Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro)

Railway transport is one of the components of the transport system, which plays a significant role in determining the foreign economic relations of our state. After all, railways play an important role in ensuring the transportation process among both freight and passenger transportation.

In modern conditions and in the future, rail transport will retain its leading role in the country's transport system. Railways account for almost 44% of all public transport [1].

The track economy is one of the most important branches of railway transport, on which the implementation of the transport process depends. The main tasks facing the railway workers are to meet the needs of the transport process, the safety of the infrastructure, and the maintenance of the track and track devices in a constant working order to ensure the safe and smooth movement of trains at the highest speeds set for this section, with minimal operating costs.

In connection with the change in operating conditions, the shortage of material and labor resources, it becomes necessary to change the approaches to planning the system of track management. This directly concerns the timing of the appointment of types of railway track repairs, because premature repairs significantly affect the total costs incurred by the railway.

Determination of the most rational terms for carrying out repairs of the track superstructure, as well as planning the track reconstruction with limited resources, taking into account its actual state, is one of the urgent tasks in the field of track facilities.

Today, the definition of basic principles, technical parameters and regulatory and technical requirements for the system of track management is based on the "Regulations on the system of track management on the railways of Ukraine" (hereinafter - the Regulations) [2].

Based on the Regulations, separate normative and technical documents are developed, which determine the organization, technology, planning of current maintenance and repairs of the superstructure, track, artificial structures and track devices depending on the category of tracks and their operating conditions, conditions and safety.

Increasing the axial load is a natural development of the industry and a key trend today. World experience shows that the recently mastered in Russia standard of trolleys 25 tons per axle - just the beginning of the path and opportunities of the domestic market. Note that the heavyweight movement has developed widely on all continents.

In Ukraine, the maximum axial load is 23.5 ts / axle. The norms of materials and labor consumption at the current track maintenance are calculated for such axial loading.

Operation of innovative cars is perspective for Ukraine. Moreover, there are experimental cars of Ukrainian production with a load of 25 t / axle, which were developed about 10-15 years ago. At that time, Ukraine was a leader in innovation and the introduction of new technologies in the railway industry among the countries with a wide track.

This type of car is widely used in the metallurgical complex. There is a need for rolling stock at the enterprises of the main railway transport. The introduction of such a car will help to increase the performance of railway rolling stock (load capacity, load capacity, overhaul and full service life, reduce repair costs).

Today, in Ukraine it is necessary to continue testing such cars, to determine the routes on which could run similar trains and repair or reconstruct tracks under the expected increase in axle load [3].

The work focuses on the development of appropriate standards for the frequency of repair and track works for areas with increased impact of rolling stock on the rails.

[1] Кірта Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: Монографія. 2-ге вид., переробл. і допов. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.

[2] Положення про систему ведення колійного господарства на залізницях України: ЦП- 0237 : затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 22.12.2010 № 807-Ц / Е.І. Даніленко, М.І.Карпов, В.О. Яковлев та ін. – К.:ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 96 с.

[3] Патласов О. М., Адаптація параметрів осьового навантаження в Україні до вимог європейського союзу / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко , О.В. Хлівний // Тези доповідей 78 міжнародної науково-практичної конференції–Дніпро – 2018.

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED TRAFFIC IN UKRAINE

D. M. Kurhan¹, Dr.Sc. (Tech.), D. L. Kovalskyy¹, PhD student

¹Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro)

Railway transport of Ukraine is a leading industry in the road transport complex of the country, which provides 82% of freight and almost 50% of passenger traffic by all modes of transport.

The operational network of Ukrainian railways is almost 22 thousand km, of which 45% is electrified. In terms of freight traffic, Ukraine's railways rank fourth on the Eurasian continent, second only to the railways of China, Russia and India. The load intensity of Ukrainian railways (annual volume of traffic per 1 km) is 3-5 times higher than the corresponding indicator of developed European countries.

The importance of railway transport in the system of transport communications of Ukraine is enhanced by the fact that the main trans-European transport corridors run through the territory of the state: East - West, Baltic - Black Sea.

Moldova, Poland, Romania, Slovakia, Hungary and provide work with forty international railway crossings, as well as serve 18 Ukrainian seaports in the Black Sea-Azov basin.

The territory of Ukraine is crossed by 3 railway transport corridors - № 3, 5, 9. Through the Ukrainian ports of Izmail and Reni interaction with the pan-European corridor № 7, which runs along the Danube. Today, the length of the national network of railway transit corridors in Ukraine is 3162 km. These are mainly two-track electrified, self-locking highways, characterized by a high level of use of technical means. In addition, transportation along the international transport corridor TRACECA (Europe - Caucasus - Asia) is developing [1].

Ukraine's integration into the EU implies the need to unify the railways to European standards. An important component is also the organization of high-speed traffic. One of the large-scale innovative projects in the context of reforming the industry is the introduction and organization of high-speed passenger traffic. The future of passenger traffic on the railway transport of Ukraine depends on the further development and improvement of high-speed highways, and further - the creation of high-speed highways. This will help increase the competitiveness of rail transport [2].

In passenger traffic, increasing the speed of trains increases the fund of working time, time for rest, promotes the development of state and cultural ties. In freight traffic, as a result of increasing speeds, a certain part of the freight mass is transferred from the sphere of circulation to the sphere of consumption, and the released cars are sent for additional loading.

With significant advantages over other modes of transport (economy, environmental friendliness, high level of safety and comfort), high-speed railways are becoming more common.

Today, the total length of high-speed highways in the world alone exceeds 20 thousand km, of which more than 7 thousand km are operated in Europe. But the process of designing and building new high-speed lines does not stop. Thus, together with the development of the high-speed railway network of Europe, the length of which may reach about 10 thousand km soon, a high growth in the number of high-speed lines in Asian countries is expected. In China alone, as of 2015, more than 19,000 km were commissioned. high-speed lines [3].

After analyzing the distribution of traffic on high-speed rail lines in different countries, we can conclude that the top three high-speed traffic includes Japan (39.2%), China (25%) and France (15.2%).

The introduction of high-speed traffic in Ukraine as a way to increase the efficiency of rail passenger transport has an impact on increasing the competitiveness of high-speed trains. It is necessary to introduce high-speed traffic in Ukraine, as this is a general need of today. But this problem is still not solved in the absence of the necessary funds in Ukrzaliznytsia and the country's budget.

If the National Strategy - 2030 Drive Ukraine is successfully implemented, it will be possible to replace 100% of locomotives and upgrade the car fleet by 100% by 2030 (a corresponding contract has already been signed between Ukrzaliznytsia and General Electric), opportunity to integrate into the EU structure [2].

High speeds and powerful traction rolling stock will inevitably lead to a significant increase in dynamic forces, temperature and electromagnetic effects on the railway infrastructure. Such extreme operating conditions must be taken into account when designing GSOM. Building mathematical models for such research are relevant and important fundamental problems of scientific and technical potential to ensure the competitiveness of Ukrainian railways, environmental management, sustainable development of society and the state, reducing the man-made load of high-speed transport on the environment [4].

When moving high-speed trains, it is known that the dynamic impact on the track increases. Therefore, the track design is subject to very strict requirements. This applies to the geometric characteristics (radius of curves, steepness of turnouts, etc.) and tolerances of track retention.

[1] Інформація про Українські залізниці. Веб-портал Міністерства інфраструктури України. Інформація про Українські залізниці. Веб-портал Міністерства інфраструктури України. <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html>

[2] Лук'янова О. М. Сучасний стан та перспективи розвитку мережі швидкісних залізничних магістралей в Україні в умовах євроінтеграції. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2018. Вип. 20. Част. 2. С. 107–110.

[3] Чупир О. М. Проблеми та нові принципи функціонування будівельної сфери залізничного транспорту України / О. М. Чупир. // Ефективна економіка. - 2012. - № 7. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2012_7_19

[4] Курган М. Б. Теоретичні основи впровадження високошвидкісного руху поїздів в Україні : монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган ; МОН України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. – 284 с. – ISBN 978-966-8471-78-0.

IMPROVEMENT OF FREIGHT MANAGEMENT TECHNOLOGY

*N. Panchenko Dr.Sc. (Economic), A. Krashenin, Dr.Sc. (Tech.),
A. Kovalov, PhD (Tech.), O. Shapatina, PhD (Tech.), O. Kovalova, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Transport connects regions, countries, continents, plays an important role in the world economy, contributing to the development of countries as a whole and their entry into the world market. The degree of development of the transport infrastructure affects the economic, political, social and environmental spheres of a country's life.

Ukraine's transport system connects European and Eastern countries, as it is located at the intersection of international transport corridors and has a developed transport network. Railway transport of Ukraine provides more than 80% of freight carried out by all modes of transport. This determines the urgency of the tasks for improving transportation systems, introduction of new and improvement of existing freight technologies, which will contribute to the globalization of the country's economy. Under such conditions, it is advisable to widely introduce into practice the technologies that have developed in some countries, namely: multimodal, intermodal, combined freight [1].

When organizing freight, the main criteria for choosing transport are: cost of transportation, speed, reliability, safety and quality of cargo delivery [2].

The cost of transportation and speed of cargo delivery largely depend on the choice of transportation route. At the same time, the choice of vehicles for transportation is one of the main tools to improve the quality of cargo delivery. Thus, in the case of intermodal transportation, the cargo is in the same transport unit all the way, which contributes to the quality and safety of the delivered cargo due to the reduction of freight operations. According to research, it is advisable to use the methods of theoretical qualimetry to objectively assess the quality of cargo delivery [3].

One of the components of this method is to solve the problem of choosing the optimal route, which uses many methods, in particular, such as: Dijkstra's algorithm, artificial intelligence methods, ant algorithm, neural networks, methods of genetic algorithms [4].

To implement the assessment of the freight management quality, it is necessary to solve the following tasks:

- to form a criterion for choosing the mode of transport on each section of the route;
- to determine the optimal route for cargo delivery;
- to determine the optimal interaction algorithm of modes of transport for freight.

Accordingly, the criterion for selecting a transport system is formed on the basis of a qualimetric assessment, which takes into account the volume of freight, the speed of cargo delivery and the route distance. Based on the methods of genetic algorithms, the optimal route of cargo delivery is modeled, the mode of transport is chosen and the interaction of modes of transport is determined.

Thus, the implementation of improving the freight management quality involves determining the optimal route for cargo delivery, the search for optimal interaction of modes of transport when carrying out, in particular, intermodal freight. The obtained procedure for assessing the freight management quality can complement traditional approaches to the formation of transport technologies, including the emergence of new vehicles. The developed procedure for assessing transport technologies can be used for non-discriminatory access to infrastructure.

[1] Kotenko A., Krashenin O., Shapatina O. Improving the process of combined freight. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2014. Vol. 4/3(70). P. 4–8.

[2] Krashenin O., Shapatina O. The choice of transport support based on the provisions of the fuzzy set theory. Development of management and administration methods of transport. Collection of scientific works. 2016. Vol. 2(55). P. 101–113.

[3] Panchenko S., Lavrukhin O., Shapatina O. Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. Vol. 1, № 3(85). P. 39–45. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.92203.

[4] Butko T., Kostennikov O., Prokhorov V., Shapatina O. Development of automated technology for planning intermodal freight based on vector optimization. Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport. 2019. Vol. 188. P. 71-85.

УДК 692.2

АЛГОРИТМ ПРОСТОРОВОГО ЗОНУВАННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З УРАХУВАННЯМ ПОТРЕБ ДЛЯ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ ВЕЛИКИХ МІСТ

ALGORITHM OF SPATIAL ZONING OF THE URBAN ENVIRONMENT TAKING INTO ACCOUNT THE NEEDS FOR WAYS OF CONNECTION OF LARGE CITIES

*канд. техн. наук А.О. Атинян, канд. техн. наук О.В. Завальний,
канд. техн. наук Г.М. Панкеева, канд. техн. наук Ю.В. Краснокутская,
канд. техн. наук Т.О. Черносова
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова (м. Харків)*

*A. Atynian PhD (Tech.), O. Zavalniy PhD (Tech.), A. Pankeieva PhD (Tech.),
I. Krasnokutska PhD (Tech.), T. Chernonosova PhD (Tech.),
National University of Urban Economy O.M. Beketov in Kharkiv, (Kharkiv)*

Якість і організація міського середовища багато в чому визначають рівень розвитку основних сфер життя міста. Під якістю міського середовища розуміють рівень задоволення фізіологічних, матеріальних та духовних потреб населення міста. Кількість і якість таких послуг сьогодні здебільшого визначається нормативними документами. Проте міське середовище, створене на основі нормативів, не повністю задовольняє потреби мешканців міста до тих чи інших елементів міського середовища. Сьогодні просторова організація міста формується на основі адміністративних методів та базується на аналітичних дослідженнях соціально-економічних зв'язків (у межах історичного часу) і

соціокультурних тенденціях. Для створення більш комфортного середовища для життєдіяльності людини необхідно враховувати нові підходи адміністративно-територіального зонування міського середовища, а також управлінські підходи до містобудування та його принципів. Головною містобудівною документацією, що визначає принципові вирішення розвитку, планування, забудови та іншого використання території населеного пункту є генеральний план. Він розробляється на певний період, але в сучасних умовах, зокрема при суттєвих відхиленнях реальних показників міського розвитку від затверджених, виникає необхідність його корегування.

Одним із підходів перетворення та покращення використання просторового потенціалу міста визначають шляхом впорядкованого зонування. Згідно Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» план зонування території (зонінг) є інструментом ефективного зонування територій [1]. План зонування території розробляється на основі генерального плану населеного пункту (у його складі або як окремий документ) та визначає умови та обмеження використання території населених пунктів. У світовій практиці зонінг використовують протягом останніх ста років. Це найбільш поширена форма контролю розвитку міської території

Ще одним з ефективних методів формування міського простору, який дозволяє більш детально підійти до планування міської території є об'ємно-планувальне кодування (Form-Based Codes). Цей метод демонструє новий підхід до планування міської території. Його сутність полягає у розробці змішаного використання земель та має баланс між рівномірністю та гнучкістю видів використання цих земель. [2]

В процесі розробки проектних пропозицій щодо просторового розвитку міського середовища та створення комфортного середовища для життєдіяльності людини автори пропонують створити Алгоритм просторового зонування міського середовища з урахуванням потреб для шляхів сполучення великих міст, який складається з таких елементів:

1. Проведення передпроектного дослідження території регіону.
2. Визначення меж зони впливу великого міста на основі трудових, культурно-побутових, рекреаційних зв'язків між містом та прилеглою територією.
3. Визначення наявності агломерації на території, що розглядається.
4. Визначення впливу великого міста на прилеглі території.
5. Диференціювання територій за ступенем їх значущості.
6. Удосконалення шляхів сполучення.
7. Надання пропозицій щодо просторового розвитку міських територій, територій що потрапили в зону його впливу та визначення подальших напрямків її розвитку.
8. Розробка містобудівної документації за якою можливо регулювати процеси, що протікають по цій території.

Таким чином, для вирішення містобудівних завдань необхідно враховувати величезну кількість чинників різних галузей знань, і не просто враховувати, а розглядати їх у причинно-наслідковому взаємозв'язку. Серед найбільш

актуальних проблем, пов'язаних із розселенням населення є хаотичне розростання міст, збільшення частки міського населення. Не менш важливими залишаються проблеми погіршення екологічної ситуації, транспортні питання, посилення маятникових міграцій, незбалансований розвиток територій зон впливу міст, стирання меж міст, упровадження індивідуальної та малоповерхової житлової забудови в природні ландшафти й багато інших. В результаті, створення якісного міського середовища не можливо без урахування цих проблем. Виникає необхідність міста розглядати не лише в адміністративних межах, а й з урахуванням прилеглих до нього територій, які створюють єдиний організм.

Саме запропонований Алгоритм просторового зонування міського середовища з урахуванням Потреб для шляхів сполучення великих міст дасть можливість комплексно вирішувати питання просторового розвитку територій та раціонально та ефективно використовувати території. Це дозволить об'єктивно оцінити стан населених пунктів в рамках регіональної системи розселення та надати пропозиції щодо ефективного розвитку та управління. Особливого значення дане питання набуває сьогодні в рамках проведення адміністративно-територіальної реформи в Україні.

[1] Vagin V. V. Urban sociology: tutorial for municipal. managers - <http://www.mavicanet.ru/weblink? MGWLPN = CATA & MGWAPP = g & id = 831541>.

[2] Gabrel M.M. The spacious organization of local audio systems / Institute of Regional Diseases of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2004: 400.

УДК 528.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОСТОРОВОЮ МІСЬКОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

RESEARCH OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR SPATIAL URBAN INFRASTRUCTURE MANAGEMENT

*канд. техн. наук О.В. Афанасьєв¹, канд. техн. наук С.Г. Нестеренко¹,
канд. техн. наук Є.М. Коростельов², канд. техн. наук М.О. Пиличева¹,
аспірант В.О. Фролов¹*

¹*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова (м. Харків)*

²*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***O. V. Afanasyev¹, PhD (Tech.), S. G. Nesterenko¹, PhD (Tech.), Ye. M. Korostelov²,
PhD (Tech.), M. O. Pilicheva¹, PhD (Tech.), V. O. Frolov¹, PhD student***

¹*Kharkiv National University of Municipal Economy named after O. M. Beketov (Kharkiv)*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В даний час ГІС технології вимагають до себе сучасного інформаційного і математичного забезпечення, як один з найактивніших сегментів ринку нових

комп'ютерних технологій, на яких працює багато фірм таких як ESRI, Autodesk, Leica Geosystems та інші [1-3].

Сучасне муніципальне господарство складається із значної кількості управлінь і служб, взаємодіючих між собою. Більшість з цих муніципальних підрозділів має достатнє технічне забезпечення і веде ті чи інші бази даних, необхідні для його роботи. Отриманий наразі досвід і напрацювання дозволяють об'єднати ці розрізнені бази даних і представити їх на загальній електронній карті міста або міського району (рис. 1).

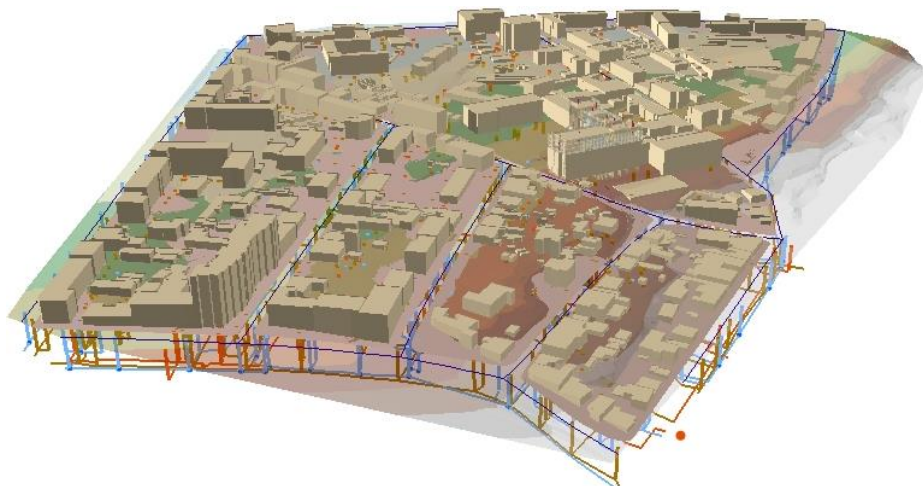


Рис. 1 Електронна карта району по вул. Маршала Бажанова, м. Харків

Геоінформаційні системи є інструментом просторового аналізу. Аналітичні можливості ГІС дозволяють отримати відповіді на безліч просторових запитів і вирішити безліч завдань в різних областях застосування (рис. 2).

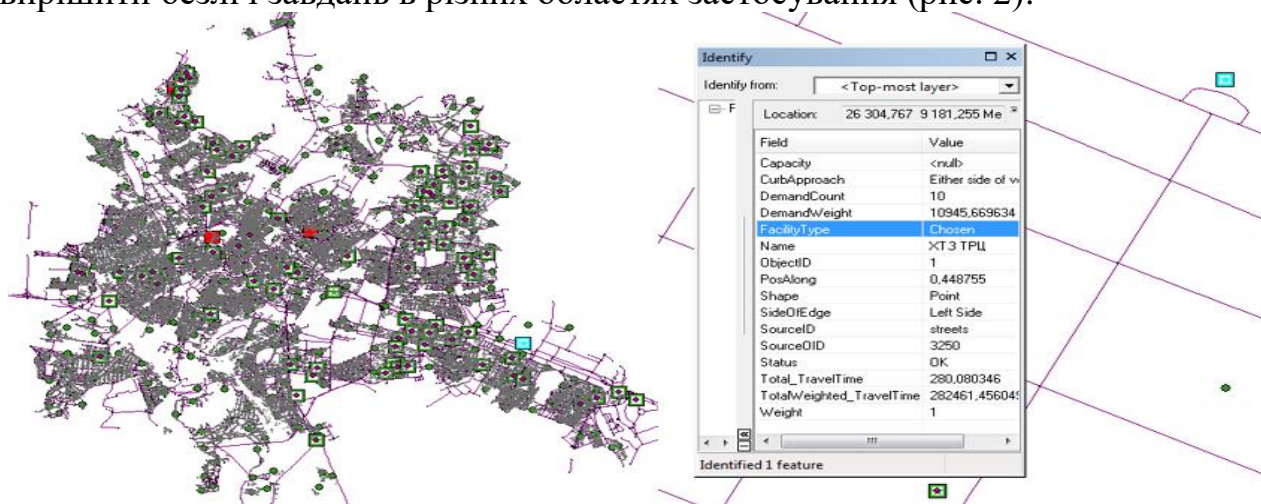


Рис. 2 Аналіз території Індустріального району, м Харків

У сфері дослідження і моніторингу міського планувального середовища в Україні за останні роки досягнуто значних практичних результатів. Важливу роль в цьому відіграє саме застосування географічних інформаційних систем і технологій, створення містобудівного кадастру [4].

Позитивним є той факт, що геоінформаційні технології стають не тільки засобом підготовки планів, а в першу чергу інструментом просторового аналізу

міської ситуації для державних служб і органів управління, частиною науково-прикладного процесу, який включає оцінку природного стану планування міської забудови і визначення найбільш ефективного їх використання [5].

[1] Enemark, S. Updating Digital Cadastral Maps: the Danish Experience [Text] / S. Enemark // Proceedings of the FIG XXI International Congress, Commission 7: Cadastre and Land Management, July 19-25, 1998, Brighton. – Jessica Kingsley Publishers, 1998. – P. 426-437.

[2] Williamson, I. The justification of cadastral systems in developing countries [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.csdila.unimelb.edu.au/publication/misc/anthology/article/artic9.htm>

[3] Inventory of Land Administration Systems in Europe and North America [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.unece.org/index.php?id=10952>

[4] Shypulin, V. D. Osnovni priyntsy pyheoinformatsiinykhsystem [Text]: Tutorial / V. D. Shypulin. – Kharkiv: KhNAMH, 2010. – 313 p.

[5] Pieri, C. Land Quality Indicators [Текст] / C. Pieri, J. Dumanski, A. Hamblin, A. Young, UNEP UNDP // World Bank Discussion Papers. – Washington: The World Bank, 1996. – № 315. – 51 p. doi:10.1596/0-8213-3511-1

УДК 625.032: 629.4.015

ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИН СХОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСУ ВКОЧУВАННЯ ЙОГО КОЛЕСА НА ГОЛОВКУ РЕЙКИ

INVESTIGATION THE CAUSES OF ROLLING STOCK DERAILMENT USING THE TIME OF ROLLING ITS WHEEL ONTO THE RAIL HEAD

*А.В. Батіг¹, канд. техн. наук А.Я. Кузишин^{1,2},
д-р. техн. наук М.О. Кузін^{1,2}, канд. техн. наук А.Р. Мілянч²,
канд. техн. наук П.М. Грицишин¹,*

¹Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

²Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

*A. Batig, ¹A. Kuzyshyn^{1,2}, PhD (Tech.), M. Kuzin^{1,2}, Dr.Sc. (Tech.),
A. Milyanych², PhD (Tech.), P. Hrytsyshyn¹, PhD (Tech.)*

¹Lviv Research Institute of Forensic Science (Lviv)

²Lviv branch of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Lviv)

Безпека руху є пріоритетним завданням на залізничному транспорті. Для її забезпечення удосконалюється нормативна база, розробляються заходи щодо попередження виникнення залізнично-транспортних пригод, досліджуються фактори, які несуть собою загрозу безпеці руху і мають тенденцію до зростання та вживаються інші необхідні заходи.

Однак, як показує статистика, кількість залізнично-транспортних пригод щорічно невпинно зростає. Із загального їхнього числа значну частину становлять випадки, пов'язані зі сходом рухомого складу з рейкової колії [1].

На сьогодні оцінку параметрів стійкості від сходу колеса з рейок можна виконати за допомогою сукупності певних показників – критеріїв, перевищення значення яких може призвести до виникнення залізнично-транспортних пригод. Ці критерії є прийнятими і на даний час широко використовуються як при проектуванні рухомого складу так і при дослідженні причин втрати стійкості його руху. Методи їхнього визначення, що наведені у нормативних документах та в науковій літературі, відрізняються своїми підходами, вибором основних параметрів та мають як певні переваги, так і суттєві недоліки щодо встановлення умов безпечного руху рейкових екіпажів. Крім цього, як показують дослідження останніх років, не завжди перевищення значень даних критеріїв безпеки руху рухомого складу може призвести до настання його сходу з рейкової колії [2]. В той же час правильна оцінка рівня стійкості руху рухомого складу дозволяє вирішити одну з найважливіших проблем на залізничному транспорті, а саме забезпечення безпеки руху. Тому дуже важливим є пошук додаткових показників, які можуть використовуватися при дослідженні динаміки рухомого складу, встановленні параметрів та факторів, які чинять основний вплив на умову стійкості його руху [3, 4].

Пропонується у якості критерію сходу вантажних вагона з рейок використовувати час вкочування колеса на головку рейки, запропоновано в якості критерію сходу вантажного вагона використовувати час, протягом якого статичне навантаження на колесо буде меншим навантаження, при якому розпочинається процес вкочування колеса на головку рейки. За умови, що даний час буде більший часу, за який гребінь колеса може піднятися на головку рейки, відбувається схід рухомого складу з рейкової колії.

Даний критерій дозволяє, окрім параметрів ходових частин вантажних вагонів, враховувати і відступи технічного стану рейкової колії від норм утримання. Його можна використовувати не лише при дослідженні залізнично-транспортних пригод, спричинених сходом вантажних вагонів у складі поїздів, а й при оцінці їх основних динамічних показників.

[1] Batig A V, Kuzyshyn A Y, Sobolevska J G, Milyanych A R, Hrytsyshyn P M. Ways to improve the mathematical model of a freight car for the execution of forensic railway-transport expertises. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 15th International Scientific and Technical Conference „Problems of the railway transport mechanics” (PRTM 2020) 27-29 May 2020. Vol. 985.

[2] Клименко І.В. Розвиток теоретичних основ і методів оцінки й підвищення безпеки руху рухомого складу залізниць: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2015. 39 с.

[3] Kuzyshyn A Y, Batih A V, Kostritsa S A, Sobolevska J G, Kovalchuk V V, Dovhanyuk S S and Voznyak O M 2018 Research of safety indicators of diesel train movement with two-stage spring suspension BulTrans: 10th Intern. Sci. Conf. on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies Vol. 23405003.

[4] Батіг А.В., Кузишин А.Я. Дослідження взаємодії рухомого складу та рейкової колії при проведенні судових залізнично-транспортних експертиз. Збірник матеріалів всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення Дніпропетровського науково-дослідного інституту судових експертиз. – Дніпро: 14-15 червня 2017. С. 147-149.

**ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ТА ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ ДО ЕЛЕМЕНТІВ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

**DETERMINATION OF SAFETY REQUIREMENTS AND SAFETY
INDICATORS FOR RAILWAY TRACK ELEMENTS**

*канд. техн. наук, судовий експерт О.М. Баль¹,
д-р. техн. наук І.О. Бондаренко²*

*¹Львівська філія ДНУЗТ, ЛНДІСЕ (м. Львів),
²ГО "ФУТУРУМ ЮА" (м. Дніпро)*

PhD (Tech.), judicial expert O. Bal¹, Dr.Sc. (Tech.) I.O. Bondarenko²

*¹Lviv branch of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician
V. Lazaryan, Lviv Research Institute of Forensic Science (Lviv),
²Public Organization "Futurum Ukraine" (Dnipro)*

Залізниці Європи є одними з найбезпечніших у світі. ЄС прагне зберегти високі стандарти та гармонізувати вимоги безпеки в усьому ЄС. Окрім забезпечення оптимальної безпеки, гармонізація у цій сфері допомагає покращити сумісність національних залізничних систем.

Технічне регулювання на залізничному транспорті ЄС базується на Четвертому залізничному пакеті 2016 року [1], який складається із 6-ти законодавчих актів, призначених для створення єдиного ринку залізничних послуг. До технічної складової цього пакету відноситься Регламент 2016/796 про Агентство залізниць Європейського союзу та Директиви [2] і [3].

Директива 2016/797 [2] встановлює структурні та функціональні підсистеми й складові частини залізничної системи Європейського Союзу. В ЄС для залізничної системи складено технічні специфікації сумісності (TSI) для підсистем, які визначають технічні та експлуатаційні стандарти, щоб відповідати основним вимогам, гарантувати сумісність залізничної системи в ЄС та високий рівень безпеки. Європейські стандарти є офіційною технічною основою для досягнення зазначених основних параметрів у TSI. Компоненти сумісності повинні проходити процедуру оцінку відповідності вимогам TSI (для підсистеми «Інфраструктура» відповідно вимогам [4]).

Угода про асоціацію України та ЄС визначає зобов'язання щодо впровадження 7 директив та 4 нормативних актів ЄС у сфері залізничного транспорту [5].

Проектом постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту та Технічного регламенту безпеки рухомого складу» [6] передбачено правовий зв'язок Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту (далі Технічний регламент з проектом змін) з модулями оцінки відповідності у

сфері залізничного транспорту, з переліком стандартів та конкретним переліком продукції.

Технічний регламент [7] із проектом змін [6] визначає «основні вимоги до елементів інфраструктури залізничного транспорту під час її проектування, виробництва, будівництва, монтажу, налагодження, експлуатації, а також процедури оцінки відповідності вимогам цього Технічного регламенту». Аналізуючи Технічний регламент [7] із проектом змін [6] можна зробити висновок, що інфраструктура залізничного транспорту з метою забезпечення оперативної сумісності має відповідати *заданим вимогам*, які встановлені в Технічному регламенті безпеки інфраструктури залізничного транспорту [7], а при проектуванні елементів інфраструктури залізничного транспорту потрібно враховувати вимоги нормативно-правових актів, нормативних документів щодо типових проектних рішень, технічних специфікацій оперативної сумісності, а також тривалості життєвого циклу елементів інфраструктури залізничного транспорту [6].

Одним з питань, які на сьогоднішній день, не в повній мірі є вирішені - адаптація нормативно-правових актів України в сфері залізничного транспорту до законодавства Європейського Союзу. Відкритим залишається питання щодо технічних специфікацій оперативної сумісності, які на даний час не впроваджені в Україні, а також, необхідним є – формування взаємозв'язків між Технічними регламентами та національними стандартами.

В даній роботі, враховуючи наказ [8] та вимоги ЄС [2-4], сформовано вимоги і показники безпеки до одної із складових інфраструктури залізничного транспорту України – залізничних колій загального користування та її елементів, що дозволить отримати необхідний взаємозв'язок між Технічним регламентом [7] та переліком національних стандартів [8] в частині залізничних колій.

Результати даних досліджень можуть бути корисними виробникам та імпортерам продукції (елементів залізничної колії) при проведенні процедури оцінки відповідності в Україні, оскільки це дозволить вибрати оптимальний модуль підтвердження відповідності та вибрати необхідні стандарти з обов'язкового переліку [8] з метою отримання Декларації про відповідність продукції вимогам Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту.

[1] Florian Auer. Infrastructure Management/ Florian Auer. – Hamburg, 2018. – 270 с.

[2] Директива 2016/797 / ЄС «Про сумісності залізничної системи в Європейському Союзі» / Офіційний журнал Європейського союзу. – 2016.

[3] Директива 2016/798 / ЄС про експлуатаційної сумісності залізничної системи в рамках спільноти / ЄС / Офіційний журнал Європейського союзу. - 2015.

[4] Technical Specification for Interoperability for the 'Infrastructure' subsystem adopted by Commission Regulation EU/1299/2014 of 18 November 2014 ('INF TSI').

[5] <https://mtu.gov.ua/content/reformi-zaluznichnogo-transportu.html>

[6] <http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/8940-.pdf>

[7] Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2013 № 494 «Про затвердження Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту».

[8] Наказ Міністерства інфраструктури України від 20.11.2019 № 815 «Про затвердження Переліку національних стандартів, відповідність яким надає презумпцію відповідності продукції, пов'язаних з нею процесів та методів виробництва або інших об'єктів вимогам Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту».

**СУЧАСНІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ В КОНТЕКСТІ
ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ**

**MODERN ISSUES OF TRANSPORT MANAGEMENT IN THE CONTEXT
OF ENVIRONMENTALLY SAFE USE OF LAND**

д.е.н., професор, академік НААН Бальян А.В¹

докт. екон. наук І.О. Новаковська²,

PhD з економіки Н.Ф. Іщенко³,

PhD з економіки Л.Р. Скрипник²,

к.е.н. доцент М.П. Стецюк³,

¹*Національна академія аграрних наук України (м. Київ)*

²*Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

³*Національний авіаційний університет (м. Київ)*

A.V. Balian¹ Dr.Sc. (Econ.), I.O. Novakovska² Dr.Sc. (Econ.),

N.F. Ishchenko³ PhD (Econ.), L.R.Skrypnyk², PhD (Econ.),

M.P. Stetsyuk³ PhD (Econ.)

¹*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Kyiv)*

²*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)*

³*National Aviation University (Kyiv)*

Транспортна мережа – одна з найважливіших галузей господарства, що виконує функцію своєрідної артерії в складному організмі країни. Вона не тільки сприяє забезпеченню потреб господарства і населення в перевезеннях, але разом з містами утворює так званий каркас усієї території, який формує умови для прискороного розвитку всіх галузей [3].

Слід зазначити, що згідно із статтею 67 Земельного кодексу України до земель транспорту належать землі, надані підприємствам, установам та організаціям залізничного, автомобільного транспорту і дорожнього господарства, морського, річкового, авіаційного, трубопровідного транспорту та міського електротранспорту для виконання покладених на них завдань щодо експлуатації, ремонту і розвитку об'єктів транспорту (будівель, споруд) [2].

Структуру земель транспорту України за даними Держгеокадастру наведено на рисунку 1.

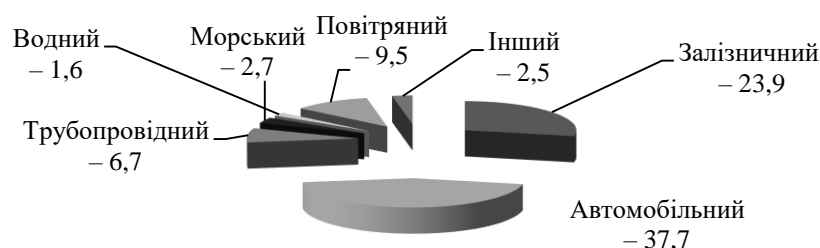


Рис. 1 Структура земель транспорту України, рік, тис.км

Згідно із Транспортною стратегією розвитку на період до 2030 року, яка є основним документом в галузі транспорту та якій повинні відповідати всі наступні нормативно-правові та програмні документи в цій сфері, запропоновано напрями розв’язання вказаних проблем [4], а саме:

- конкурентоспроможна та ефективна транспортна система;
- інноваційний розвиток транспортної галузі та глобальні інвестиційні проекти;
- безпечний для суспільства, екологічно чистий та енергоефективний транспорт;

Реалізації окреслених завдань сприятиме наближенню транспортного комплексу України до Європейського Союзу, підвищенню якості надання транспортних послуг, ефективного впровадженню адміністративної реформи, боротьбі з корупцією, прозорості прийняття рішень тощо.

Важливим показником ролі транспорту в життєдіяльності населення є обсяг перевезення пасажирів та пасажирообіг. Наводимо динаміку обсягу перевезень різними видами транспорту в таблиці 1.

Таблиця 1 – Динаміка пасажирських перевезень в Україні, 2017–2019рр. [1].

Вид транспорту	2017 р.		2018 р.				2019р.			
	Паса- жирообі г, млн паса- жиро·к м	Пере- везено паса- жирів, млн	Пасажирообіг		Перевезено пасажирів		Пасажирообіг		Перевезено пасажирів	
			млн паса- жиро·к м	до 2018 р., %	млн	до 2018 р., %	млн паса- жиро· км	до 2019 р. , %	млн	до 2019р., %
Усі види	97280,7	5157,7	102239,4	105,4	4854,4	94,0	99277,7	107,4	4647,2	100,3
Залізничний	35425,6	389,8	36954,0	104,5	389,5	99,9	28043,4	103,6	165,0	98,0
Автомобільний	34775,6	2259,8	34488,0	99,7	2025,0	90,0	35412,4	102,5	2018,7	99,7
Водний	22,3	0,6	30,4	136,3	0,5	83,1	30,3	99,8	0,6	122,9
Авіаційний	11362,4	6,3	15525,1	136,6	8,3	131,3	20345,7	131,0	10,6	127,5

Відповідно вказаної таблиці протягом останніх років спостерігається тенденція зниження обсягів перевезення пасажирів усіма видами транспорту, крім авіаційного.

Для досягнення позитивних результатів необхідно враховувати національні особливості формування системи управління транспортною галуззю в цілому.

[1] Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

[2] Земельний кодекс України: Закон України від 25 жовтня 2001 року № 2768-III // Законодавство України / ВР України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>

[3] Kyrułtsiv R., Hernik J., Kryshenyk N. Impact of land reform on sustainable land management in Ukraine. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus. 2018. 17 (2), P. 105–115. Access point: http://www.formatiocircumiectus.actapol.net/pub/17_2_105.pdf.

[4] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. // Законодавство України / ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua>

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ
ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF WAGON FLOW MANAGEMENT IN
SERVICING RAILWAY SIDINGS**

*канд. техн. наук Г.С. Бауліна, канд. техн. наук Г.Є. Богомазова,
канд. техн. наук В.М. Прохоров, канд. техн. наук С.М. Продащук
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H. Baulina, PhD (Tech.), H. Bohomazova, PhD (Tech.),
V. Prokhorov, PhD (Tech.), S. Prodashchuk, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасна спрямованість при формуванні транспортного ринку сприяє удосконаленню обслуговування вагонопотоків на залізницях України, що пов'язане з роботою операторів вагонних парків і конкуруючих перевізників, забезпеченням виконання вантажно-розвантажувальних операцій переважно на під'їзних коліях, зростанням вимог замовників на перевезення до скорочення термінів доставки і якості транспортних послуг. Це вимагає впровадження сучасних технологічних рішень, зорієнтованих на оптимізацію процесу обслуговування під'їзних колій та підвищення продуктивності праці оперативних працівників.

Однією з важливих умов успішного освоєння обсягів вантажних перевезень на залізницях є постійне удосконалення технології управління вагонопотоками при скороченні експлуатаційних витрат залізниці і задоволенні потреб вантажовласників. Це дозволить прискорити терміни доставки вантажів й усунути перешкоди у пропускній спроможності інфраструктури [1].

На сьогодні діюча технологія обслуговування під'їзних колій доводить свою неефективність, що призводить до збільшення простою рухомого складу та експлуатаційних витрат, термінів переробки і доставки вантажу та погіршення використання вагонів на залізничних станціях і під'їзних коліях [2].

Ефективна організація роботи станцій при обслуговуванні під'їзних колій, що примикають, потребує необхідності виконання операцій обробки вагонів за єдиною технологією. Це вимагає узгодженості при виконанні технологічних операцій, що здійснюються на станціях, під'їзних коліях та портах [3].

Для формалізації технології управління вагонопотоками при обслуговуванні під'їзних колій розроблено оптимізаційну модель, що дозволяє визначити оптимальне число вагонів в подачі для вантажного пункту підприємства. Встановлено, що ефективне обслуговування під'їзних колій можливо при раціональному використанні вагонів, маневрових локомотивів та бригад для здійснення технічного і комерційного оглядів. У загальному вигляді цільову функцію математичної моделі запропоновано як суму приведених витрат на

виконання операцій з обслуговування вагонів на станції, під'їзній колії та можливого ризику виникнення грошових втрат при обслуговуванні вагонів.

Оптимальне число вагонів у подачі для кожного вантажного пункту визначається виходячи з досягнення мінімальних експлуатаційних витрат на виконання операцій з обслуговування вагонів на станції, а саме: витрат на використання станційної інфраструктури при обслуговуванні вагонів, на накопичення групи вагонів для подачі на під'їзні колії підприємств, витрат, пов'язаних з очікуванням подачі вагонів на під'їзні колії, витрат на маневрову роботу з подачі вагонів та витрат, пов'язаних з комерційним і технічним оглядами вагонів. Витрати на обслуговування вагонів на під'їзних коліях визначено з урахуванням вартості виконання вантажних операцій, очікування вагонами забирання з під'їзних колій та маневрової роботи з прибирання вагонів.

Запропонована модель враховує ймовірнісний характер тривалості простою вагонів в очікуванні подачі та прибирання з вантажних пунктів підприємств. Дослідженнями встановлено, що час очікування вагонами подачі $t_{оч.н}$ та забирання з під'їзних колій $t_{оч.з}$ є неперервними випадковими величинами і підпорядковані розподілу Ерланга 2-го порядку. У моделі враховано визначення можливого ризику виникнення втрат залізниці через настання ризикових подій: незабезпечення залізницею подачі вагонів для виконання плану перевезень, псування, пошкодження вантажу в процесі накопичення на групу вагонів, під час маневрових переміщень по станції і подачі-прибиранні на під'їзні колії підприємств. Правильна оцінка дійсної вартості ризику дозволяє об'єктивно представляти обсяг можливих збитків і окреслити шляхи до їх запобігання або зменшення.

Отже, реалізація в повному обсязі розробленої оптимізаційної моделі технології управління вагонопотоками при обслуговуванні під'їзних колій створює базу для помітного скорочення непродуктивних простоїв вагонів, підвищення використання транспортних та технічних засобів, зменшення транспортних витрат та поліпшення показників експлуатаційної роботи станції та під'їзних колій. Сформовану модель запропоновано інтегрувати до автоматизованих систем, що вирішують задачі управління вагонопотоками, наприклад, автоматизованих робочих місць оперативних працівників.

[1] Butko T., Kostiennikov O., Parkhomenko L., Prokhorov V., Bogomazova G. Formation of an automated technology of cargo transportation control on the direction. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2019. Vol. 1. № 3 (97). P. 6–13. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/156098>

[2] Бауліна Г.С., Павлюк Т.С., Несин Н.В. Формування моделі оптимальної технології обслуговування залізничних під'їзних колій. Інтелектуальні транспортні технології: тези доповідей 2-ї міжнар. наук.-техн. конф. (Харків, 27-29 квітня 2021 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2021. С. 98-99. URL: <http://itt.kart.edu.ua/images/Tezu2021/TezuITT2021.pdf>

[3] Бауліна Г.С., Богомазова Г.Є. Формалізація технології роботи припортової станції при взаємодії з портом. Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доповідей міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Дніпро, 3-4 грудня 2020 р.). Дніпро, 2020. Т.1. С. 131-132.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ БЕЗПЕЧНОГО
ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ**

**RESEARCH OF THE MAIN FACTORS OF SAFE TRANSPORTATION OF
DANGEROUS GOODS**

*канд. техн. наук Г.Є. Богомазова, канд. техн. наук С.М. Продашук,
канд. техн. наук Г.С. Бауліна, канд. техн. наук В.І. Шевченко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*G. Bogomazova PhD (Tech.), S. Prodaschuk PhD (Tech.),
H. Baulina PhD (Tech.), V. Shevchenko PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Щодня залізницями переміщуються тисячі тон небезпечних вантажів. Неналежне перевезення небезпечних вантажів призводить до нещасних випадків, оскільки небезпечні вантажі представляють набагато більший ризик, ніж звичайні вантажі. Катастрофи, аварії, дорожньо-транспортні пригоди, подій з небезпечними вантажами на залізничному транспорті трапляються нечасто, але наслідки надзвичайно тяжкі і призводять до великих втрат. Саме транспортування небезпечних речовин забирає багато часу і вимагає великої відповідальності в порівнянні із завантаженням, перевезенням та розвантаженням звичайних вантажів, що не відносяться до небезпечних [1].

Для сприятливого транспортування небезпечного вантажу до заявленого місця призначення необхідно дотримуватись відповідних правил для певного виду такого вантажу. Небезпечні вантажі необхідно транспортувати відповідно до внутрішньодержавних та міжнародних законодавчих документів, щоб забезпечити максимальне збереження вантажу і звести до мінімуму ризик нещасного випадку. Безпечне перевезення небезпечних вантажів залежить від великої кількості факторів і несе важливе завдання як для внутрішніх, так і для міжнародних вантажних перевезень [2]. Тому метою роботи є вивчення умов перевезення небезпечних вантажів та оцінка факторів, що впливають на перевезення таких вантажів залізничним транспортом.

В ході дослідження були виявлені групи факторів, що найбільш впливають на безпечне транспортування небезпечних вантажів залізничним транспортом [3]. До першої групи факторів і найбільш впливової можна віднести такі фактори як, незадовільний стан транспортних засобів та залізничного полотна, незабезпечення транспортних засобів додатковим обладнанням безпеки, неналежна очистка транспортних засобів від залишку вантажу як всередині вагону, так і ззовні. До другої групи факторів відносяться: невідповідність транспортних засобів заявленому вантажу, неналежне маркування вантажу та неправильне його пакування, порушення норм та правил завантаження та розвантаження небезпечного вантажу, відсутність контролю за

безпекою під час транспортування, неналежна підготовка небезпечного вантажу до перевезення. І до третьої групи факторів, що впливають на безпечне перевезення вантажів залізницею, впливає неякісна підготовка персоналу, некомпетентність робітників залізниці та інших підприємств, що мають відношення завантаження, розвантаження, транспортування, обробки, маркуванню та пакуванню небезпечного вантажу, стомлюваність машиніста та відсутність зв'язку з аварійними службами. При цьому, найчастіше катастрофи, аварії, дорожньо-транспортні пригоди, подій з небезпечними вантажами на залізничному транспорті трапляються із-за першої групи факторів.

Дослідження цих факторів вказує на що саме необхідно звернути увагу при транспортуванні небезпечних вантажів і як уникнути небезпечних ситуацій. На наступних етапах дослідження основні фактори таких груп слід використовувати для розробки моделей, які зроблять транспортування небезпечних вантажів більш безпечнішим.

[1] Бауліна Г.С., Богомазова Г.Є., Кануннікова С.П. Формування автоматизованої системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті. *Сучасні інноваційні та інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів*: II міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 14 – 15 листопада 2019 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2019 р. С. 29-30.

[2] Продашук С.М., Бауліна Г.С., Богомазова Г.Є. Дослідження проблеми перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. *Сучасні інноваційні інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів*: 1-а Міжнародна науково-практична конференція (Харків, 16 – 17 листопада 2017 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2017. С. 21 – 22.

[3] Batarliene N. Essential Safety Factors for the Transport of Dangerous Goods by Road: A Case Study of Lithuania. *Sustainability* 2020, 12, 4954. <https://doi.org/10.3390/su12124954>.

УДК 625.143

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН РЕЙКОШПАЛЬНОЇ ОСНОВИ ВІД ДІЇ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

STRESS-DEFORMED CONDITIONS OF RAIL AND SLEEPER SUBSTRUCTURE FROM ACTION OF DYNAMIC LOADING IN THE CONDITIONS OF TRACKS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

*канд. техн. наук Н.В. Бугаєць, докт. техн. наук С.В. Панченко,
канд. техн. наук Д.А. Фаст
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*N.V. Bugaets, PhD (Tech.), S.V. Panchenko, Dr.Sc. (Tech.), D.A. Fast, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

При дослідженні напружено-деформованого стану елементів верхньої і нижньої будов колії в умовах колій промислових підприємств, розрахунок зводиться, в основному, до визначення згинальних напружень в кромках підшви і головки рейки під дією вертикальних сил, рідше враховуються сумісна дія від вертикальних і горизонтальних сил. В умовах високих осьових навантажень напруження, в основному, визначаються в підрейковій зоні і

враховуються тільки вертикальні навантаження. При цьому не враховується сила тертя, яка виникає по нижній постелі шпал і бічним граням, що може суттєво спотворювати реальні результати. Горизонтальні поперечні сили прикладаються в середині підрейкової площадки, у вигляді зосереджених моментів [1].

В основу вибору методу і моделі розрахунку напружено-деформованого стану елементів верхньої будови був прийнятий метод кінцевих елементів (МКЕ), що є розвитком енергетичних методів розрахунків інженерних конструкцій [2-4]. Він набув широкого поширення і визнання, став одним з основних. Це обумовлено універсальністю підходів, що лежать в його основі. Тіло або конструкція, що деформується, розділяється на окремі елементи найпростішої форми, робота яких визначена (рис.1). Напружено-деформований стан цих елементів з'єднується між собою так, щоб задовольнялися умови сумісної деформації і умови рівноваги [5, 6].

Використання даного методу розрахунків колії для умов високих осьових навантажень дозволяють вирішувати широке коло задач, визначати просторові сили, які діють на колію практично в будь-яких умовах експлуатації, одержувати інформацію про об'ємний напружено-деформований стан всіх основних елементів верхньої будови колії. Розрахунки просторових сил, які діють на шпали, напружень і деформацій в рейках, що виконані для умов експлуатації ділянок колії, показали добру збіжність теоретичних і експериментальних даних.

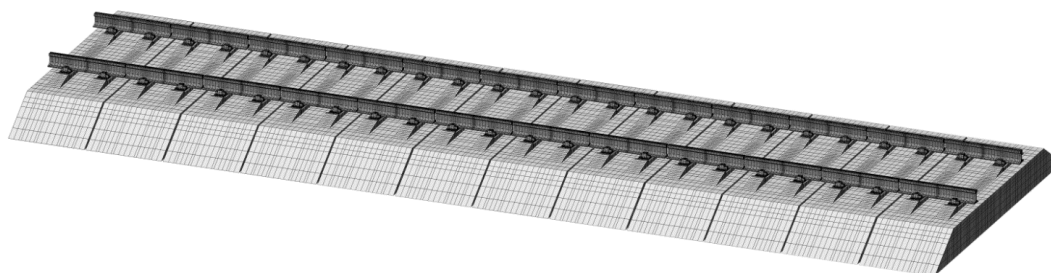


Рис. 1 Розрахункова схема колії завдовжки 13.2 м, що складається з 12 модулів

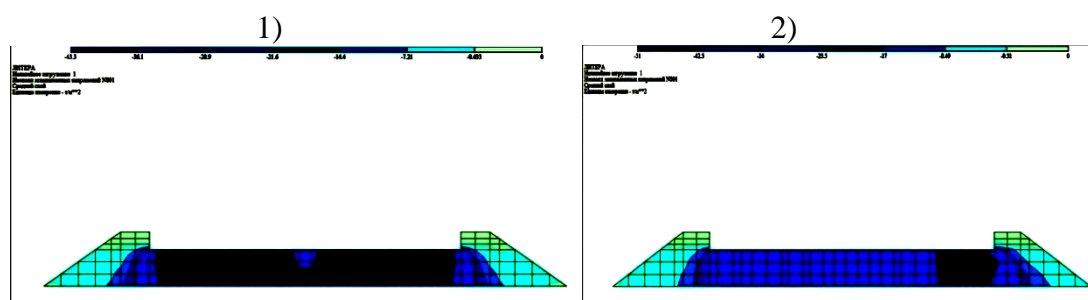


Рис. 2 Ізополя еквівалентних напружень в баласті:
1 – чавуновоз 140 т, пряма; 2 – чавуновоз 140 т, крива $R=350$ м.

Отримані значення напружень в баласті дорівнюють $0,315 \div 0,323$ МПа для візків И-120-5500 і $0,343 \div 0,376$ МПа для чавуновозів (рис.2). Враховуючи те, що на коліях підприємств промислового транспорту широко використовується баласт щебеня із слабких гірських порід або шлаків, отриманий рівень напружень перевищує його несучу здатність. На ділянках з високим рівнем осьових навантажень, більше 300 кН, необхідно посилювати баластну призму

вкладанням геотекстилю або георешіток, омонолічуванням баласту в'язучими на бітумній або полімерній основах або укладанням підбаластних плит. Таке посилення баласту позитивно вплине і на роботу шпал.

[1] Золотарский А.Ф., Евдокимов Б.А., Исаев Л.Г., Крысанов Л.Г. и др. Железобетонные шпалы для рельсового пути [Текст]: под ред. А.Ф. Золотарского.- М.: Транспорт, 1980. 270 с.

[2] Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций [Текст] / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – Киев : Факт, 2005.- 343 с.

[3] Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных расчетах пространственных железобетонных конструкций [Текст] / С.Ф. Клованич, Д.И. Безушко. – ОНМУ, 2009.- 89 с.

[4] Даренський О.М. Застосування методу кінцевих елементів для визначення раціональних способів посилення рейкошпальної основи // О.М. Даренський, Н.В. Бугаєць // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. - №4. – С. 20-25.

[5] Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в NSC / NASTRAN for Windows- М.: ДМК Пресс, 2001.-448.

[6] Шраменко В.П. Розрахунок безстикової колії на стійкість зі застосуванням кінцево-елементної моделі / В.П. Шраменко, О.В. Лобяк, А.М. Штомпель // Збірник наукових праць.- Х.: УкрДАЗТ, 2010.-№ 91. – С. 165-174.

УДК 625.033

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ, ЩО ВИНΙΚАЮТЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ПІД ДІЄЮ СУЧАСНИХ ТИПІВ ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

STUDY OF STRESSES ARISING IN THE ELEMENTS OF THE RAILWAY TRACK, UNDER THE INFLUENCE OF MODERN TYPES OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK

*канд. техн. наук В.Г. Вітольберг¹, канд. техн. наук Д.О. Потанов¹,
канд. техн. наук Д.В. Шумик¹, канд. техн. наук В.Д. Бойко²,
інженер С.В. Кулік³*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

³Куп'янськ – Вузлова дистанція колії (м. Куп'янськ)

*V.G. Vitolberg¹, PhD (Tech.), D.O. Potapov¹, PhD (Tech.),
D.V. Shumik¹, PhD (Tech.), V.D. Boyko² PhD (Tech.), S.V. Kulik³, Engineer*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

³Coup'yansc - Knot Distance of Track (Coup'yansc)

Одним з пріоритетних напрямків розвитку залізничного транспорту України є підвищення швидкості руху пасажирських поїздів та подальше впровадження швидкісного, а в середньостроковій перспективі й високошвидкісного руху, як у межах України, так і в сполученні між Україною та країнами Західної Європи. Загальновідомим фактом, який підтверджено багатьма дослідниками, є доволі суттєві відмінності в процесах взаємодії залізничної колії і рухомого складу на ділянках швидкісного і високошвидкісного руху.

Враховуючи досвід роботи залізничних компаній Європейської співдружності, для проведення досліджень було обрано сучасні типи швидкісних електропоїздів, які відмінно зарекомендували себе під час експлуатації:

високошвидкісні електропоїзди, виробництва компанії «Siemens AG. Velaro», які будуються консорціумом компаній «Siemens AG» і «Bombardier для Deutsche Bahn» [1] з конструкційною швидкістю 250 км/год; сімейство пасажирських електро- і дизель-поїздів (Stadler FLIRT 200) виробництва швейцарської компанії «Stadler Rail AG», який розрахований на живлення від мережі змінного струму напругою 25 кВ. з конструкційною швидкістю 200 км/год [2]; італійський швидкісний пасажирський двосистемний електропоїзд (Sm6 «Аллегро» з сімейства електропоїздів «Pendolino») виробництва компанії «Alstom») з конструкційною швидкістю 220 км/год [3]; іспанські швидкісні електропоїзди змінного і постійного струму з автоматичною системою нахилу кузова (Talго 250), вироблені компанією «Patentes Talgo S.L.» з максимальним рівнем комфорту пасажирів при русі як по прямим, так і в кривих ділянках колії зі швидкостями до 250 км/год [4].

Результати розрахунків (табл.1) показали, що напруження в кромці головки рейки, в кромці підшви рейки, під прокладкою (на шпалі), в баласті та на основній площадці земляного полотна, які виникають під дією сучасних типів електропоїздів, які було обрано для досліджень, не перевищують допустимих.

Таблиця 1 - Напруження в елементах верхньої будови колії

Швидкість	Напруження в кромці головки		Напруження в кромці підшви		Напруження на шпалі		Напруження в баласті		Напруження на основній площадці земляного полотна	
	літо	зима	літо	зима	літо	зима	літо	зима	літо	зима
Siemens Velaro RUS										
140	76.092	74.346	69.645	68.046	1.586	1.691	0.123	0.131	0.039	0.041
160	78.788	77.1	72.113	70.567	1.643	1.755	0.128	0.136	0.04	0.043
250	93.155	91.625	85.246	83.898	1.948	2.093	0.151	0.162	0.047	0.051
Stadler FLIRT 200										
140	94.054	91.945	86.085	84.155	1.951	2.083	0.151	0.162	0.048	0.05
160	97.584	95.552	89.316	87.456	2.025	2.166	0.157	0.168	0.049	0.052
200	105.305	103.432	96.383	94.668	2.186	2.348	0.17	0.182	0.053	0.057
Sm6 «Аллегро»										
140	77.296	75.432	70.747	69.04	1.602	1.708	0.124	0.133	0.039	0.041
160	79.664	77.853	72.915	71.257	1.652	1.764	0.128	0.137	0.04	0.043
220	87.587	85.949	80.166	78.666	1.818	1.95	0.141	0.151	0.044	0.047
Talgo 250										
140	82.296	80.209	75.323	73.412	1.698	1.81	0.132	0.141	0.041	0.044
160	84.719	82.688	77.541	75.681	1.748	1.868	0.136	0.145	0.043	0.045
250	96.924	95.335	89.022	87.384	1.987	2.154	0.164	0.175	0.049	0.052

[1] Velaro RUS – High-Speed Trains [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://press.siemens.com/global/en/feature/velaro-rus-high-speed-trains-russian-railways>.

[2] Stadler FLIRT 200 (ЭПм) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://history.rw.by/lokomotivy/epm/>.

[3] Sm6 «Аллегро» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Allegro_\(электропоезд\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Allegro_(электропоезд)).

[3] Talgo 250 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.talgo.com/en/rolling-stock/high-speed/250/>.

**ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ
ТРАНСПОРТУ**

**ECONOMIC MANAGEMENT PROBLEMS IN THE INTERACTION OF
MODES OF TRANSPORT**

канд. екон. наук Н.В. Гриценко

Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

N.V. Hrytsenko PhD (Econ.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

В економічному аспекті важливою умовою забезпечення взаємодії є ідентичність управління планами перевезень вантажів змішаного повідомлення, які направляються для виконання всім підрозділам відповідних видів транспорту. Перспективні і особливо річні та оперативні плани перевезень (на квартал, місяць) повинні збігатися за обсягами, номенклатурою, строками, пунктам відправлення, перевалки і призначення, найменуванню організацій, що здійснюють відправлення та одержання вантажу.

Наявність абсолютно ідентичних планів перевезень у кожного з взаємодіючих видів транспорту дозволяє завчасно передбачити подачу відповідного вантажу рухомого складу, підготувати постійні споруди, маневрові та перевантажувальні засоби, забезпечити процес передачі вантажу з одного виду транспорту на інший необхідною робочою силою.

Ускладнення в роботі стикових пунктів викликає розбіжність планової номенклатури вантажів на різних видах транспорту, який встановлювалася в свій час, виходячи із специфіки кожного виду транспорту. Уніфікація порядку планування для різних видів транспорту, включаючи номенклатуру вантажів, терміни розробки та затвердження проектів, є завданням, що підлягає якнайшвидшому вирішенню. Важливий економічний важіль для розвитку ефективних змішаних повідомлень представляють собою тарифи. Так, наприклад залізничний транспорт, в разі відправлення вантажу в прямому змішаному залізнично-річковому повідомленні знижує провізну плату на 30%. При перевезенні вантажів у залізнично-морському сполученні; а також у поєднанні з іншими видами транспорту подібних заохочувальних тарифів не застосовується. Виникає необхідність створення системи уніфікованих тарифів, які стимулювали б розвиток змішаних перевезень.

В організаційному відношенні, проблема взаємодії забезпечується, з одного боку, спільною розробкою ряду стабільних документів, що регламентують експлуатаційну діяльність різних видів транспорту протягом порівняно тривалого терміну, а з іншого, прийняттям єдиної системи оперативного планування поточної роботи. До стабільних документів можна віднести контактні графіки руху транспортних одиниць на прилеглих до вузла лініях, що

гарантують узгоджену частоту і рівномірність підведення одиниць до вузла. Єдність системи оперативного планування досягається встановленням на всіх елементах вузла уніфікованих форм добового і змінного планів, введенням єдиного часу для вступу та закінчення роботи змін, дотриманням прийнятого порядку для обміну необхідною інформацією про майбутній рух потоків і забезпеченості їх переробки технічними засобами і т.п.

Система управління має суттєвий вплив на хід і результати експлуатаційної роботи у вузлах і в межах більш великих підрозділів різних видів транспорту. Ефективність цього командування залежить не тільки від усіх вищеназваних умов, але і від підбору кадрів, їх кваліфікації і суб'єктивних якостей. Досвід показує, що позитивні результати дає формування так званих єдиних змін, що утворюються шляхом закріплення певних осіб у відповідних змінах. Єдині зміни дозволяють працівникам різних «цехів» вузла (станцій, портів, підприємств) вивчити один одного, що покращує ділові контакти, сприяє підвищенню довіри і відповідальності між працівниками оперативного апарату.

- [1] Аксьонов І.Я. «Єдина транспортна система»: Підручник для вузів. - Транспорт, 1980.
[2] Дмитриченко М.Ф., Яцківський Л.Ю., Ширяєва С.В., Докуніхін В.З. Основи теорії транспортних процесів і систем: Навчальний посібник для ВНЗ.-К: Видавничий Дім «Слово», 2009. - 336с.
[3] Ткаченко А. Державне регулювання діяльності в галузі транспорту //Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. — 2004. — № 2. — С. 271-277.
[4] Яцківський Л. Загальний курс транспорту : Навчальний посібник, Кн.1 / Любомир Яцківський, Дмитро Зеркалов ; М-во освіти і науки України, Національний транспортний університет. — К. : Арістей, 2007. — 239 с.

УДК 629.04.083

БЕЗПЕКА РУХУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ СХОРОННОСТІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

TRAFFIC SAFETY WHEN TRANSPORTING BY RAIL TRANSPORT OF UKRAINE IN THE CONTEXT OF SAFETY OF DANGEROUS GOODS

*канд. техн. наук В.М. Запара¹, канд. техн. наук Г.С. Бауліна¹,
канд. техн. наук О.М. Костєнніков¹, В.В. Столбовой²*
¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)
²Харківська філія ПрАТ «Київ-Дніпровське МППЗТ»

*V.M. Zapara¹, PhD (Tech.), H.S. Baulina¹, PhD (Tech.),
O.M. Kostennikov¹, PhD (Tech.), V.V. Stolbovoy²*
¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)
²Kharkiv branch of PJSC "Kyiv-Dniprovskoe IEIRT"

Важливим напрямком безпечного функціонування транспорту України є удосконалення та розвиток державної системи забезпечення безпеки проведення всіх технологічних операцій, пов'язаних з перевезенням небезпечних вантажів,

розроблення відповідних нормативно-правових актів. Особливо важливо це для залізничного транспорту, який є основним перевізником небезпечних вантажів.

На сьогодні показники стану аварійності в транспортній сфері України залишаються критичними. Значна кількість транспортних подій, а також постраждалих внаслідок таких подій осіб, впливає на економіку та сферу охорони здоров'я України.

Вартісна оцінка соціально-економічних втрат України (без врахування матеріальних витрат, пов'язаних з пошкодженням майна та зниження продуктивності праці) від транспортних подій та їх наслідків лише за 2020 рік становить близько 224,647 млн. доларів США (0,15% ВВП) [1].

За 2020 рік на залізничному транспорті сталося 693 транспортні події проти 1088 за 2019 рік (зменшення на 36%), однак матеріальні збитки від транспортних подій в АТ «Укрзалізниця» у 2020 році склали 14,63 млн. грн., що більше показника 2019 року на 370% (3,11 млн. грн.).

Протягом 2020 року АТ «Укрзалізниця» перевезено 14,1 млн. т небезпечних вантажів (360 тисяч вагонів та 29,6 тисяч контейнерів), в т. ч. імпорт – 41%, внутрішні перевезення – 32%, експорт – 20%, транзит – 7% (в цілому зниження обсягів менше 1% у порівнянні з 2019 роком). При цьому допущено 27 аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів проти 34 у 2019 році. Втрати небезпечних вантажів склали 124,25 т. Дещо покращилась ситуація у першому півріччі 2021 року: допущено 8 аварійних ситуацій (проти 19 за перше півріччя 2020 року), втрачено 6,8 т вантажу.

Аналіз значних втрат небезпечних вантажів (тобто недотримання їх схоронності при перевезенні залізничним транспортом) показує, що більшість припадає на аварії (в 6 аваріях найбільше втрачено вантажу шрот із-за відкриття люків вагона (втручання сторонніх осіб в роботу залізничного транспорту). Крім того допущено 18 випадків витікання вантажів із цистерни за причинами: витікання через недокручений вантажовідправником клапан нижнього зливного пристрою цистерни – 11 випадків, витікання через технічну несправність котла цистерни – 7. До того ж мало місце самозаймання – 2 випадки та інше (несанкціоноване втручання) – 1 випадок.

Аналіз аварійних ситуацій по причетності показує, що переважна більшість припадає на інозалізничі (15 випадків) та відправників (вантажовласників) (9 випадків).

При втраті небезпечних вантажів необхідно приймати до уваги, що це призводить не тільки до матеріальних втрат, а і до негативного впливу на довкілля (просипання та витікання вантажу безпосередньо негативно впливає на поверхневий шар верхньої будови колії та розповсюджується на прилеглу територію) [2]. Отже питання вдосконалення безпечної технології перевезення небезпечних вантажів на різних ланках процесу транспортування на сьогодні є надзвичайно важливим.

Як бачимо із вищенаведеного, безпека руху при перевезенні залізничним транспортом України в контексті схоронності небезпечних вантажів на сьогодні є беззаперечно дуже важливою проблемою і стосується не лише залізничної галузі, а є загальнодержавною. Відсутність на теперішній час в Україні

Загальнодержавної цільової Програми забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів створює значні проблеми для подальшого розвитку транспорту, уповільнює розбудову існуючих ліній, переулаштування морських та річкових портів, перешкоджає планам розвитку економіки та повному задоволенню потреб в перевезенні небезпечних вантажів і надійному транспортному обслуговуванню промислових підприємств, залученню транзитних перевезень небезпечних вантажів територією України та через порти, загрожує екологічній безпеці України. Розробка, затвердження та реалізація такої програми повинна стати пріоритетом в сфері забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів.

[1] Аналіз аварійності на транспорті України за 2020 рік. Мінінфраструктури України офіційний веб-портал. URL: <https://mtu.gov.ua/files/bezpeka/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%20%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%96%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf> (дата звернення: 06.09.2021).

[2] Буц Ю.В., Крайнюк О.В., Барбашин В.В., Кобзин В.В. Перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом як чинник техногенно-екологічної небезпеки. / Тези доповідей 2-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інноваційні та інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів» (14-15 листопада 2019 р.) - Харків, 2019. – С. 24-26.

УДК 656.225

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

ANALYSIS OF THE CAUSES OF ACCIDENTS WITH DANGEROUS GOODS DURING TRANSPORTATION BY RAIL TRANSPORT

*канд. техн. наук Я.В. Запара¹, канд. техн. наук А.О. Ковальов¹,
канд. техн. наук А.Л. Кравець¹, В.О. Гарбузов²*

¹ *Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

² *АТ "Кривбасзалізрудком"*

*Y.V. Zapara¹, PhD (Tech.), A.O. Kovalov¹, PhD (Tech.),
A.L. Kravets¹, PhD (Tech.), V.A. Garbuzov²*

¹ *Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

² *AT "Kryvbaszalizrudkom"*

Згідно даних АТ «Укрзалізниця», за 2020 рік було перевезено 14079,59 тис. т небезпечних вантажів, з яких 2860,899 тис. т. відправлено на експорт (20%), 5795,282 тис. т. імпорتنі перевезення (41 %), 993,625 тис. т. транзитні перевезення (7 %) та внутрішні перевезення 4429,798 тис. т (32 %). Загалом було перевезено 360062 вагонів та 29591 контейнерів, у тому числі 1347 великотонажних контейнерів з небезпечними вантажами.

За 2020 рік в цілому об'єм перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті зменшився більш ніж на 100 тис. т. Динаміка збільшення

спостерігається по експортним та імпортним перевезенням, а зменшення по внутрішнім та транзитним.

За класами небезпеки майже половина (48 %) всіх небезпечних вантажів, які перевозилися залізничним транспортом, становить 3 клас, далі йдуть клас 4.2 (15 %) та клас 2 разом з класом 5.1 (по 11 %).

Всього у 2020 році допущено 27 аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів, проти 34 у 2019 році, серед них 6 аварій, витікання – 18, у т.ч. за причинами: витікання через недокручений вантажовідправником клапан нижнього зливного пристрою цистерни - 11 випадків; витікання через технічну несправність котла цистерни – 7 випадків; самозаймання – 2 випадки; інше (несанкціоноване втручання) -1 випадок. Втрачено 124,25 тонн вантажу.

У комерційному господарстві регіональних філій за 2020 рік допущено один випадок транспортної події (аварія) з небезпечним вантажем класу 1 під час виконання маневрової роботи. Причиною допущеної транспортної події стало невиконання відправником вимог пункту 8.2.7 [1], вимог пунктів 3.1.3 та 3.1.4 глави 11 [2] а саме: схема навантаження не враховує вимоги щодо необхідності закріплення верхніх рядів ящиків від зрушення, шляхом встановлення розпірних брусків, розпірних рам або розпірних конструкцій, якщо при розміщенні ящиків у одному чи декількох ярусах зазори вздовж або (чи) впоперек вагону перевищують величини, вказані у пунктах 3.1.1, 3.1.2 глави 11 [2]. Також, схема навантаження не враховує вимоги «Порядку розроблення технічної документації щодо розміщення і кріплення вантажів у вагонах і контейнерах, які перевозяться залізничним транспортом» у частині необхідності зазначення на схемі навантаження основних розмірів вагона й вантажу, нумерації або назви місць вантажу, координат центра маси місць вантажу, координат загального центра маси вантажу й вагона.

Зазначені порушення призвели до того, що під час прямування у завантаженому вагоні виник нахил ящиків у чотирьох рядах у вісьмох ярусах, п'ятьох штабелях від торцевих стін з торканням восьмого ярусу до верхнього ярусу через прохід, що призвело до виникнення поперечного зміщення центру тяжіння системи вагон-вантаж від поздовжньої осі вагону, затискання ковзунів візків вагону з правого боку за напрямком його руху, та, відповідно, розвантаження лівих коліс візків вагону.

Порушення технічних умов навантаження вагонів є постійною комерційною несправністю, яка фіксується на ПКО станцій прямування, так за 2020 рік було виявлено 296 вагонів з повздовжнім зміщенням центру маси (55% від загальної кількості вагонів з порушенням ТУ) та 36 вагонів з розміщення вантажу з порушенням технічних умов, непередбачених технічних умов, місцевих технічних умов.

Не поодинокі випадки фіксації витікання вантажу з вагона, так у першому півріччі 2021 року витікання вантажу допущено через порушення відправником вимог п.1.5.11 [3], у частині неправильного використання цистерни, а саме: недокручування штанги клапана універсального зливного пристрою, що у процесі перевезення під дією вібраційних сил призвело до порушення герметичності та подальшого витікання вантажу.

Отже, аналіз причин виникнення транспортних подій з небезпечними вантажами вказує на необхідність запровадження відповідних заходів для забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів, а саме: проведення цільових перевірок дотримання технічних умов розміщення та кріплення вантажів у вагонах; організувати проведення цільових перевірок щодо якості роботи автоматизованої системи контролю за цілісністю вантажів в русі АСК ЦВР; організувати проведення цільових перевірок з дотриманням технічних умов навантаження в частині недопущення випадків перевантаження вагонів понад їх вантажопідйомність тощо.

- [1] Правила перевезення небезпечних вантажів (зі змінами і доповненнями) [Текст]. – К. : Основа, 2012. – 548 с.
[2] Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (Додаток 3 до СМГС) - Режим доступу: https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/smgs/dod3_01072019/
[3] Правила перевезення наливних вантажів. Затверджено наказом Міністерства транспорту від 18.04.2003 р. № 299 та зареєстровано Міністерством юстиції 07.07.2003 р. за № 558/7879 (із змінами).

УДК 692.2

ОЦІНКА ЯКОСТІ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ СФОРМОВАНОГО ПІДХОДОМ FORM-BASED CODES (ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВЕ КОДУВАННЯ) ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ МІСТА

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF URBAN SPACE FORMED BY THE FORM-BASED CODES APPROACH TO IMPROVE THE CONDITION OF HOUSING AND WOOD FOUNDATION

аспірант М.С. Колоша¹

¹ Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова (м. Харків)

Kolosha Maryna¹, PhD student

¹ National University of Urban Economy in Kharkiv O.M. Beketov, (Kharkiv)

Досвід більшості країн світу свідчить про те, що звичайні принципи планування територій міст, а саме функціональне зонування, потребує переосмислення. Для вирішення цих проблем і з'являються нові підходи формування міського простору, а саме «Form-Based Codes», як головний принцип «Нового урбанізму».

На території України застосовується принцип функціонального зонування територій, в якому розподіл земельних ділянок відбувається за їх функціональним призначенням. Головними характеристиками такого зонування є встановлення параметрів щодо виду призначення будівель і споруд, їх габаритної висоти і відсотка забудови цієї ділянки. Такий принцип лише розділяє види забудови між собою не регламентуючи їх просторовий вигляд, співвідношення забудови до вулиці. Цим самим створює передумови для

неякісної та невпорядкованою забудови, яка в подальшому тягне за собою втрату цілісного образу міста та його ідентичності.

«Form-Based Codes» об'ємно-просторове кодування, далі «FBC» - це метод регулювання сталого розвитку територій міста, прийнятий місцевої або державною владою, який підкреслює фізичну форму і включає в себе регулювання землекористуванням. «FBC» фокусується на тому, щоб розвиток міського простору відбувався відповідно до встановленої композиції на території, а саме співвідношенням будівель, вулиць, пішоходів і транспорту та включає в себе просторово-регулюючих параметрів. [1]

Параметри в Україні і в Form-Based Codes, що застосовуються для створення міського простору і для регулювання планувальних обмежень садибної забудови, досить сильно різняться між собою. За кордоном, зокрема в країнах, де застосовується «Form-Based Codes», вдається створити якісне, ідентичне і безпечне середовище для жителів.

Після аналізу даних параметрів, ми можемо виявити, що практично всі параметри досить сильно впливають на вигляд простору і на його якість. Ми можемо зробити висновок, що міський простір в Україні потребує вдосконалення.

Оскільки місто і його простір складається з безлічі елементів, в формулі будуть враховані різні критерії простору, такі як:

1. Показник функціональної наповненості території – l_1 – був визначений як відношення функціонально-наповненою території до загальної території кварталу;

2. Показник відповідності об'ємно-композиційного і архітектурного вигляду забудови – l_2 – визначений як відношення території, у якій якісне об'ємно-композиційне наповнення до загальної території кварталу;

3. Показник облаштованості громадського простору – l_3 – визначений як відношення облаштованій території до загальної території кварталу;

4. Показник облаштованості особистого (приватного) простору – l_4 – визначений як відношення облаштованій приватної території до загальної території кварталу;

5. Показник облаштованості вулиці, пішохідних зв'язків і велодоріжок – l_5 – визначений як відношення облаштованій території вулиць з наявністю всіх описуваних характеристик до загальної території кварталу;

6. Показник наявності і облаштованості парковок – l_6 – визначений як відношення території парковок з наявністю всіх описуваних характеристик до загальної території кварталу;

7. Показник доступності території – l_7 – визначений як відношення доступною території для маломобільних груп населення до загальної території кварталу;

8. Показник озеленення території – l_8 – визначений як відношення озелененої території до загальної території кварталу;

9. Показатель безпеки території – l_9 – визначений як відношення безпечної території з наявністю всіх описуваних характеристик до загальної території кварталу.

«FBC» може не тільки створювати просторову якісну середовище міста, а й містити в собі архітектурні стандарти. Кожне місто має ряд своїх унікальних характеристик, образів і свої правила благоустрою та забудови територій. Впровадження параметрів «FBC» тягне за собою повне пересмотрение вже існуючих норм проектування міського простору і зміни документації на місцевому або ж державному рівні.

Головною проблемою впровадження підходу «FBC» - це труднощі в його реалізації, в коротко терміновій перспективі, саме впровадження в законодавчу базу України. Для реалізації і впровадження принципу «FBC» в Україні, необхідно створення спеціального департаменту, який буде стежити за виконанням умов об'ємно-просторових параметрів «FBC».

[1] Duany, A. and Plater-Zyberk, E. (DPZ). SmartCode 6.4, The Town Paper Publisher. URL: <https://tndtownpaper.com/images/SmartCode6.5.pdf>.

[2] Ю. Катаева, А. Лапин. Формирование методологического подхода к комплексной оценке качества городской среды. (Журнал Пермского университета. Экономика, Пермь, Россия) стр. 31-39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-metodicheskogo-podhoda-k-integralnoy-otsenke-kachestva-gorodskoy-sredy>.

УДК 629.4.027.31-272.82

ДИНАМІЧНА ПОВЕДІНКА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ РЕСОРНОГО ПІДВІШУВАННЯ ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

DYNAMIC BEHAVIOR OF THE MAIN STRUCTURAL ELEMENTS OF SPRING SUSPENSION OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK

*канд. техн. наук А.Я. Кузишин^{1,3}, канд. техн. наук Ю.Г. Соболевська¹,
канд. техн. наук С.А. Костриця², А.В. Батіг³, В.В. Боярко¹*

*¹Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного
транспорту імені акад. В. Лазаряна*

²Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

³Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

*A. Kuzyshyn^{1,3}, PhD (Tech.), J. Sobolevska¹, PhD (Tech.),
S. Kostritsa², PhD (Tech.), A. Batig³, V. Boiarko¹*

*¹Lviv branch of Dnipro National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan (Lviv),*

²Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro),

³Lviv Research Institute of Forensic Science (Lviv)

Процес проектування є початковою складовою сучасного виробництва швидкісного рухомого складу та відбувається за допомогою методів комп'ютерного та математичного моделювання. В просторових математичних моделях, які використовуються при проектуванні відповідних одиниць рухомого складу, особливості роботи пневматичних ресор, як правило, не враховуються. Пневморесори зображуються спрощеними пружно-в'язкими моделями, а

динамічні показники та показники безпеки руху визначаються у процесі проведення експлуатаційних випробувань. Більш детальне відображення характеристик пневматичної ресори може бути виконано за допомогою термодинамічних [1-3] та скінченно-елементних (FEM) [4-6] моделей, які дозволяють врахувати зміну температури, теплопередачу, перетікання повітря між пневморесорою та додатковим резервуаром, тощо.

Для моделювання вертикальних коливань швидкісного рухомого складу було створено спрощену механічну модель з двома степенями вільності (рис. 1). Розрахунки виконувались за допомогою програмного забезпечення «Mathcad» при наступних вихідних параметрах моделі: довжина нерівності рейкової колії – 20 м; початковий тиск пневморесори – 0,7 МПа; діаметр з'єднувального елемента знаходився в межах від 5 мм до 20 мм; довжина з'єднувального елемента знаходилась в межах від 0,5 м до 1,5 м.

Для доведення адекватності прийнятої моделі пневматичної ресори досліджувалась її силова характеристика, яка дозволяє оцінити середню жорсткість ресори, як тангенс кута нахилу січної характеристики, що сполучає точки мінімальної та максимальної деформації та вплив на неї зміни параметрів з'єднувального елемента.

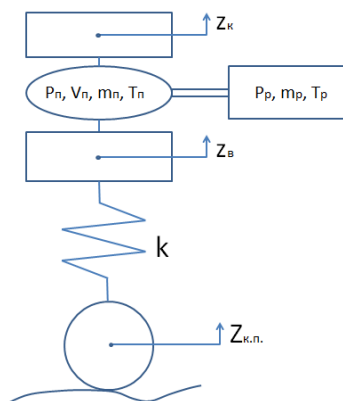


Рис. 1 Механічна модель з використанням пневматичної ресори

Отримана якісна картина динамічної поведінки пневматичної ресори відповідає дійсності [7], вказуючи на нелінійність залежності між силою та деформацією ресори, а також на значне розсіювання енергії в процесі її роботи. Величина розсіювання енергії характеризується площею петлі силової характеристики.

Виходячи з цього встановлено, що збільшення діаметру з'єднувального елемента при фіксованій частоті збурювальної сили призводить до початкового росту розсіювання енергії за цикл, а потім розсіювання зменшується. Це можна пояснити зменшенням втрат напору в з'єднувальному елементі. Зміна частоти збурювальної сили не міняє поведінки величини розсіювання енергії, але максимум розсіювання буде спостерігатися при інших діаметрах з'єднувального елемента.

Отже, на основі розв'язку динамічної задачі для спрощеної математичної моделі електропоїзда зроблено висновок про якісну адекватність моделі пневматичної ресори, яка в подальшому може бути використаною при побудові

просторової математичної моделі швидкісного рухомого складу.

- [1] Docquier N, Fiset P, Jeanmart H. Multiphysic modelling of railway vehicles equipped with pneumatic suspensions. *Vehicle Syst Dyn.* 2007; 45(6):505 – 524.
- [2] Holtz M.W., Van Niekerk J.L. Modelling and design of a novel air-spring for a suspension seat. *J. Sound Vib.* 2010; 329 (21), 4354 – 4366.
- [3] L. Xu, Mathematical modeling and characteristic analysis of the vertical stiffness for railway vehicle air spring system, *Math. Probl. Eng.* 2020 (4) (2020) 1 – 12.
- [4] Berry DT, Yang HT. Formulation and experimental verification of a pneumatic finite element. *Int J Numer Methods Eng.* 1996; 39(7):1097 – 1114.
- [5] Li H, Guo K, Chen S, et al. Design of stiffness for air spring based on ABAQUS. *Math Problems Eng.* 2013; 2013:1 – 5.
- [6] Yang W, Chen C-h, Chen Y-l, et al. Finite element analysis of an air spring for automobile suspension. *J Beijing Unive Chem Tech.* 2004; 31(1):105 – 109.
- [7] Mazzola L, Berg M. Secondary suspension of railway vehicles – air spring modelling: performance and critical issues. *Proc Inst Mech Eng Part F: J Rail Rapid Transit.* 2014; 228(3): 225 – 241.

УДК 625.113: 625.173.4

НАДІЙНІСТЬ УТРИМАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КРИВИХ ЗА ЇХ ПРОЄКТНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

RELIABILITY OF RAILWAY CURVES MAINTENANCE ACCORDING TO DESIGN PARAMETERS

*д-р техн. наук М. Б. Курган¹, д-р техн. наук Д. М. Курган¹,
аспірант Н. П. Хмелевська¹*

*¹Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна (м. Дніпро)*

***M.B. Kurhan¹, Dr.Sc. (Tech.), D.M. Kurhan¹, Dr.Sc. (Tech.),
N.P. Hmelevska¹, PhD student***

¹Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro)

На сьогодні роботи з утримання колії за відсутності достатнього фінансування та інших об'єктивних причин не виконуються в повному обсязі, а тому знижується надійність технічних об'єктів щодо збереження у встановлених межах часу значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих умовах експлуатації.

Виправка колії - один з найбільш трудомістких процесів і в той же час найбільш значимий, так як від якості виправки колії залежать експлуатаційні характеристики (плавність ходу, швидкість руху і т. д.), безпека руху, витрати на поточний ремонт та утримання. Виправка колії проводиться при всіх видах ремонту, реконструкції та новому будівництві. Близько 40 % фінансових та трудових витрат дистанції колії витрачають на даний вид робіт. Аналогічна ситуація спостерігається й за кордоном. Погана якість геометрії колії може привести до проблем з безпекою, зниження швидкості, порушення руху, збільшення витрат на технічне обслуговування і більш високій швидкості деградації інших компонентів залізниці (наприклад, рейок, коліс, стрілочних

переводів).

Довгі нерівності в плані й профілі, обмежують швидкість руху, сприяють збільшенню розладу колії і зносу рейок, посиленню концентрації значень напружено-деформованих рейкових плітей на локальних ділянках. При цьому складові криві також як і довгі нерівності є причиною розладу колії, більш прискореного зносу рейок, обмеження швидкостей, пов'язаних з перевищенням нормованих показників непогашеного прискорення, і всі ці фактори в сукупності негативно впливають на безпеку руху [1, 2].

Очевидно, що рішення даного завдання полягає в переведенні колійної техніки на роботу з використанням сучасних методів, які дозволяють більш точно реалізовувати проектні пропозиції і покращити якість робіт. Таким чином, в процесі експлуатації можливі зміни проектного положення осі колії («збита» колія), які повинні корегуватися при планових видах ремонту (капітальний, середній, реконструкція та ін.), які виконуються по узгодженій та затвердженій проектній документації, яка, в свою чергу, розробляється на матеріалах обстежень і натурних зйомок [1, 3]. Застосування супутникових технологій, що дозволяють визначити просторове положення в автоматичному режимі (зйомка в русі), є пріоритетним напрямком для вирішення завдань підвищення безпеки та ефективності роботи залізничного транспорту в повній відповідності зі стратегічним напрямком науково-технічного розвитку [4, 5].

Метою даної роботи є аналіз існуючих методів зйомки кривих в плані, дослідження впливу помилок вимірювання параметрів плану на допустимі швидкості руху поїздів, розробка пропозицій щодо зниження інтенсивності розладу колії за рахунок приведення параметрів кривих до нормативних вимог, що діють в Україні на напрямках впровадження швидкісного руху поїздів. Для отримання вихідних даних щодо параметрів плану існуючих залізниць авторами проведено огляд світової літератури за темою дослідження, а також моніторинг роботи залізничної колії на основі даних технічних паспортів дистанцій колі. Встановлено, що в результаті виправочних робіт з метою зменшення обсягів зсувів криві часто не відповідають вихідним паспортним даним.

Методика передбачає аналіз і систематизацію даних для побудови відповідних залежностей і графіків. З аналізу способу зйомки кривих, що застосовується в дистанціях колії, досліджено вплив точності отриманих даних на встановлення параметрів кривих і допустимої швидкості руху поїздів.

З використанням запропонованої методики проведено порівняння характеристик кривих знятих способом стріл у період з 2017 по 2021 рр. та отриманих за різними способами зйомки. Контроль зйомочних робіт по кривій, яка прийнята в дослідженні, слід признати незадовільним, так як кут повороту кривої за даними паспортів відрізняється на 5-8%, радіус кривої на 6-10%, а довжина кривої – на 3-6% від проектного значення.

Отримані в роботі рекомендації сприятимуть ефективності проектних рішень, визначатимуть якість проекту реконструкції в цілому і доцільність його реалізації зокрема. Набули подальшого розвитку наукові підходи до оцінки стану кривих, визначенню їх раціональних параметрів і допустимої швидкості на напрямках впровадження швидкісного руху поїздів. Отримані результати будуть

корисні для проведення заходів щодо поліпшення плавності руху поїздів, підвищення швидкості і рівня комфортабельності їзди в кривих ділянках колії особливо на напрямках впровадження швидкісного руху поїздів.

[1] Курган М. Б. Теоретичні основи впровадження високошвидкісного руху поїздів в Україні / М. Б. Курган, Д. М. Курган // Дніпро : Вид-во ДНУЗТ. – 2016. – 283 с.

[2] Особливості взаємодії колії та рухомого складу за наявності початкових нерівностей на поверхні кочення рейок / О. М. Даренський, В. Г. Вітольберг, Д. О. Потапов, П. Т. Сторчай, Д. М. Дудіков // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2018. – Вип. 178. – С. 68-78.

[3] Дослідження параметрів залізничної колії у плані за різними методами зйомки / М. Б. Курган, Д. М. Курган, С. Ю. Байдак, Н. П. Хмелевська. // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – Вип. 2 (74). – С. 77-86.

[4] Dąbrowski P. S. & atc. Installation of GNSS receivers on a mobile railway platform – methodology and measurement aspects // Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. – 2019. – Vol. 60 (132). – pp. 18–26.

[5] Accuracy Assessment of Mobile Satellite Measurements in Relation to the Geometrical Layout of Rail Tracks. / C. Specht, W. Koc, P. Chrostowski, J. Szmagliński // Metrology and Measurement Systems. – 2019. – Vol. 26(2). – pp. 309-321.

УДК 656.223:502.5

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

PROSPECTS FOR THE APPLICATION "GREEN" LOGISTICS AT MULTIMODAL TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

д-р. техн. наук Д.В. Ломотько¹, д-р. техн. наук О. М. Огар¹, канд. техн. наук Д.С. Козодой¹, В.В.Барбашин², аспірант М.Д. Ломотько¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський національний університет міського господарства ім. О.М.Бекетова (м. Харків)

*D.V. Lomotko¹, Dr.Sc. (Tech.), O.M.Ogar¹, Dr.Sc. (Tech.)
D. Kozodoy¹, PhD (Tech.), V. Barabashyn², M.D. Lomotko¹, PhD student*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

Поява «зеленої» логістики, як концепції екологічно раціонального проектування та експлуатації логістичних систем, відноситься до методології сталого розвитку економіки. За оцінками фахівців на транспорт припадає приблизно 8 % всього вуглецевого забруднення атмосферного повітря на планеті, тому впровадження «зелених» технологій в логістичній діяльності дозволить зробити певні кроки до збереження клімату на планеті. У зв'язку з цим дослідження та розвиток технологій мультимодального транспортування небезпечних вантажів є актуальними [1].

Автомобільний транспорт, крім впливу на атмосферне повітря, здійснює забруднення ґрунтів, водних ресурсів, акустичне забруднення довкілля та має велику імовірність настання суттєвих негативних наслідків у результаті дорожньо-транспортних пригод при перевезенні небезпечних вантажів. Тому стратегічним напрямком розвитку «зеленої» логістики при перевезеннях

небезпечних вантажів є відмова або зменшення частки автоперевезень на користь більш екологічних залізничних перевезень.

«Зелена» логістика приділяє увагу специфічним витратам, пов'язаним із змінами клімату, забрудненням повітря, води і ґрунту, впливу шуму для досягнення стійкого балансу між показниками економіки, навколишнім середовищем та вимогам суспільства. Контейнерні та контрейлерні перевезення небезпечних вантажів, у порівнянні із традиційними способами доставки, на теперішній час є найбільш розповсюдженими технологіями, що сприяють розвитку «зеленої» логістики.

Переважаю більшість викидів пересувних джерел забруднення дає автомобільний транспорт, значно менше – виробничий транспорт. Роль залізничного, авіаційного та водного транспорту у забрудненні атмосферного повітря є незначною. За даними Держстату України [2], викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автомобільного транспорту у 2018 році становили 1358,4 тис. т, залізничного – 27,6 тис. т, тобто відносно перевищення викидів від автотранспорту становить 49 разів. З урахуванням рівня вантажообігу у дослідному році (автотранспорту – 42569,5 млн. ткм, залізничного – 186344,1 млн. ткм) без великої похибки можливо вважати питомий середній рівень викидів забруднюючих речовин по країні у атмосферу від автотранспорту – 31,910 г/ткм, від залізниці – 0,148 г/ткм.

Перед операторами мультимодальних перевезень та експлуатантами контейнерних та контрейлерних терміналів постає завдання дотримання вимог щодо забезпечення безпеки перевезень та охорони навколишнього середовища, в частині впровадження системи екологічного менеджменту у відповідності до міжнародного стандарту ISO 14001 (ДСТУ ISO 14001) «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування» [3]. Цей стандарт містить інформацію та систему заходів стосовно певної множини екологічних аспектів.

Підприємства залізничного транспорту є об'єктами, які чинять негативний вплив на людей у вигляді фізично небезпечних та шкідливих факторів. Крім того, діяльність транспорту під впливом небезпечних та шкідливих хімічних факторів небезпечних вантажів призводить до забруднення навколишнього середовища і збільшення витрат на його відновлення. З урахуванням вимог [3] запропоновано в загальному вигляді екологічний критерій, що розраховується як величина фінансової шкоди від негативного впливу транспортного засобу та його вантажу на навколишнє середовище

$$B = B_a + B_e + B_z + B_{нт} + B_{фа} + B_{фл}, \quad (1)$$

де B_a – шкода від забруднення атмосфери, млн. грн;

B_e – шкода від забруднення водних ресурсів, млн. грн;

B_z – шкода від забруднення та деградації земель, млн. грн;

$B_{нт}$ – шкода від розповсюдження шкідливих речовин на навколишній території, млн. грн;

$B_{фа}$ – шкода для фауни, млн. грн;

$B_{фл}$ – шкода для флори, млн. грн.

Таким чином, перспективу «зеленої» логістики на сьогоднішній день слід

ув'язувати із вимогами стандарту ДСТУ ISO 14001, який є визнаним у всьому світі інструментом щодо створення ефективної системи екологічного менеджменту. Впровадження положень цього стандарту впливає на всю структуру організації мультимодальних перевезень небезпечних вантажів та дозволяє створити умови для зменшення їх шкідливого впливу на довкілля за умови максимального збереження фінансових ресурсів.

[1]. Ломотько Д. В. Інноваційні методи підвищення продуктивності та швидкодії систем контрейлерних перевезень / Д. В. Ломотько, О. М. Красноштан // Науковий Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – 2021. – Вип. 1 (48). – С. 188-202. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-188-202.

[2]. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (1990-2019) / Державна служба статистики, — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

[3]. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2015, IDT) : ДСТУ ISO 14001:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 30 с. - (Нац. стандарт України).

УДК 629.4.027.115

ОЦІНКА ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ВАГОНІВ

EVALUATION OF CAR RUNNING PERFORMANCE

*докт. техн. наук І.Е. Мартинов¹, канд. техн. наук А.В. Труфанова¹,
канд. техн. наук В.О. Шовкун¹, канд. техн. наук В.М. Петухов¹,
канд. техн. наук О.М. Сафронов²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Державне підприємство Український науково-дослідний інститут вагонобудування (м. Кременчук)

*I.E. Martinov,¹ PhD (Tech.), A.V. Trufanova¹, PhD (Tech.), V.A. Shovkun¹,
PhD (Tech.), V.M. Petuhov¹ PhD (Tech.), O.M. Safronov² PhD (Tech.).*

¹ Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

² "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute" (DP «UkrNDIV») (Kremenchuk)

Збурювання, що діють на рухомий склад з боку рейкової колії, є найбільш складним розділом динаміки рухомого складу. Це пояснюється складністю взаємодії рухомого складу та верхньої будови колії. Умовно всі збурення можна розділити на дві групи. До першої групи можна віднести вертикальні сили, що діють на колісні пари вагонів, а до другої – горизонтальні навантаження.

Основними показниками, які характеризують динамічні якості рельсового рухомого складу згідно з вимогами діючих нормативних документів [0, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**] коефіцієнти вертикальної завантаженості надресорних балок та рам візків пасажирських вагонів.

Випробування проводились на магістральних коліях ст. Новомосковськ-Дніпровський Придніпровської залізниці – ст. Балівка Придніпровської залізниці та на магістральних коліях ст. Дарниця – ст. Березань Південно-Західної залізниці з використанням випробувального обладнання та засобів вимірювальної техніки випробувального центру ДП „УкрНДІВ.”

Динамічні процеси навантаження вагонів, які були зареєстровані на магнітному носії, оброблялися програмою обчислення миттєвих значень амплітуд процесу.

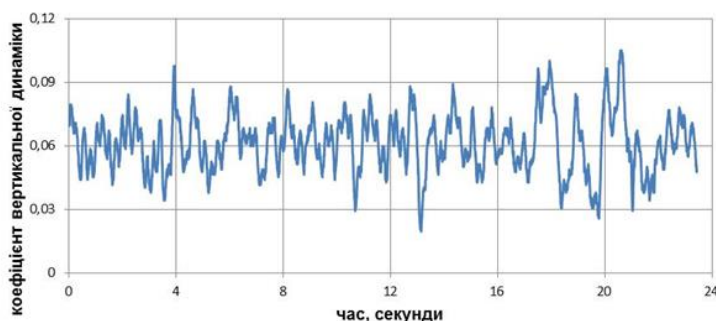


Рис. 1 Зміна коефіцієнту вертикальної динаміки при швидкості 40 км/год на прямій дільниці колії

Далі по кожному діапазоні швидкостей вибирались середні значення по окремих реалізаціях. Потім у підсумку визначалась одна величина показника в межах кожного діапазону швидкостей, починаючи зі швидкості 40 км/год.

Очевидно, що процес зміни у часі коефіцієнту вертикальної динаміки являє собою випадковий процес з ярко вираженою синусоїдальною складовою.

При цьому визначались наступні параметри: величина математичного очікування, дисперсія, а також мінімальні та максимальні значення зусиль.

Для визначення характеристик випадкових процесів використовувались відомі формули математичної статистики:

Значення кореляційної функції $K_{K_d^B}(\tau)$ обчислювались таким чином:

$$K_{K_d^B}(\tau) = \frac{1}{n - m} \sum_{i=1}^n [K_d^B(t_i) - \bar{K}_d^B][K_d^B(t_{i+1}) - \bar{K}_d^B],$$

де n – кількість крапок у реалізації; m – ціле число, що визначає інтервал кореляції $\tau = m\Delta t$, $m = 1, 2, \dots$).

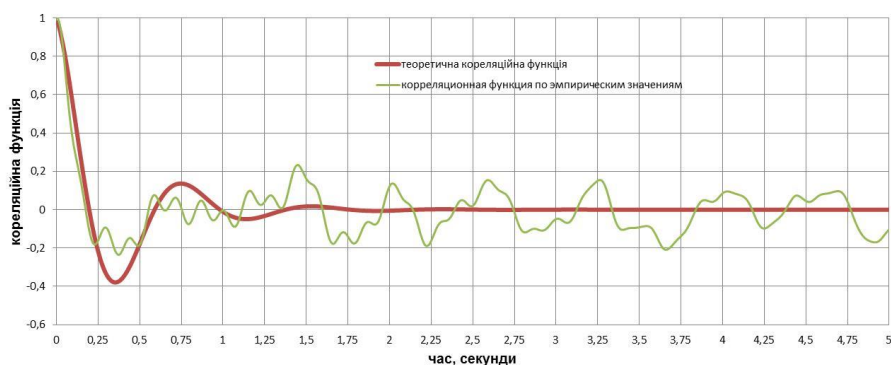


Рисунок 2 – Кореляційна функція для зміни коефіцієнту вертикальної динаміки при швидкості 40 км/год

[1] ДСТУ 7774:2015. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахунку та проектування механічної частини вагонів [Текст]. – Чинний від 2016-04-01. – К.: Мінекономрозвитку України, 2017. – 189 с.

[2] Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества: РД 24.050.37-90. – [Введен в действие 91-01-01]. – М.: ГосНИИВ, 1990 г. – 49 с. – (Ведомственный нормативный документ).

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INTERMODAL TRANSPORT

*д-р техн.наук О.М. Озар, канд. техн. наук А.В. Колісник,
д-р філософії О.В. Щєблукіна*
Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

***O.M. Ohar, Dr.Sc. (Tech.), A.V. Kolisnyk, PhD (Tech.),
O.V. Shcheblykina, PhD***
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Серед усіх видів транспорту в Україні залізничний транспорт займає провідне місце. Згідно статистичних даних за 2020 рік вантажообіг залізничного транспорту сягнув 175581,1 млн. ткм, що майже втричі перевищує обсяги автомобільного і трубопровідного, статистика наведена на рис.1. Але, порівнюючи данні за останні п'ять років спостерігається тенденція спаду обсягів перевезень залізничним транспортом [1].

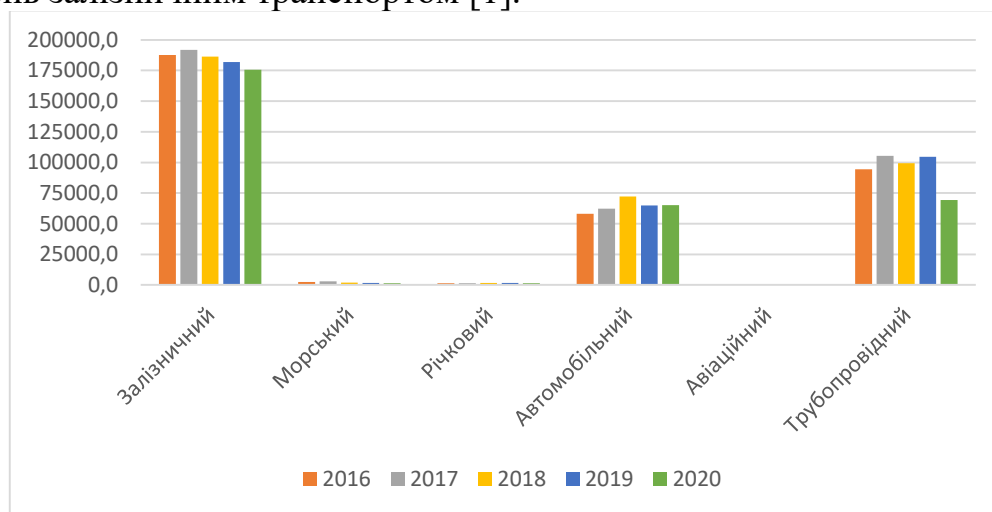


Рис. 1 – Діаграма розподілу вантажообігу різними видами транспорту з 2016-2020 роки територією України

Основною причиною зменшення обсягів є значні затримки вантажу під час перевезення залізницею, пов'язані з технологічними процесами, що призводять до додаткових витрат під час транспортування вантажу. У зв'язку з цим вантажовідправники вимушені шукати більш швидкий і дешевший спосіб. Таким чином залізниця втрачає клієнтів, що в свою чергу відображається в зменшенні обсягів вантажоперевезень. Для забезпечення конкурентоздатності залізниці необхідно сприяти розвитку прогресивних технологій таких як перевезення вантажів у контейнерах, які дозволяють пришвидшити доставку вантажу до вантажоодержувача і спростити процес перевантаження з одного виду транспорту на інший.

Однією із перспективних технологій транспортування вантажів залізницею є спосіб з використанням контейнерів у складі інтермодальних перевезень. Світова статистика свідчить про збільшення контейнеризації з кожним роком, так контейнеризація вантажів у світі сягає більше 60% і з кожним роком збільшується на 5-7 %. Також спостерігається тенденція збільшення обсягів перевалки контейнерів у портах світу на 10-20 % за кожний рік.

Інтермодальні перевезення - складний транспортний процес, який характеризується значною кількістю випадкових подій. Це обумовлено тим, що під час транспортування вантажів цим способом задіяно декілька видів транспорту і для узгодженості їх роботи між собою виникає необхідність в досконалому вивченні та удосконаленні технології їх взаємодії під час транспортування вантажів у складі інтермодальних перевезень. Основними проблемами, які виникають під час організації таких перевезень є непродуктивні простої поїздів на припортових та прикордонних станціях, які виникають із-за нестачі локомотивної тяги на станціях, також із-за нездатності залізничної інфраструктури забезпечити належну пропускну спроможність поїздів особливо в період перевезення зернових вантажів, під час митних операцій, які здійснюються на прикордонних станціях. Ці фактори призводять до збільшення часу доставки вантажу, що веде до зростання витрат на транспортування вантажу залізницею у складі інтермодальних перевезень і переключенню клієнтів на інший вид транспорту для доставки вантажу по Україні.

[1] Обсяги перевезення вантажів залізничним транспортом [Електронний ресурс] <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

УДК 625.033

ОЦІНКА НАПРУЖЕНОГО СТАНУ РЕЙОК ПРИ ШВИДКОСТЯХ РУХУ БІЛЬШЕ 160 КМ/ГОД

ASSESSMENT OF THE STRESS STATE OF THE RAILS BY SPEEDS GREATER THAN 160 KM/H

*канд. техн. наук, Д.О. Потапов¹, канд. техн. наук, В.Г. Вітольберг¹,
канд. техн. наук, А.С. Малішевська¹, В.В. Новиков¹, П.В. Пліс², В.М. Суслов³*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Куп'янська колійна машинна станція 133 (м. Куп'янськ)

³Корпорація КРТ (м. Городок)

*D.O. Potapov¹, PhD (Tech.), V.G. Vitolberg¹, PhD (Tech.),
A.S. Malishevskaya¹, PhD (Tech.), V.V. Novikov¹, P.V. Plis², V.M. Suslov³*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kupyansky Railway Machine Station 133 (Kupyansk)

³"KRT CORPORATION" (Gorodok)

Впевнений рух нашої країни в напрямку інтеграції з Європейським Союзом не міг обійти стороною питання експлуатаційної надійності роботи рейок вітчизняного виробництва за умови перспектив підвищення швидкостей руху на окремих напрямках АТ «Укрзалізниця». Однією із умов забезпечення

необхідного рівня безпеки руху на цих ділянках є умови міцності рейок, як одного із ключових елементів верхньої будови колії. Не перевищення рівня допустимих напружень, що виникають під дією рухомого складу, є запорукою надійної роботи конструкції залізничної колії в цілому

В якості розрахункових рухомих одиниць в даному дослідженні було обрано сучасні типи локомотивів з максимальними швидкостями руху від 200 до 260 км/год, а саме:

- локомотив TRAVCA, який відрізняє невелике осьове навантаження, за рахунок чого забезпечується його відповідність високим вимогам технічного обслуговування швидкісних залізниць, в тому числі при русі на швидкості до 260 км/год. [1].

- двосистемний швидкісний шестиосний пасажирський електровоз ЕП20, спроектований Трансмашхолдингом з використанням ряду технічних рішень французької компанії «Alstom» в рамках спільного підприємства «Технології рейкового транспорту» [2]. Електровози випускалися в двох модифікаціях – звичайної з конструкційною швидкістю 160 км/год і швидкісний зі швидкістю до 200 км/год.

- магістральний пасажирський електровоз змінного струму KZ4A, розроблений компанією «Siemens Mobility» і створений в Чжучжоуському локомотивобудівному заводі. Ці електровози використовуються в тязі високошвидкісних поїздів іспанського виробництва Talgo 200 між Астаной і Алмати. Конструкційна швидкість – 200 км/год [3].

- швидкісний пасажирський двосекційний електровозу постійного струму ЧС200. Виробник – завод «Škoda» (м. Пльзень). Призначений для експлуатації на швидкісних ділянках з конструкційною швидкістю 220 км/год.[4].

На даний час в Україні чинним нормативним документом, який регламентує порядок проведення інженерних розрахунків залізничної колії на міцність є «Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» ЦП-0117 [5], розроблені під керівництвом проф. Е.І. Даніленка.

В результаті проведених розрахунків було визначено величини напружень в кромці головки рейки та кромці підшви рейки з урахуванням сезонності (рис.1).

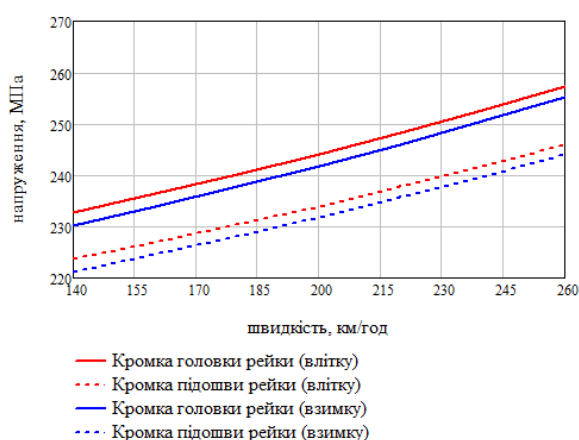


Рис. 1. Зміна напружень в кромці головки та підшви рейок залежно від швидкості руху локомотиву TRAVCA

Встановлено, що для всіх типів локомотивів для яких було проведено розрахунки, отримані значення напружень, що діють в рейках, не перевищують допустимих. Тобто, з точки зору міцності рейки типу Р65 з термічною обробкою українського виробництва можуть експлуатуватись в прямих ділянках зі швидкостями більше 160 км/год. Доцільна їх експлуатація на ділянках з залізобетонних шпалах з епюрою укладання 1840 шт/км із щебеним баластом товщиною 40см.

- [1] Locomotive Travca [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.talgo.com/en/rolling-stock/locomotives/travca/>.
- [2] Устройство и эксплуатация электровоза ЭП20: учеб. пособие. – М.: ОАО «Российские железные дороги», 2015. – 360 с.
- [3] Правила эксплуатации электровозов серии KZ4A [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ktzh-gr.kz/upload/iblock/b09/fxqsgadnabwpzu%201bwswzyjuvgtzjacofaeyhfc%20ugdrvdhfaegjcbejvesvgh%20bhmaorcjxg%20KZ4A.pdf>.
- [4] Электровоз постоянного тока: ЧС200 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/tagapoezd/tagsredstva/chs200>.
- [5] Даніленко, Е. І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість: ЦП-0117 / Е. І. Даніленко, В. В. Рибкін. – Київ: Транспорт України, 2004. – 64 с.

УДК 342.951

АНАЛІЗ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ПРИ СТВОРЕННІ ЄДИНОГО РЕЄСТРУ НЕРУХОМОСТІ В УКРАЇНІ

ANALYSIS OF FOREIGN EXPERIENCE IN CREATING A SINGLE REAL ESTATE REGISTER IN UKRAINE

*д-р. екон. наук Н.М.Ступень¹, канд. техн. наук В.М.Сай¹,
канд. екон. наук З.Р.Рижок², канд. техн. наук Н.В.Белікова³,
канд. техн. наук Е.А.Беліков³*

¹ Інститут геодезії Національного університету «Львівська політехніка» (м. Львів)

² Львівський національний університет природокористування (м. Львів)

³ Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*N.Stupen¹, Dr.Sc. (Econom.), V.Sai¹, PhD (Tech.), Z.Ryzhok² PhD (Econ.),
N.Bielikova³ PhD (Tech.), E. Bielikov³ PhD (Tech.)*

¹ Institute of Geodesy National University "Lviv Polytechnic" (Lviv)

² Lviv National University of Nature Management (Lviv)

³ Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У наш час держава, виконуючи свої функції, повинна мати у бізнес середовищі так званий клієнтоорієнтований підхід, що спрямований на задоволення потреб громадян та інших осіб, що звертаються за відповідними адміністративними послугами. Топ позиції країн у рейтингу Світового банку «Doing Business» щодо легкості ведення бізнесу у сфері реєстрації нерухомості наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Рейтинг Світового банку «Doing Business»

Рейтинг	Країна	Наявність єдиної бази даних	Використання єдиного номеру
1	Нова Зеландія	Єдина база даних	Так
2	Руанда	Різні, але пов'язані бази даних	Так
3	Литва	Єдина база даних	Так
4	Грузія	Єдина база даних	Так
5	Білорусь	Єдина база даних	Так
6	Естонія	Різні, але пов'язані бази даних	Так
7	Словаччина	Різні, але пов'язані бази даних	Так

Рейтинг	Країна	Наявність єдиної бази даних	Використання єдиного номеру
8	Киргизстан	Єдина база даних	Так
9	Швеція	Різні, але пов'язані бази даних	Так
10	ОАЕ	Різні, але пов'язані бази даних	Так
64	Україна	Різні бази даних	Ні

Більшість державних реєстрів у Литві веде Центр реєстрів, що являється державним підприємством та є аналогом нашого вітчизняного підприємства «Національні інформаційні системи» [1;6].

Центр реєстрів здійснює оцінку нерухомості для оподаткування, публікує відкриті дані про нерухомість, а саме енергоефективність об'єктів нерухомості, виконує реальний аналіз ринку нерухомості за даними, які містяться в його базах [3]. Сьогодні основними реєстрами у Литві є [5]: реєстр нерухомого майна та кадастру; реєстр юридичних осіб; реєстр адресів; реєстр жителів.

Базу реєстру адрес використовують також у реєстрі жителів, реєстрі юридичних осіб, реєстрі нерухомого майна та кадастру. Особливість застосування даних реєстру адрес полягає в тому, що вони є унікальними, тобто жодна адреса не може повторюватися (атрибутом адреси є номер квартири або нежилого приміщення, будівлі, споруди). Використовувати адресу мають право тільки після її реєстрації в реєстрі. У свою чергу, реєстр жителів містить дані про усіх постійних жителів Литви. Реєстр жителів веде Міністерство внутрішніх справ, адмініструє – Центр реєстрів [4]. Реєстр жителів містить дані про усіх постійних жителів Литви. Найбільш цікавим є Реєстр кадастру та нерухомого майна. Більшість послуг реєстру надають через мережу Інтернет.

На базі головних реєстрів створено та підтримується багато сервісів, для державних органів, нотаріусів, оцінювачів, органів місцевого самоврядування, присяжних виконавців. Його відкритими даними користуються ріелтори, будівельники, проєктанти та громадяни. Одним з таких прикладів використання відкритих даних є сервіс відкритих даних *regia.lt*.

Усі електронні послуги в Литві – платні як для фізичних, так і для юридичних осіб, включаючи держструктури. Це створює атмосферу відповідальності за надання цих послуг державою. «Центр реєстрів» щороку заробляє на цьому мільйони євро і вкладає гроші в нові технічні розробки. При цьому вартість послуг часто істотно нижча від тієї суми, яку платять в Україні, поки проходять весь шлях, щоб зібрати потрібні документи й довідки. Зареєструвати фізичну або юридичну адресу в Литві можна повністю в режимі онлайн, а потім також електронним способом підписувати різні договори. Система автоматично перевірить дані про власників приміщень [2].

З розвитком технологій спостерігається тенденція до уніфікації всіх даних та реєстрів, заради спрощення доступу до них користувачів. Не винятком є й система реєстрації прав на нерухоме майно. Враховуючи досвід Литви, Україні також потрібно створити єдиний реєстр нерухомості, який буде містити як технічну, так і правову інформацію щодо всієї нерухомості в країні, що буде

зручним як для держави, так і для простих громадян, оскільки це спростить процедуру реєстрації права власності на нерухоме майно.

[1] Деякі питання щодо визначення адміністратора Єдиних та Державних реєстрів, держателем яких є Міністерство юстиції України: Наказ Міністерства юстиції України від 25.06.2015 № 1059/5. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0754-15>. (дата звернення: 12.09.2021)

[2] Довідас Віткаускас. Електронний реєстр адрес: що Україні варто перейняти у Литви. Європейська правда. URL: <http://www.euointegration.com.ua/experts/2017/11/30/7074367/>. (дата звернення: 12.09.2021)

[3] Питання адміністрування Єдиного державного реєстру юридичних осіб, фізичних осіб підприємців та громадських формувань: Наказ Міністерства юстиції України від 31.05.2016 № 1565/5. URL: <https://nais.gov.ua/about>. (дата звернення: 12.09.2021)

[4] Сидоренко А. Досвід роботи реєстрів Литви. Веб-сайт відділення Нотаріальної палати України в м. Києві. URL: <http://vnpu.kiev.ua/?p=1582>. (дата звернення: 12.09.2021)

[5] Центр реєстрів у Литві. URL: <http://www.registrucentras.lt/en/>. (дата звернення: 12.09.2021)

The ranking of economies on the ease of registering property. Doing Business 2018. URL: <https://russian.doingbusiness.org/ru/data/exploretopics/registering-property>. (дата звернення: 12.09.2021)

УДК 342.951

РИНОК ЗЕМЛІ: УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ ТА СВІТОВИЙ ДОСВІД

EARTH MARKET: UKRAINIAN REALITIES AND WORLD EXPERIENCE

*д-р.екон.наук Н.М.Ступень¹, д-р.екон.наук Р.М.Ступень²,
канд. техн. наук В.М.Сай¹, канд. техн. наук Н.В.Белікова³,
канд. техн. наук Е.А.Беліков³*

¹ Інститут геодезії Національного університету «Львівська політехніка» (м. Львів)

² Львівський національний університет природокористування (м. Львів)

³ Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*N.Stupen¹, Dr.Sc. (Econ.), R.Stupen², Dr.Sc. (Econ.), V.Sai¹, PhD (Tech.),
N.Bielikova³ PhD (Tech.), E. Bielikov³ PhD (Tech.)*

¹ Institute of Geodesy National University "Lviv Polytechnic" (Lviv)

² Lviv National University of Nature Management (Lviv)

³ Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Здійснивши аналіз використання земельних ресурсів у Литві, Латвії, Німеччині, Нідерландах та Франції, можна зробити висновок, що ринковий обіг у цих країнах є досить добре розвиненим та функціонує на належному рівні, завдяки: здійсненню дієвого контролю за використанням та охороною сільськогосподарських земель інструментами державного регулювання у сфері використання земельних ресурсів; ефективного ринкового обігу земель та раціонального землекористування; збереженню та відновленню земельних ресурсів; розвитку сільського господарства; формуванню сімейного фермерського господарства у сільській місцевості та підвищенню рівня життя сільських жителів; забезпеченню продовольчої безпеки.

Ефективність ринкових операцій буде залежати від наявності правового й економічного середовища та відповідного їх інфраструктурного забезпечення, економічної мотивації виходу на ринок продавців і платоспроможних покупців земельних ділянок [1].

У Польщі ринок земель регулюють переважно економічними засобами. Держава через спеціально створене Агентство сільськогосподарської власності державної казни (АВРСП) викупує в селянських господарств землі й нерухомість, і продає їх перспективним господарствам, малоземельним, молодим селянам. Пріоритет надають покупцям, які мають належну кваліфікацію. Максимальна площа земельної ділянки, яка може бути куплена в одні руки, становить 500 га (рис. 1), 81% земель перебуває в приватній власності [2].

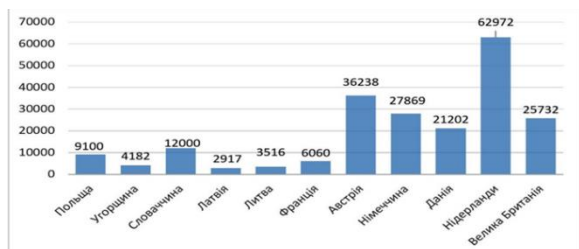


Рис.1. Вартість 1 га землі в Європейських країнах у 2019 р., євро/га.

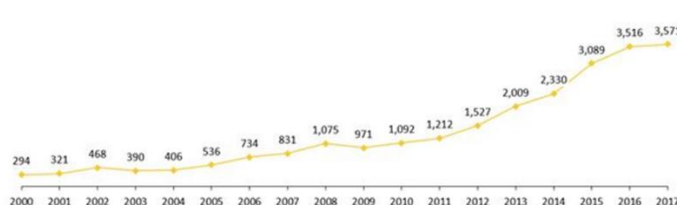


Рис.2. Динаміки ціни за 1 га сільськогосподарських земель у Литві, євро.

Реформа земельного ринку лібералізувала та формалізувала операції з купівлею/продажем та орендою землі в Литві. Зараз ринок відкритий, хоч з деякими обмеженнями. Відповідно запуск та лібералізація ринку призвели до стрімкого зростання цін на землю [3]. Ціна на придбання землі зросла в 12 разів – від 294 євро за 1 га у 2000 році до 3571 євро за 1 га у 2017 році (рис. 2).

Згідно [4] в Нідерландах діє відкрита платформа для збору інформації Kadaster Online, що відображає ціни на ділянки, власників та нотаріальні дії щодо них. Інформація є публічною. Як наслідок, ціна землі в Нідерландах є найвищою в Європі (рис. 3).

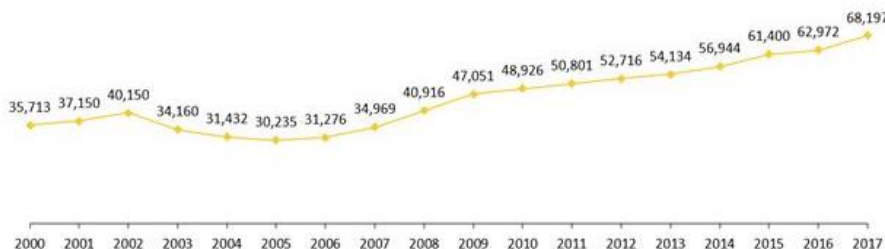


Рис.3. Динаміки ціни за 1 га сільськогосподарських земель в Нідерландах, євро.

У Латвії, незважаючи на те, що це не аграрна держава, ринок землі ефективно функціонує. Придбати землю в Латвії можна за 2917 євро за 1 га, а 99 % земель знаходиться у приватній власності. У Литві встановлені обмеження на покупку землі для фізичних осіб – 300 га, для юридичних осіб – 2000 га, а вартість 1 га становить 3516 євро (рис. 1) [5].

Німеччина – країна, у якій розвинений вільний ринок обігу земель. Усі договори купівлі-продажу земельних ділянок розміром більше за 1 га пильно контролюються спеціально уповноваженими організаціями, які можуть зупинити процес продажу землі, якщо запідозрять, що дана угода носить спекулятивний характер. Ще однією особливістю ринкового обігу земель Німеччини, є те, що майбутній власник земель має надати план розвитку господарства [6].

Згідно [7,8,9] серед моделей ринкового обігу земель іноземних країн виокремлено інструменти державного регулювання у сфері використання земельних ресурсів, що забезпечать становлення ефективного ринкового обігу земель та раціонального землекористування в Україні.

- [1] Дудич Г. М. Застосування у сільському господарстві України зарубіжного досвіду удосконалення земельних відносин. Аграрна економіка. 2014. Т. 7. № 1–2. С. 101–107. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae_2014_7_1-2_19. (дата звернення: 12.09.2021).
- [2] Юрченко І. В. Регулювання ринкового обігу земель сільськогосподарського призначення: досвід Польщі. Економіка АПК. 2018. № 4. С. 88-94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2018_4_13. (дата звернення: 12.09.2021).
- [3] Ринок землі: в Литві і Нідерландах не побоялись іноземців. URL: <https://rpr.org.ua/news/gynok-zemli-v-lytvi-i-niderlandakh-ne-poboialys-inozemtsiv>. (дата звернення: 12.09.2021).
- [4] Янушевич Є. Формування ринку землі на регіональному рівні та стимулювання її використання (на прикладі Львівщини). Регіональні аспекти розвитку і розміщення продуктивних сил України. 2000. № 4. С. 108–109.
- [5] Обіг с/г земель – досвід Латвії та п'ять паралелей для України. URL: <https://agropolit.com/blog/325-obig-s-g-zemel--dosvid-latviyi-ta-pyat-paraleley-dlya-ukrayini>. (дата звернення: 12.09.2021).
- [6] Досвід Німеччини в землекористуванні. Інститут охорони ґрунтів України. URL: <http://www.iogu.gov.ua/publikaciji/statti/dosvid-nimechchyny-v-zemlekorystuvanni/>. (дата звернення: 12.09.2021).
- [7] Коробська А. О. Проблеми становлення ринкового обігу земель сільськогосподарського призначення в Україні. Економіка АПК. 2019. № 4. С. 106–115. URL: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201904106>. (дата звернення: 12.09.2021).
- [8] Беззуб І. Ринок землі: українські реалії та європейський досвід. Громадська думка про правотворення. 2019. № 7 (172). С. 3–11. URL: <http://nbuviar.gov.ua/images/dumka/2019/7.pdf>. (дата звернення: 12.09.2021).
- [9] Левек Р., Ходаківська О., Юрченко І. Моделі регулювання ринкового обігу земель сільськогосподарського призначення в країнах Європейського Союзу. Економіка АПК. 2017. № 10. С. 5-12. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2017_10_3. (дата звернення: 12.09.2021).

УДК 656.223

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ

PROSPECTS DEVELOPMENT OF THE DANGEROUS GOODS TRANSPORTATION SYSTEM BY RAILWAYS

Д.С. Тройников¹,

д-р. техн. наук Д.В. Ломотько², канд. техн. наук Д.С. Лючков²

¹ РФ "Південна залізниця" АТ "Укрзалізниця"

² Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

D.S. Troinykov¹, D.V. Lomotko² Dr.Sc. (Tech.), D.S. Lychkov² PhD (Tech.)

¹RF "Pivdenna zaliznitsa" JSC "Ukrzaliznytsya"

² Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Перевезення небезпечних вантажів залізницями - процес значно складний, ніж перевезення звичайних вантажів. На всіх етапах перевезення потрібно зібрати в кілька разів більше документів на вантаж, правильно визначити клас безпеки і належно здійснити маркування вантажу, а при перевезенні у міждержавному сполученні – виконувати норми відповідних міжнародних угод [1]. Але однієї з найголовніших проблем стає знайти надійного перевізника який має відповідний рухомий склад та доставить небезпечний вантаж без проблем та аварійних ситуацій. Тому питання перевезення небезпечних вантажів вимагає від

усіх учасників перевезення безумовного виконання вимог нормативно-правових актів, що регламентують такі перевезення.

На поточний час із 157 вантажних станцій регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» навантаження, вивантаження небезпечних вантажів здійснюється на 109 станціях, в тому числі по дирекціям: Харківська на 43 станціях, Сумська на 20 станціях, Полтавська на 46 станціях.

Пріоритетними вантажами з якими працюють станції регіональної філії залишаються вантажі класу 3 та 2 (нафта/ нафтопродукти та газ)

Слід зазначити, що загальний обсяг перевезень небезпечних вантажів по регіональній філії «Південна залізниця» має тенденцію зростання. Так за 8 місяців 2021 року регіональною філією було перевезено 50 741 вагонів та контейнерів з 2 289 887 тон небезпечних вантажів, що на 2 391 вагон та контейнер або на 120 170 тон більше ніж за аналогічний період минулого року (див. рис. 1). При цьому збільшення загальної кількості перевезень відбулося за рахунок збільшення імпорتنих (+2 358 вагонів та контейнерів) та транзитних перевезень (+363 вагона та контейнера).

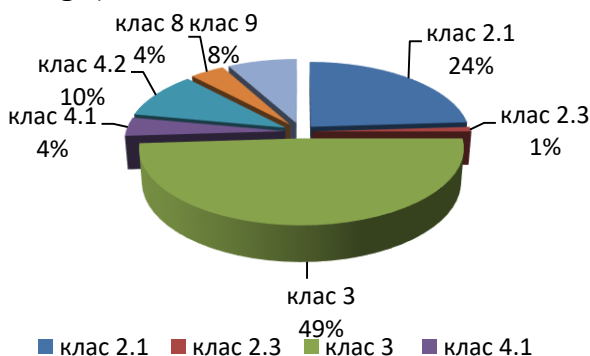


Рис. 1 - Навантаження небезпечних вантажів за 8 місяців 2021 року

За 8 місяців 2021 року на мережі регіональних філії АТ «Укрзалізниця» було зафіксовано 6 випадків виникнення аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів з вагонами, які були навантажені на станціях регіональної філії «Південна залізниця», з яких у:

- 4 випадках витікання вантажу відбулося через нижній зливний пристрій,
- 1 випадку – через тріщину котла,
- 1 випадку – через верхній заливний люк.

Причинами виникнення аварійних ситуацій стало:

- недокручування вантажовідправниками штоку штанги універсального зливної пристрою – у 4 випадках,
- неякісний ремонт котла цистерни при проведенні планового ремонту – 1 випадок,
- порушення вантажовідправником вимог «Правил перевезення небезпечних вантажів» в частині недотримання умов наповнення котла цистерни рідким вантажем – 1 випадок.

З метою забезпечення безпеки руху поїздів при перевезенні небезпечних вантажів на регіональній філії щорічно розроблюється та затверджується «План заходів щодо забезпечення безпеки руху при перевезенні небезпечних вантажів та запобігання випадкам аварійних ситуацій з ними» відповідно до якого всіма

працівниками філії, які задіяні у перевезенні небезпечних вантажів, вживаються відповідні заходи щодо попередження та недопущення випадків виникнення аварійних ситуацій. Особлива увага під час перевірок приділяється:

- дотриманню «Правил перевезення небезпечних вантажів» та «Правил безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом»;

- якості підготовки цистерн під навантаження, справності клапанів з відображенням результатів огляду,

- дотриманню вимог керівництва з експлуатації спеціального (спеціалізованого) вагону-цистерни, контейнера-цистерни або інструкцій, що розроблюються підприємствами-відправниками та одержувачами цих вантажів,

- дотриманню Технологічного процесу роботи залізничних станцій з наливу та зливу нафто вантажів і промивально-пропарювальних станцій з очищення та підготовки цистерн для перевезення вантажів та правильності оформлення перевізних документів,

- наявності у вантажовідправників (одержувачів) свідоцтв про проходження спеціалізованого навчання з перевезення небезпечних вантажів.

[1] Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [Електронний ресурс]. – Введ. 01.07.2015. – Режим доступу: <http://osjd.org/>.

УДК 528

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ РЕМОНТІВ ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ НА БАЗІ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

GEOINFORMATION SYSTEMS DESIGN OF REPAIRS OF CONNECTION ROADS ON THE BASIS OF LASER SCANNING

д-р техн. наук Є.Б. Угненко¹, канд. техн. наук О.М. Ужвієва¹, Сорочук Н.І.¹, д-р техн. наук . В.О. Юрченко², д-р техн. наук Г. Віселга³

¹Український державний університет залізничного транспорту, Україна

²Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна

³Вільнюський технічний університет імені Гедимінаса, Литва

Ev. Ugnenko¹, Dr.Sc. (Tech), E. Uzhviieva¹, PhD (Tech), N. Sorochuk¹, V. Yurchenko², Dr.Sc. (Tech), G. Viselga³, Dr.Sc. (Tech),

¹Ukrainian State University of Railway Transport, (Ukraine)

²Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, (Ukraine)

³Vilnius Gediminas Technical University, (Lithuania)

Лазерне сканування, з'явившись на українському ринку геодезичних послуг близько 10 років тому, поступово знаходить застосування при вирішенні все більшого кола завдань, таких як оперативний контроль будівництва інженерних споруд та моніторинг їх стану при експлуатації, проектуванні шляхів сполучення, 3D-моделювання складних архітектурних об'єктів. Все це може бути

використано для створення тривимірного інформаційного наповнення геоінформаційних систем.

На теперішній час загальний стан дорожньої мережі та економіки в цілому змушують сконцентруватися на ремонт існуючих шляхів сполучення, а проектування нових напрямків скоротити до мінімуму [1].

При проведенні вишукувальних робіт обґрунтовано застосування лазерного сканування та геоінформаційних систем (ГІС) проектування ремонтів шляхів сполучення. Вибір того або іншого способу організації даних в ГІС, має ключове значення. Вибір моделі даних безпосередньо визначає багато функціональних можливостей створюваної ГІС. Організація даних в ГІС безпосередньо визначає і застосовність тих або інших технологій введення даних. У тій же мірі від неї залежить досяжна просторова точність представлення графічної частини інформації, можливість здобуття якісного картографічного матеріалу і організації контролю якості карт. У великій мірі спосіб організації даних в ГІС визначає також досягну швидкодію системи, наприклад, при виконанні запиту або візуалізації на екрані [2].

Можливість працювати з великими об'ємами даних або з точними даними по великих територіях теж пов'язана із способами і формами організації даних. Зручність редагування і оновлення даних, можливості організації розрахованої на роботи в режимі редагування багатьох користувачів, створення розподілених по мережі баз даних - це все теж пов'язано в першу чергу з організацією даних, і вже в другу - з конкретним програмним забезпеченням.

Об'єктно-орієнтована модель даних розглядає географічні об'єкти реального часу як об'єкти бази даних. Об'єктами представляються просторові лінійні об'єкти, наприклад, шляхи сполучення, об'єкти інфраструктури, земельні ділянки.

Модель бази геоданих визначає загальну модель для географічної інформації. Переваги бази геоданих в наданні можливостей:

- централізовано зберігати географічні дані і управляти ними в одній реляційній системі управління бази даних (СУБД);
- моделювати поведінку просторових об'єктів;
- застосувати складні правила і відношення до даних;
- підтримувати цілісність просторових даних в несуперечливій, точній базі даних;
- функціонувати в рамках розрахованого на багато користувачів доступу і редагування середовища;
- масштабування створених проектних рішень;
- інтеграції просторових даних з іншими базами даних;
- підтримка призначених для користувача функцій і поведінки [3].

На підставі викладеного, можна виділити такі завдання системної організації даних:

- 1) перетворення інформації як описових відомостей в моделі;
- 2) зведення множини просторових даних до єдиної інтегрованої інформаційної моделі;

- 3) класифікація вихідних даних і моделей при перетворенні їх в інтегровану модель;
- 4) ідентифікація даних у процесі перетворення даних в інтегровану модель, чим зберігається їх індивідуальність;
- 5) встановлення додаткових зв'язків між геоданими на основі їх інтеграції;
- 6) уніфікація вихідних даних і створення можливості обробки й аналізу даних, виміряних в різних шкалах і з різною розмірністю, в єдиній системі;
- 7) створення бази для вирішення основного завдання геоінформатики - встановлення просторових відношень між просторовими процесами, об'єктами, явищами і їх характеристиками.

- [1] В.С. Каредін, Н.В. Павленко КРЕДО на службі у дорожників. Автошляховик України: Науково-виробничий журнал № 4 (256) 2018 р. с. 37-46.
- [2] ДБН А.2.1 -1-2014. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014– 126 с.
- [3] Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник / В. Д. Шипулін; Харківська національна академія міського господарства. – Х.: ХНАМГ, 2010 – 313 с.

УДК 692.131.37

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR INVESTIGATION OF GEOTECHNICAL CONDITIONS OF CONSTRUCTION SITE

*канд. техн. наук, В.О. Чумакевич¹, канд. техн. наук, Н.В. Белікова²,
канд. техн. наук, Е.А. Беліков², магістр В.В. Чумакевич³*

¹ Національний університет "Львівська політехніка" (м. Львів)

² Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

³ Львівський національний університет ім. І. Франка (м. Львів)

*V. O. Chumakevych¹ PhD (Tech.), N.V. Byelikova¹, PhD (Tech.),
E.A. Byelikov¹, PhD (Tech.), V. O. Chumakevych³, magistr*

¹ Lviv Polytechnic National University (Lviv)

² Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

³ Ivan Franko National University of Lviv (Lviv)

За останні роки в Україні сталось чимало аварій відбувалось на залізниці через значну зміну несучої здатності залізничного земляного полотна на Придніпровській та Львівській залізницях [1 – 2]. Відбувається освоєння нових земельних ділянок, які раніше вважались не придатними для будівництва. Європейська спільнота ще в 90-х роках прийшла до необхідності уніфікації основних будівельних норм та прийняття системи Eurocode [3 – 6], однак Україна почала активно впроваджувати уніфіковану систему досліджень відносно недавно. Важливим етапом стало впровадження Eurocode 7 [6], який регламентує порядок проведення дослідження ґрунтів і основ.

В світі розроблено багато програмних продуктів, які дозволяють досліджувати геотехнічні умови в районі будівництва: AutoCAD Civil 3D, CREDO, Ліра тощо. Ці програмні продукти мають добре апробований математичний апарат, зручний інтерфейс, гарну візуалізацію процесів дослідження, але вимагають наявності ліцензії та висувають доволі жорсткі вимоги до апаратного забезпечення комп'ютерів. Також слід відмітити, що лише AutoCAD Civil 3D має можливість проводити розрахунки за системою Eurocode, решта – орієнтовані на країни пострадянського простору, будівельні стандарти і норми яких значно відрізняються від міжнародних.

Під час виконання програмного продукту були використані методи дослідження, які затверджені міжнародними та державними стандартами [3 – 6] та добре апробованими методиками [7, 8].

Програмний продукт розроблено на мові C# з використанням DataGridView Class (DataGridView Class Microsoft Build) та Series Class (Series Class Microsoft Build). Вихідна інформація зберігається в таблицях, які організовані за допомогою елементу керування даними DataGridView, робота якого буде розглянута нижче. В моїй програмі Series приймає та зберігає ці дані з елементів Dictionary<double,double> (Dictionary<Tkey,TValue>), які є асоціативними масивами в DataPoint. Інтерфейс дозволяє вводити вихідні дані вручну з подальшою можливістю їх корекції. Він передбачає діалоговий режим роботи і загальну схему роботи і після запуску програми з'являється діалогове вікно. Оператор має вибрати «Введення даних польових та лабораторних досліджень». Програмний продукт дозволяє в автоматизованому режимі отримувати окремі характеристики (рис. 1), повні назви ґрунтів (рис. 2) та їх основні характеристики.



Рис. 1. Крива неоднорідності гранулометричного складу піску

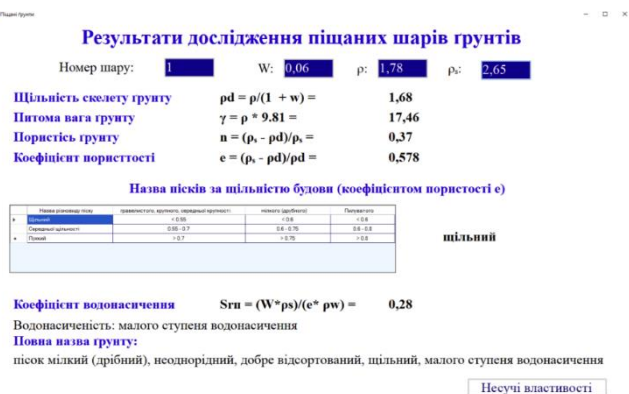


Рис. 2. Визначення повної назви піску

Проведені дослідження дозволили створити програмний продукт, який дає змогу визначати основні характеристики ґрунту за результатами польових та лабораторних досліджень, визначати основні несучі здатності ґрунтів будівельного майданчика. Програмний продукт має достатню наочність, дозволяє створювати проміжні та підсумкові табличні данні результатів. Розроблений програмний продукт повністю відповідає вимогам діючих нормативних документів та дозволить зменшити людський фактор під час

проектування споруди та її фундаменту.

- [1] Залізничники станції Ароматна оперативно попередили руйнівні наслідки потужної зливи Інтернет ресурс Укрзалізниця: портал для співробітників. Режим посилання: <http://portal.uz.gov.ua/2021/08/03/zalznichniki-stancziyi-aromatna-operativno-porededili-rujnivni-naslidki-potuzhnoyi-zlivi/> (дата звернення: 12.09.2021).
- [2] На Львівській залізниці негода спричинила розмив земляного полотна. Інтернет ресурс Львівська залізниця. Режим посилання: <http://railway.lviv.ua/info/press-center/news/article/2014/may/752///> (дата звернення: 12.09.2021).
- [3] CEN 2002. Eurocode: Basis of structural design. European standard, EN 1990 : 2002. European Committee for Standardization: Brussels.
- [4] Frank, R. et al. 2004 Designers' Guide to EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnical Design-General Rules; Thomas Telford, London, UK, 216 p.
- [5] Frank R. 2016 General presentation of Eurocode 7 on 'Geotechnical Design'. Building constructions, 83 (1) pp. 3-27.
- [6] ДСТУ-Н Б EN 1997-1: 2010. Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT). [Чинний від 2013-01-07]. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 193 с.
- [7] Arnold Verruijt 2001. Soil mechanics, Delft University of Technology. 315 p. URL: <http://geo.verruijt.net/>
- [8] Корнієнко М. В. Основи і фундаменти: навчальний посібник / М.В.Корнієнко. – К.: КНУБА. 2012. – 164 с.

УДК 528.482

ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ СКАНЕРІВ В ПРАКТИЦІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

APPLICATION OF LASER SCANNERS IN THE PRACTICE OF CONSTRUCTION WORKS

*канд. техн. наук, В.О. Чумакевич¹, канд. техн. наук, Н.В. Белікова²,
канд. техн. наук, Е.А. Беліков², Віват А.Й.¹, канд. техн. наук, Шило Є.О.¹*

¹ Національний університет "Львівська політехніка" (м. Львів)

² Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V.O. Chumakevych¹ PhD (Tech.), N.V. Byelikova², PhD (Tech.),
E.A. Byelikov², PhD (Tech.), A.J. Vivat¹, E.N. Shilo¹, PhD (Tech.)*

¹ Lviv Polytechnic National University (Lviv)

² Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Застосування сучасних технологій в будівництві призначено не лише для зменшення часу проектування, підвищення якості будівельних робіт, а, в першу чергу, покращення технологій контролю якості виконаних робіт [1 – 6]. Стрімкий розвиток технологій відкрив дорогу новим геодезичним пристроям [1 – 6], які не лише здатні запам'ятовувати результати вимірювань, а й здійснювати спеціалізовані геодезичні обрахунки [1 – 6]. Окремі прилади, наприклад електронний нівелір Trimble DiNi 03 [7] та лазерний сканер Leica ScanStation P10 [8], не лише здатні компенсувати окремі недоліки початкових перевірки та виставки приладів, а й контролюють стан та порядок використання приладу під час роботи. Також сучасні прилади значно зменшують час виконання геодезичних робіт та їх подальшої обробки.

В публікації [9] наведено ряд цікавих діаграм: розподіли похибок людей в будівельній галузі та джерел не проектних впливів на будівельні об'єкти. Перша група небезпек може бути зведена до мінімуму за допомогою посиленних систем

контролю [9]. Нажаль друга група являє собою практично некеровані загрози. Тому основну увагу зосереджують на зменшенні людського чинника ризиків [9].

Із зазначеного вище можемо сформулювати мету дослідження: практичними прикладами показати широкі можливості використання лазерного сканування практично на всіх етапах будівельного виробництва [2, 3, 5].

На стадії вивчення території та складання планів можна використовувати матеріали сканування з БПЛА в результаті можна отримати карту (рис. 1). Лазерне сканування є безконтактною технологією, що дозволяє отримати фізичні дані про об'єкт в цифровій формі. Гарні результати лазерне сканування дає і під час контролю якості штукатурних та малярних робіт. Дослідження проводились для навчальної аудиторії №008 навчального корпусу №2 кафедри інженерної геодезії НУ «Львівська політехніка» (рис. 2).

Дослідження якості виконання вертикальних колон на прикладі багатоповерхового житлового будинку №1 кварталу житлової забудови за адресом м. Львів вул.Скляна, 15 показано на рис. 3.



Рис. 1 Висотна частина плану масштабу 1:1000



Рис. 2 Контроль якості штукатурних та малярних робіт

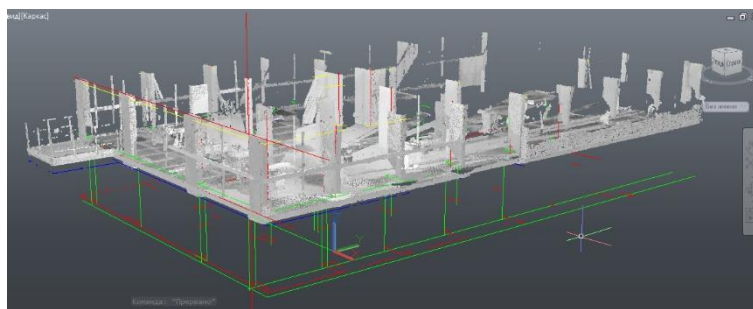


Рис. 3. Результати опрацювання

Наведені приклади яскраво засвідчили перспективність більш глибокого впровадження результатів лазерного сканування.

[1] Дем'яненко Р. А. Сучасний стан інженерно-геодезичного забезпечення будівництва висотних споруд // Нові технології в будівництві. – 2011. – №2 (22) – С. 86 – 89. URL: <http://www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2011/22/18.pdf>

[2] Ісаєв О. П. Геодезичний моніторинг - з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА / Ісаєв О.П., Адаменко О.В., Шульц Р.В. та ін. // Містобудування та територіальне планування. 2013. 47. С. 265–277.

[3] Яковенко М. С., Нестеренко О. В. Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів // Сучасні проблеми архітектури та містобудування, 2020. 56, С. 345–363. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.345-363>

[4] Костецька Я.М. Геодезичні прилади. Частина II. Електронні геодезичні прилади: Підручник для студентів геодезичних спеціальностей вузів. Львів: ІЗМН, 2000. 324 с.

[5] Середович В. А., Комиссаров А. В., Комиссаров Д. В. Наземное лазерное сканирование. Новосибирск: СГГА, 2009. 259 с.

- [6] Євдокімов А. А. Текст лекцій з дисципліни «Електронні геодезичні прилади» (для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / А. А. Євдокімов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 64 с.
- [7] Руководство пользователя. Цифровой нивелир Trimble DiNi. URL: <https://docplayer.com/31800771-Rukovodstvo-polzovatelya-cifrovoy-nivelir-trimble-dini.html>
- [8] Лазерний сканер Leica ScanStation C10 [Електронний ресурс] URL: <http://www.leica.kiev.ua/leica-scanstation-c10.html> (дата звернення 18.03.2021)
- [9] Мельчаков А. П., Байбурын Д. А., Казакова Е. А. Конструкционная безопасность строительного объекта: оценка и обеспечение: учебное пособие / А. П. Мельчаков, – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 136 с.

УДК 624.92.012

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ УКРАЇНИ

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR OPERATION OF HIGH-SPEED RAILWAY IN UKRAINE

*канд. тех. наук А.О. Шевченко¹, О.С. Шевченко²,
канд. тех. наук В.А. Лютий¹, В.Г. Мануйленко¹, Н.О. Муригіна¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²ООО «ХПКІ ТЕП-СОЮЗ» (м. Харків)

*A.O. Shevchenko¹, PhD (Tech.), O.S. Shevchenko², V.A. Lyutyu¹, PhD (Tech.),
V.G. Manuylenko¹, N.O. Murygina¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²«KHDDI «TEP-SOYUZ» LLC. (Kharkiv)

Грунтуючись на успішному досвіді експлуатації високошвидкісної залізниці у Франції, інші європейські країни, такі як Німеччина та Італія, розробили свої власні залізниці. Зазначені національні високошвидкісні залізниці мають різні технічні особливості і, загалом, не мають можливості взаємодії між собою. Європейське співтовариство сприяє розвитку транс'європейської мережі високошвидкісних залізниць. Тому необхідно гарантувати можливість взаємодії окремих залізниць і їх окремих систем [1].

Виходячи із завдань створення високошвидкісної мережі залізниць, загальної кількості населення і економічної ситуації в Україні, а також ґрунтуючись на основних принципах високошвидкісної залізниці, в Україні пропонується створити таку систему високошвидкісних залізниць.

Загальні відомості про Україну були проаналізовані з точки зору географічного положення, адміністративних регіонів, населення міст і економічної ситуації.

З точки зору чисельності населення, економічної діяльності, розвитку культури, а також розвитку туризму можна виділити наступні найбільш важливі райони України: Київ і Київська область; Харків і Полтава; Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Запоріжжя та Кривий Ріг; Регіон Донбасу (Донецьк, Луганськ, Маріуполь, Горлівка і Макіївка); Одеса і півострів Крим (Одеса,

Миколаїв, Херсон, Сімферополь та Севастополь); Західний регіон (Львів, Тернопіль, Хмельницький та Вінниця) [2, 3].

На підставі досвіду роботи мереж високошвидкісних залізниць в Європі і в світі, можна виділити наступні завдання створення високошвидкісної залізниці [4]:

- необхідністю для сучасного суспільства є створення сполучення між містами, особливо між великими містами з економічним, культурним і туристичним потенціалом;

- пересування людей: люди завжди прагнуть якомога більше скоротити тривалість поїздок. Високошвидкісна залізниця, символ сучасного суспільства, пропонує швидкий, безпечний, зручний і ефективний спосіб пересування з високою частотою руху, доступний всім;

- розвиток країни: високошвидкісні залізниці не завдають шкоди навколишньому середовищу і є безпечним видом транспорту. Вони роблять значний позитивний вплив на економічну діяльність (торгівлю, туризм, готельний бізнес, різного виду послуги), розвиток міст та селищ з культурними пам'ятками, нерухомість, зайнятість та працевлаштування населення, імідж країни і так далі.

Таким чином, високошвидкісна залізниця надзвичайно сприяє розвитку країни.

На підставі успішного досвіду роботи мереж світових високошвидкісних залізниць, можна виділити наступні основні принципи їх експлуатації: лінії призначені виключно для здійснення пасажирських перевезень; сумісність системи високошвидкісних залізниць з існуючою мережею залізниць, а також функціонування, засноване на принципах високої частоти руху і конкурентоспроможною невеликої тривалості поїздок [5].

Ґрунтуючись на завданнях і основні засади створення мережі високошвидкісних залізниць (створення сполучення між містами з населенням понад 300 тис. жителів, а також спорудження ліній за можливості по найбільш прямих лініях запропоновані маршрути високошвидкісних ліній є довгостроковим проектом, розрахованим на майбутнє.

[1] A Shevchenko, O Matviienko, V Manuylenko, E Uzhvieva, A Maliavin, O Chechuha. Geodesic accuracy of railway networks of Ukraine Ukraine in connection with accession to the EU. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: науково-технічний збірник. Київ, 2021. Вип. 109. – С. 69-78.

[2] Anna Shevchenko, Oleksander Matviienko, Vitalii Lyuty, Vladimir Manuylenko, and Mykhailo Pavliuchenkov. Ways of introduction of the high-speed movement of passenger trains in Ukraine. Matec Web of Conferences, 230, 01014 (2018) Transbud-2018.

[3] A A Shevchenko, O O Matviienko, V A Lyuty, V G Manuylenko and N A Murygina. Digital models and the effect of error when shooting terrain for high-speed traffic. Conf. Series: Materials Science and Engineering 708 (2019) 012028.

[4] Службово-технічні будівлі і споруди станційно-вокзальних комплексів і зупиночних пунктів залізничного транспорту. Проектування, будівництво ГБН В.2.3-37472062-2:2013 – Київ, Міністерство інфраструктури України. – 2013. – 119 с.

[5] Назаров, О. А. Проблеми й перспективи розвитку високошвидкісного пасажирського залізничного транспорту // Транспортні системи і технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2018. – Вип. 16. – С. 77–82.

UDC 624.154.34.004.19

PRODUCTION OF COST-EFFECTIVE CONCRETE BORED HOLLOW-SECTION PILES BY VIBROVACUUMIZING

*Adil Khalid Ali¹, I.V. Shumakov¹, Dr.Sc. (Tech.), V.Yu. Miroshnikov²,
Dr.Sc. (Tech.), B.N. Younis², PhD (Tech.), A.B. Savin², PhD (Tech.)*

¹*Kharkiv National University of Civil engineering and Architecture (Kharkiv)*

²*National aerospace university named after N. Ye. Zhukovskiy
"Kharkov Aviation Institute" (Kharkiv)*

Piles are columnar elements in a foundation which have the function of transferring load from the superstructure through weak compressible strata or through water, onto stiffer or more compact and less compressible soils or onto rock. They may be required to carry uplift loads when used to support tall structures subjected to overturning forces from winds or waves. Piles used in marine structures are subjected to lateral loads from the impact of berthing ships and from waves. Combinations of vertical and horizontal loads are carried where piles are used to support retaining walls, bridge piers and abutments, and machinery foundations [1–3]. For the first time the technology of bored cast-in-place piles directly in the soil was proposed in 1899 [4] by Kyiv engineer A.E. Strauss. The well was chiseled through in the ground manually, filled with concrete mix and tampered with concrete (reinforced concrete). Due to the considerable manual labor such piles have had limited application.

Abroad (in the USA, Germany, Japan) the field of application of bored cast-in-place piles covers 40-60% of the foundation works. The works of the Science Research Council Hydro Project showed the promise of expanding the use of bored cast-in-place piles in the near future, and the economic calculations show that the use of short bored piles instead of ribbon foundations reduces the volume of excavation by 2 times and allows reducing the cost of the foundation by 40-50%.

In accordance with the calculation of concrete strength for the developed piles of the above-mentioned size, the consumption of concrete in comparison with the solid pile can be reduced from 0.21 m³ to 0.05 m³ (developed pile with hollow section), i.e. in 4 times.

A significant reduction in material consumption shows the economic efficiency of the device in the soil of thin-walled piles. That puts forward the relevant requirements for concrete – in particular, on the maximum permissible crushed stone (1/3 of the wall thickness), i.e., only fine grain concrete can be used.

[1] Wrana B. Lectures on Soil Mechanics. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. 2014. 279 p.

[2] Wrana B. Lectures on Foundations. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. 2015. 279 p.

[3] Tomlinson M. J. Pile Design and Construction Practice. London : Viewpoint Publications. 1977, 1981, 1987, 1991, 1994, 1995, 1998, 2008 editions. 566 p.

[4] Richart F. E., Hall F. R. and Woods R. D. Vibrations of soils and foundations. New Jersey : Prentice Hall. 1970. 437 p.

EXPERIMENTAL STUDIES OF SLIDE PLANES AND HORIZONTAL STRESSES IN MULTILAYERED BACKFILL

*D. Chepurnyi, PhD (Tech.), S. Yesakova, PhD (Tech.),
V. Naidonova, PhD (Tech.), S. Tabachnikov, PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. (Kharkiv)*

To date, engineering methods of the theory of the limit equilibrium of the soil backfill, taking into account the multilayeredness of the basis and the load on the surface, have not yet been developed. Any experimental data on the nature of the distribution of the slide planes in the case of multilayered backfill are absent. Any experimental studies of the distribution of horizontal pressure on supporting walls, which hold a multilayered basis, are effectively absent. No regularities of the influence of local loads on the distribution of horizontal pressure on the supporting walls in a perfectly resilient environment (resting state) have been established.

Purpose of the study: Experimental confirmation of the hypothesis of a uniform slide plane presence at any depth of supporting walls backfill, both without surface loading and in the presence of a bandload q .

To study the nature of the formation of slide planes by the wall height within the multilayered base, as well as the influence of surface band loads, two experimental trays were constructed (Fig. 1)

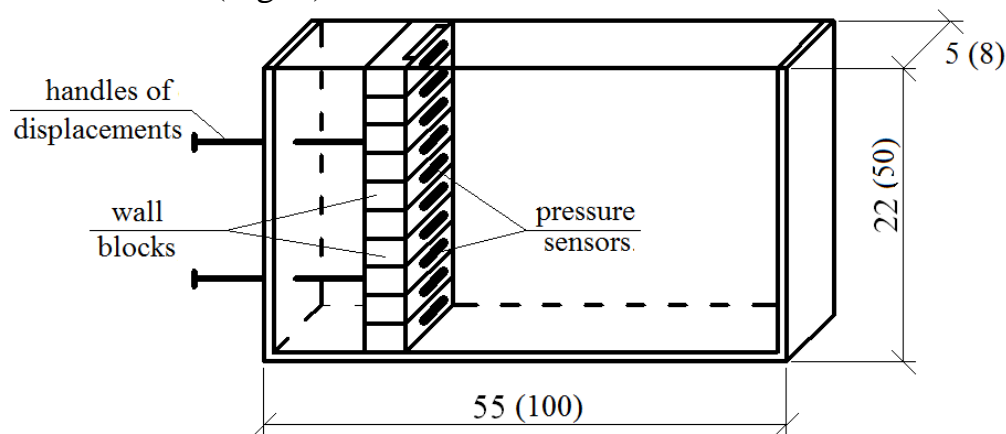


Fig. 1. Design of the experimental setup
(the dimensions of the larger tray in cm are shown in parentheses)

Inside the small tray, there is a wooden supporting wall installed; the latter is cut by height into blocks, which are fastened together by vertical rods of various lengths.

Inside the larger tray, a wall is mounted on the front surface of which the pressure sensors are installed. The walls of the trays are made of organic glass.

The load on the surface is created by a set of metal, wooden, and plate loads.

To prove the existence of a single slip plane in a multilayered base, a series of experiments were carried out with a two-layered and a three-layered base without loading (Fig. 2). The inclination angles of the slip planes without a load on the surface are given in table 1. The height of the movable supporting wall is 22 cm. The wall has shifted horizontally by ~ 1 cm.

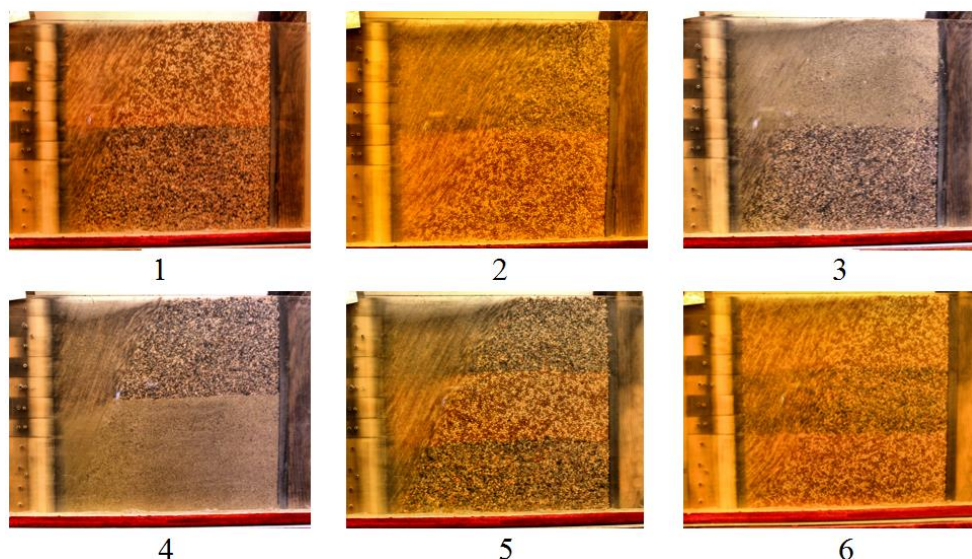


Figure 2. Sliding planes in the multilayered base (at $h = h_{max}$):

- 1) millet-rubble; 2) rubble-millet; 3) sand-rubble; 4) rubble-sand; 5) rubble-millet-rubble; 6) millet-rubble-millet

Table 1. Comparative values of experimental and theoretical angles of slip planes of the two-layered base without loading on the backfill surface

Experiment №	The movable part of the wall, cm	$\theta, ^\circ$		Margin of error	
		experimental	theoretical	Difference, degrees	%
1	8	52	49,8	+2,2	4,4
2	10	56	56,3	-0,3	0,5
3	12	61	61,4	-0,4	0,7
4	14	62	65,2	-3,2	4,9
5	16	64	65,6	-1,6	2,4
6	18	66	66,8	+0,8	1,2

By the increase of the depth of the retaining wall $H_i > h_1$ and the inclusion of the underlying backfill layers, the shear plane rotates smoothly in one direction or another, depending on the ratio of the angles of internal friction and the volume weight of the soil layers lying above the considered depth of the wall;

No fractures of the shear planes at the contact of the individual backfill layers were found.

- [1] Luchkovsky I.Ya. (2000). Interaction of structures with the base. Kharkiv, KSTU, 263 p. (in Ukraine)
 [2] Akopyan V. F., Ermasheva N. V. (2020) Modern methods of landslide control. Actual problems of science and technology: materials of the national scientific and practical conference, March 25-27, 2020. Rostov-on-Don: Don State Technical University, p. 603-604. (in Russian)
 [3] Burmina E.N., Bakulina A.A., Suvorova N.A. (2016) Brief general description of regional landslides and the main factors of landslide processes. Science and education of the XXI century, October 28, 2016. Ryazan, p.97-100.
 [4] Maslova L.A., Sheremet I.V., Potapova A.S., Talalaeva E.O. Ryazan (2019) Engineering and construction protection of landslide slopes. Science and education of the XXI century, October 25, 2019. p.57-61. (in Russian)
 [5] Y.Z. Wang. (2000) Distribution of earth pressure on a retaining wall. Géotechnique, Volume 50, Issue 1, February 2000. P. 83-88. DOI: 10.1680/geot.2000.50.1.83.

DURABILITY OF CRANE METAL STRUCTURES

*N. Fidrovsk¹, Dr.Sc. (Tech.),
E. Slepuzhnikov², PhD (Tech.), R. Ponomarenko², Dr.Sc. (Tech.),
M. Chyrkina², PhD (Tech.)
I. Perevoznyk³*

¹*Kharkiv National Automobile and Road University (Kharkiv)*

²*National University of Civil Defense of Ukraine (Kharkiv)*

³*Kharkiv State Automobile and Road College (Kharkiv)*

The connection of the crane beams is performed by directly joining their elements, or using fillets. The change in the height of the beam is made in the form of an angular transition with a broken profile of a belt or a degree with a fillet. In all cases, significant stress concentrators arise in these nodes. Moreover, unlike machine parts in thin-walled structures, stress concentration occurs not only at the "concave" nodes, but also at the "convex" ones [1, 2].

In a thin-walled beam, a non-planar belt loses its cylindrical shape under load. The areas of the chord, which are located between the walls, when stretched try to straighten the corners and increase the radius of curvature, and when compressed, on the contrary, their curvature decreases. This leads to a decrease in the longitudinal rigidity of the chord and a redistribution of stresses. In the region of the belt, which is far from the walls, the stresses decrease, and at the walls, they increase [3, 4]. These circumstances must be taken into account both in strength calculations and fatigue strength calculations [5].

Strength calculations of fillet assembly elements are carried out according to nominal stresses in the net section. For fillet nodes, when determining these stresses, it is necessary to take into account the uneven loading of the curved belt, which arises as a result of its bending.

The equivalent moment of resistance is calculated using a section of the chord that falls into a zone whose boundaries lie on both sides from each wall at a distance of $b_r=0.5 R$. For a box girder $b_{fe}=b_{f1}+b_{f2}$.

When zones overlap, each section is counted only once. If the junction of the beams is a structural element and is operated in a sufficiently intensive mode (mode groups A6-A8) and the curved belt lies in the zone of action of tensile cyclically acting stresses, then it is necessary to check the unit for fatigue resistance.

In this case, the effective stresses are calculated according to the gross section, that is, according to the actual width of the chord, according to the loads of the first design case.

The value of the design factor for the fillet joint $k_a=a_\sigma/a_{\sigma B}$, with $a_{\sigma B}=1$, is equal to the value of the stress concentration factor, that is $k_a=a_\sigma$.

In fillet connection at $0.1 \leq R/h \leq 0.5$; $t_n/t_c \leq 3$ and $t_n=40 \div 120$.

Can be taken $k_a=a_{\sigma B}=4.5$.

When installing a diagonal diaphragm, which is welded to the curved belt, the stress

concentration decreases significantly and at $R/h=0.2-0.8$ we obtain $k_a=1.7$.

The group of hubs for determining the endurance limit is selected depending on the design of the unit. In most cases, this will be the attachment of a transverse diaphragm or rib to the belt.

In the welded joint of a wall with a curved belt, transverse stresses act.

In the case of plane bending of fillet nodes, they can be estimated from the equilibrium condition of the section of the curvilinear belt $pRd\varphi=2Sd\varphi/2$, where linear loads $p=t_c\sigma_{cz}$, longitudinal force in the belt $S=ob_{fe}t_{fe}$, σ – are the nominal normal stresses in the belt, b_{fe} – is equivalent to the width of the belt.

The tangential stresses in the same place of the wall are determined by the formula $\tau_z=Q_z/A_n$, where A_n is the cross-sectional area of the walls, Q – is the intersecting force that is perceived by the walls.

The strength calculation of curvilinear waist seams made without edge separation should be carried out from the condition $\tau_{esnc}\leq\gamma_n\gamma_d\gamma_mR_{nc}\tau$, where the acting stresses are determined by the formula

$$\tau_{es} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_z^2} \quad (1)$$

where $\tau_z = \sigma_{cz} \frac{t_c}{jh_c}$.

Here t_c – is the wall thickness, j – is 1 or 2 for one-sided and double-sided seams, respectively, and h – is the design height of the seam.

For assemblies that are under intense cyclic stress, for example, over axle assemblies with a fillet transition. It is better to weld such knots with edge separation, or perform double-sided with the achievement of the condition of equal strength.

When calculating the fatigue resistance of a welded joint of a belt with a wall on a curved section, the equivalent stresses are determined taking into account the asymmetry coefficient of the stress cycle.

Corner joints are distinguished by a variety of designs that arise in the search for ways to reduce stress concentration. When calculating the fatigue resistance, the acting stresses are calculated over the gross section.

In the corner connection of beams with direct connection of chords, the maximum stresses can reach very high and difficult-to-predict values, and in their zone of action there are critical welded joints of the chords.

[1] Григоров, О. В., Аніщенко, Г. О., Петренко, Н. О., Стрижак, В. В., Турчин, О. В., Радченко, В. С., Окунь, А. О., Глушкова, М. Ю. (2019). Поліпшення роботи кранових металевих конструкцій шляхом застосування гідроприводу та деяких інших рішень в механізмах пересування та повороту. Підійомно-транспортна техніка, 2 (61), 4–25. <https://ptt-journals.net/article/2-61-2019-01/>

[2] Фідровська Н. М., Слепужніков Є. Д., Чернишенко О. В. Міцність трьохшарової циліндричної оболонки. Науковий вісник будівництва. 2015. Вип. 1 (79). С. 190–193. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7456>.

[3] Meng, W., Yang, Z., Qi, X., Cai, J. (2013). Reliability analysis-based numerical calculation of metal structure of bridge crane. Mathematical Problems in Engineering. Volume 2013, 1–5. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/260976>

[4] Haniszewski, T. (2014). Strength analysis of overhead traveling crane with use of finite element method. Transport problems, 9 (1), 19–26. <https://www.researchgate.net/publication/276235576>

[5] Фідровська Н. М., Слепужніков Є. Д. Визначення оптимальних параметрів ходових коліс мостових кранів. Науковий вісник будівництва. 2012. Вип. 69. С. 215–222. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7436>.

TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF WATER IN THE BOILER OF A SOLAR WATER HEATER

D.T. Guliev

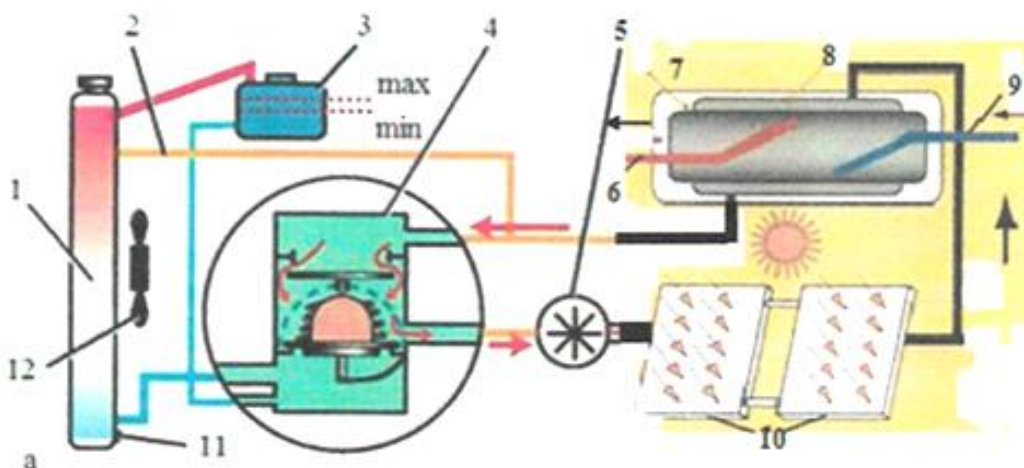
*Construction College at Azerbaijani Architectural University of Civil Engineering,
Kiev National University construction and architecture (Kyiv)*

The basis of the work described in this article is a scientific and technical task - the development of a solar water heater device that allows you to use the created structure around the clock to obtain warm water with the required temperature for domestic needs. The problem solved by the fact that the solar water heater provides for a solar collector with a heat trap [1], which allows the boiler to be heated both during daylight hours and at night and in cloudy weather. To maintain the optimal temperature regime in the boiler, the developed device, in addition to the known ones, contains a two-valve thermostat, a radiator, a fan, a pump, an expansion tank.

At the moment both in Azerbaijan and abroad, there are many prototypes of solar water heaters partially or fully implementing the idea of providing the population with warm water due to the sun's rays. But they are not intelligently improved water heater temperature control systems. Examples of these works can be found in publications [2, 3, 4, 5]. These solar water heaters heat water mainly during daylight hours from direct light radiation.

To eliminate these disadvantages, unlike the closest analogue, in order to automatically maintain the temperature regime in the solar water heater system, a system with a cooling device is provided that allows you to maintain the optimal temperature in the boiler and avoid overheating of the solar collector, which is the source of water heating. The essence of the developed technical solution lies in the device of a solar water heater with the maintenance of the optimal temperature regime of water in the boiler.

A general view of the device with an indication of the location of the main units is shown in Fig. 1.



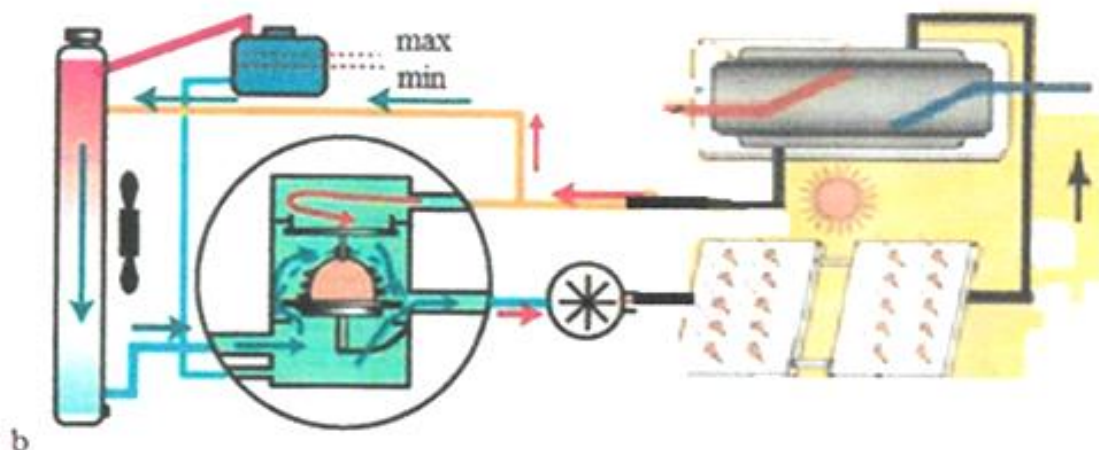


Fig. 1 General view of the solar water heater device with water temperature control in a boiler with heat carrier circulation: a) with circulation of the coolant in a small circle; b) with circulation of the coolant in a large circle; 1-radiator; 2-pipe for the coolant; 3-parting flank; 4-thermostat; 5-pump; 6-line hot water; 7-boiler; 8-around the boiler room, a circumferential heat-exchange tank; 9-cold water line; 10-solar collector with heat trap; 11-coolant drain plug; 12 fan.

A significant drawback of solar panels is that they do not work well when overheated, since high temperatures are possible in solar collectors, pipelines must be made of expensive copper pipes with a hard solder connection. To eliminate these drawbacks, the solar water heater is equipped with an optimal temperature maintenance system, this system maintains the most favorable thermal mode of operation by means of an automatic thermostatic valve [6 page 22].

[1]. Salamov O.M., Həsənov V.H. İstilik tələli yastı günəş kollektoru. Azərbaycan respublikasının patenti № İ 2015 0087, AR SM və PDK, Bakı, 16.12.2015.

Salamov O.M., Hasanov V.G. Flat solar collector with heat trap. Patent of the Azerbaijan Republic No. İ 2015 0087, State Patent Committee of the Azerbaijan Republic, Baku. 16.12.2015

[2]. Устройство для горячего водоснабжения с использованием солнечной энергии, изготовитель: «Thermis», Италия. <http://www.electro-mpo.ru/card27509.html> (дата обращения 08.06.2021)

Device for hot water supply using solar energy, manufacturer: "Thermis", Italy. <http://www.electro-mpo.ru/card27509.html> (date of treatment 08/06/2021)

[3]. Патент РФ №2078290, 1994г. Солнечный водонагреватель. (дата обращения 14.06.2021)

RF patent No. 2078290, 1994. Solar water heater. (date of treatment 14/06/2021)

[4]. Патент РФ № 2527270, Солнечный водонагреватель. <http://www.freepatent.ru/patents/2527270> (дата

обращения 14.06.2021)RF patent No. 2527270, Solar water heater. <http://www.freepatent.ru/patents/2527270> (date of treatment 14/06/2021)

[5]. İsti su üçün akkumulyator çəninə əlavə su çəninin içərisində yerləşən termosifon dövranlı,bir kontorlu günəş su qızdırıcı qurğusu <http://optonimpex.com/a153473-printsipialnye-shemy-sistemy.html> (müraciyyət tarixi 14.06.2021) -

prototip. In addition to the accumulator tank for hot water, a single-office solar water heater with a thermosiphon circuit inside the water tank <http://optonimpex.com/a153473-printsipialnye-shemy-sistemy.html> (application date 14.06.2021) - prototype.

[6]. Автоматический термостатический клапан. www.akvahit.ru > Статьи(дата обращения 05.06.2021)

Automatic thermostatic valve. www.akvahit.ru > Articles (date of treatment 05/06/2021)

METHODS OF CFD-ANALYSES FOR TASKS OF PEDESTRIAN COMFORT WITHIN A BUILT ENVIRONMENT

A. Makhinko¹, Dr.Sc. (Tech.), N. Makhinko², Dr.Sc. (Tech.)

¹ETUAL LLC (Kyiv)

²National Aviation University (Kyiv)

It is required that structures subjected to wind loads be sufficiently strong to perform adequately from a structural safety viewpoint [1-5]. However, wind effects not only the bearing capacity of structures. In recent years' new types of buildings with complex geometry and open space configurations have evolved. These may exhibit under certain unfavorable conditions zones of intense surface winds causing unacceptable discomfort to users of pedestrian areas. Such studies are very important now and are actively being studied. It is the designer's task to ascertain in the planning stage the possible existence of zones in which such flows would cause unacceptable discomfort to users of the outdoor areas of concern. Appropriate design decisions must be made to eliminate such zones if they exist. In addition, it is important to find a general solution to such problems by means modern CFD methods.

The term "aerodynamic discomfort" means the wind induced occurrence of regular uncomfortable conditions for people. This is an unacceptable phenomenon. In any design situation various degrees of wind-induced discomfort may be expected to occur with certain frequencies that depend upon the degree of discomfort, the features of the design and the wind climate at the location in question. The discomfort is unacceptable if any of these frequencies is judged to be too high. Statements specifying maximum acceptable frequencies of occurrence for various degrees of discomfort are known as comfort criteria.

The built environment project must meet the requirements for aerodynamic comfort. To do this, you need to check two conditions. This is a criterion for the speed when measuring the level of comfort and the frequency of their occurrence. If these frequencies are below acceptable levels, the project is satisfactory.

This study includes the results of numerical modeling of the wind flow in the pedestrian areas of one of residential complexes in Kiev, which is currently being designed (Fig. 1). Simulation was performed using CFD analysis methods in the Ansys CFX software (Fig. 2).

The general scheme of modeling is presented. It consists of five steps. Creation of built environment geometry, generation of tetrahedral mesh, definition of boundary conditions and setting of turbulence mode. Recommendations are also formulated for choice of discretization schemes, boundary and initial conditions, rational turbulence models for similar problems.

For the considered example, numerical modeling was carried out for two values of mean wind speed – 5 and 10 m/s and wind direction 0 ... 360°.

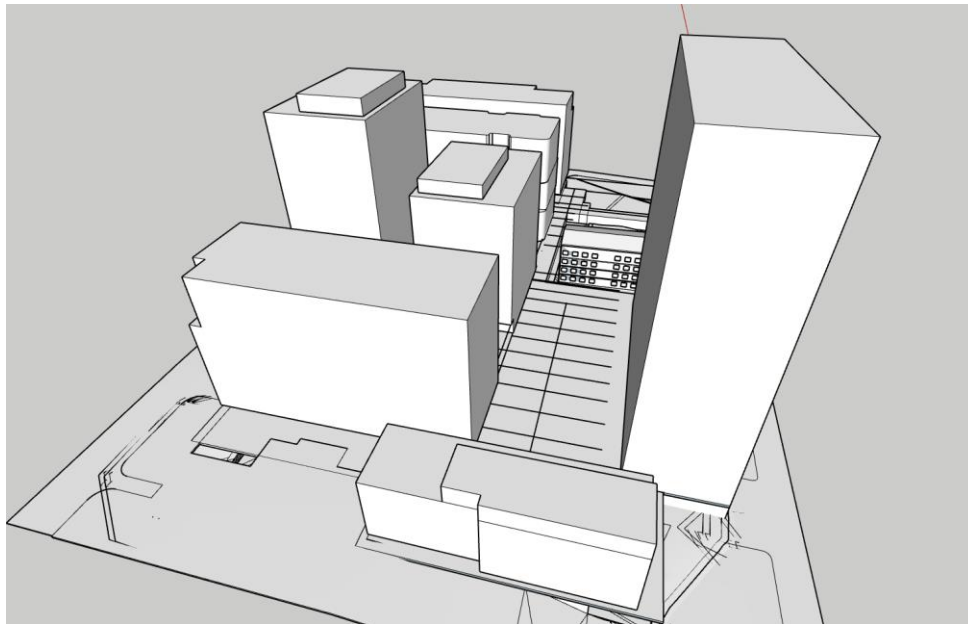


Fig. 1. Isometric view of architectural model of built environment

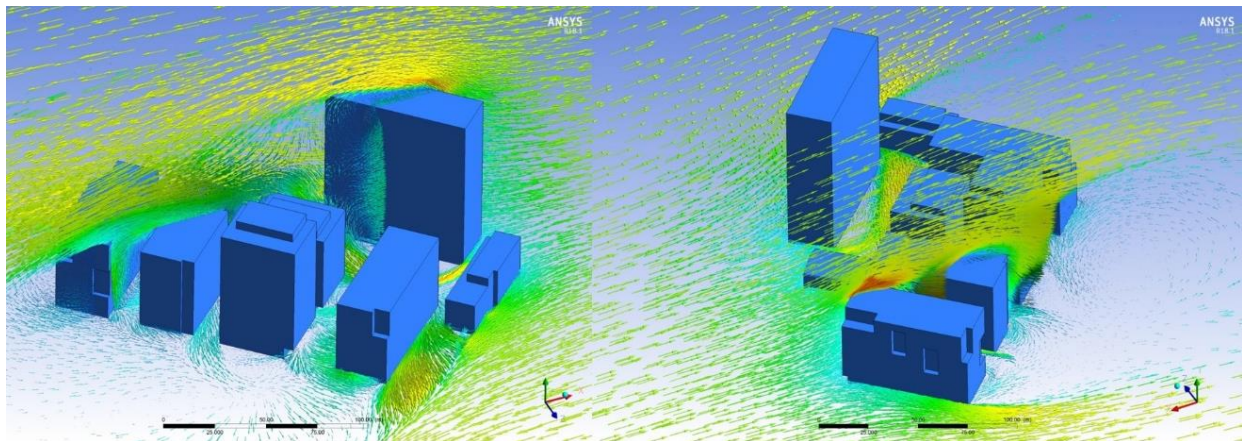


Fig. 2. Instantaneous velocity streamline for model of built environment

Regions of high surface wind speeds and turbulence intensities around tall buildings are obtained. Isofields of relative velocities of wind flow at pedestrian height are shown and regions with strong squat winds are identified. The simple method based on extensive experience with the study of ground level wind effects in built environments is suggested. The main parameter of the method is integral coefficient of relative wind speeds. It is proposed to use the limit value of this coefficient 1.25.

- [1] Simiu E. Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design / E. Simiu, R. Scanlan. – USA, 1996. – 688 p
- [2] Flaga A. Wind engineering: basics and applications / A. Flaga. – Warszawa: Arkady, 2008. – 720 p.
- [3] Pichugin S. Wind load on building structures // S. Pichugin, A. Makhinko. – Poltava: ASMI, 2005. – 342 p.
- [4] Lawson T.V. The effects of wind on people in the vicinity of buildings / T.V. Lawson, A.D. Penwarden // Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Heathrow, Cambridge University Press, 1975. – P. 605-622.
- [5] Makhinko N. Stress-strain state of the storage silos under the action of the asymmetric load / N. Makhinko // Matec Web of Conference. Structures, Buildings and Facilities – 2018. – Vol. 230. – 02018.

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ДВУТАВРОВИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З НОРМАЛЬНИМИ ТРІЩИНАМИ
ПРИ РОЗРАХУНКУ НА КРУЧЕННЯ**

**METHOD OF DETERMINATION OF RIGIDNESS OF I-BEAM
REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH NORMAL CRACKS**

*д-р техн. наук Т.Н. Азізов¹, д-р техн. наук Д.В. Кочкар'єв²,
канд. техн. наук Г.Т. Галінська³*

¹*Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (м. Умань)*

²*Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)*

³*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)*

*T.N. Azizov¹, Dr.Sc. (Tech.), D.V. Kochkarev², Dr.Sc. (Tech.),
G.T. Galinska³, PhD (Tech.)*

¹*Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University (Uman)*

²*National University of Water and Environment Engineering (Rivne)*

³*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)*

У залізобетонних елементах наявність різних тріщин веде до зміни їх жорсткостей як при згині та і крученні. У них при відносно невеликих крутних моментах просторові тріщини кручення не виникають. Наприклад, в ребристих плитах перекриття в момент, коли нормальні тріщини розкриті досить широко, просторові тріщини кручення відсутні. У той же час перерозподіл навантаження між суміжними ребрами, а також між окремими збірними елементами перекриття залежить не тільки від згинальної, але і від жорсткості ребер [1, 2, 6, 7].

Існуючі методики визначення жорсткості та міцності на кручення [4, 5, 8, 9, 10] стосуються тільки залізобетонних елементів з просторовими (спіральними) тріщинами, хоча експериментальними дослідженнями встановлено суттєвий вплив нормальних тріщин на крутильну жорсткість залізобетонних елементів [2]. При використанні в проектуванні реальних споруд загальновідомих програм типу Ansys, Ліра і ін., також не враховується зміна крутильних жорсткостей стрижневих елементів від наявності в них нормальних тріщин, що погіршує точність визначення зусиль в конструкціях будівель і споруд.

Вважається загальноприйнятим, що міцність залізобетонних елементів при крученні практично не залежить від кількості поздовжньої арматури [4, 10], хоча теоретичні та експериментальні дослідження показують, що при наявності нормальних тріщин міцність залізобетонного елемента при крученні істотно залежить від кількості поздовжньої арматури.

Відомо, що основним завданням розрахунку жорсткості та міцності при крученні є визначення взаємного переміщення блоків залізобетонного елемента, відокремлених нормальної тріщиною [2, 3]. Це завдання ускладнюється тим, що крутний момент передається через частину перетину залізобетонного елемента

(через стиснуту від згину зону і подовжню арматуру), що в свою чергу призводить до непридатності формул теорії пружності, в яких передбачається, що дотичні напруження розподілені по всьому торцевому перерізу.

Розрахунок міцності і жорсткості при крученні залізобетонних елементів з нормальними тріщинами включає в себе три етапи. На першому етапі визначається взаємне зміщення берегів нормальної тріщини з умовно розсіченою поздовжньою арматурою; на другому етапі визначається поперечна сила в поздовжній арматурі; на третьому етапі - визначається міцність і жорсткість елемента з нормальними тріщинами. Відомо [2, 3], що для визначення жорсткості при крученні залізобетонного елемента з нормальними тріщинами треба умовно розрізати поздовжню арматуру і визначити взаємне переміщення берегів нормальної тріщини. Після цього завдання визначення жорсткості та міцності при крученні елемента з нормальними тріщинами не викликає ускладнень. На сьогодні задача визначення взаємного переміщення берегів нормальної тріщини для елементів прямокутного перерізу вирішена в наближеній постановці [2, 3].

Такий же похід застосований при розрахунку таврових, коробчатих і двотаврових елементів. У всіх цих роботах розглядається двошаровий стрижень, з'єднаний одиничними стрижнями, рівномірно розподіленими по всій довжині. Ці стрижні забезпечують спільну роботу двох частин елемента (верхнього і нижнього) і враховують місцеву деформацію. Недоліком методик [2, 3] є відсутність можливості визначення зміни жорсткості одиничних стрижнів по довжині елемента, хоча елементний аналіз показує, що місцеві деформації дійсно змінюються по довжині елемента. Дана задача з урахуванням зміни жорсткостей одиничних стрижнів за методикою [3] може бути вирішена, якщо розглядати диференціальні рівняння зі змінними коефіцієнтами, які виведені в цих роботах. Але і при цьому постає проблема визначення жорсткості самих шарів, на які ділиться елемент, в результаті нелінійної роботи і утворення тріщин.

З огляду на вищесказане, підтверджується актуальність розробки методики визначення взаємного зсуву берегів нормальної тріщини в елементах двотаврового перерізу з урахуванням зміни місцевих деформацій стінки по довжині елемента.

- [1] Azizov, T., Azizova, A., & Al Ghabban, S. (2018). Construction and calculation of reinforced concrete overlap with a high spatial work effect. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(3), 567-574. doi:10.14419/ijet.v7i3.2.14591
- [2]. Azizov, T., Jurkowska, N., & Kochkarev, D. (2019). Basis of calculation on torsion for reinforced concrete structures with normal cracks. Paper presented at the Proceedings of the Fib Symposium 2019: Concrete - Innovations in Materials, Design and Structures, 1718-1725.
- [3]. Азизов Т.Н. Определение крутильной жесткости железобетонных элементов с трещинами//Дороги і мости. Збірник наукових праць. Вип. 7.Том 1. - Київ: ДерждорНДІ, 2007. – С. 3-8.
- [4.]. Cowan H.J. and Armstrong S. Experiments on the Strength of Reinforced and Prestressed Concrete Beams and of Concrete-Encased Steel Joints in Combined Bending and Torsion/ *Magazine of Concrete Research*, Vol.6, No.19//U.K.: London, 1955.- pp. 3-20.
- [5]. Hsu T.T.C. Torsion of Structural Concrete A Summary on Pure Torsion // *Symposium on Torsion*, SP №18, AC I, 1968.- SP-18, 165-178.
- [6]. Pavlikov, A., Kochkarev, D., & Harkava, O. (2019). Calculation of reinforced concrete members strength by new concept. Paper presented at the Proceedings of the Fib Symposium 2019: Concrete - Innovations in Materials, Design and Structures, 820-827.
- [7]. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчёт несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. – М.: Стройиздат, 1977. – 223 с.
- [8]. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с
- [9]. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
- [10]. Коуэн Г. Дж. Кручение в обычном и предварительно нажатом железобетоне: Пер. с англ. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 104 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ НА ЦІЛІСНІСТЬ СКЛОПЛАСТИКОВОГО ТРУБОПРОВОДУ

THE ANALYSIS OF SETTLEMENTS OF FOUNDATION SOILS UNDER DYNAMIC LOADS IMPACT

*канд. техн. наук В.А. Александрович, О.В. Гаврилюк
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

*V.A. Aleksandrovych, PhD (Tech.), O.V. Havryliuk
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Дослідження проводилися на ділянці розташування склопластикового нафтозбірного трубопроводу Анастасівського родовища Роменський р-н, Сумська область, Україна.

Актуальність дослідження ґрунтової основи та інженерно-геологічних процесів на ділянці досліджень викликана повторюючимися розгерметизаціями стиків склопластикового нафтозбірного колектору.

Розгерметизація стиків нафтозбірного колектору спостерігається у весняний та осінній періоди і в основному зосереджена на ділянці проходження трубопроводу по схилу.

Метою дослідження було вивчення геолого-геоморфологічної будови ділянки вздовж траси розташування склопластикового колектору та визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів для оцінки особливостей впливу ґрунтового масиву на трубопровід.

Траса прокладеного склопластикового колектору, в основному, проходить по землям сільськогосподарського призначення.

В геоморфологічному відношенні територія належить до Полтавської лесової рівнини та розташована в межах вододільної смуги між басейнами річки Сула (в районі її притоки Бобрик) та річки Хорол (в районі її притоки Вільшанка). На ділянці робіт розвинута яружно-балочна сітка та заболочені низини. Схили річкових долин на ділянці досліджень мають кут нахилу $\approx 20^\circ$. Абсолютні відмітки земної поверхні коливаються від 151,0 м до 178,8 м.

Згідно з геологічною будовою для території дослідження характерне залягання з поверхні товщі делювіальних лесовидних суглинків твердої консистенції, що проявляють просідні властивості. Майже по всій території ці відклади підстилаються четвертинними лесоподібними суглинками тугопластичної консистенції, що не проявляють просідних властивостей. Ці суглинки є водотривом для ґрунтових вод. Така будова зумовила появу першого горизонту ґрунтових вод саме у нижній частині лесових відкладів. Живлення цього горизонту в природних умовах відбувалось в основному за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а розвантаження ґрунтових вод відбувається на схилах річкових долин та балок.

Наявність на схилах шарів глинистих ґрунтів обумовлює формування зон деформованих горизонтів та зміщення по них вищерозташованих мас ґрунтів або видавлювання цих ґрунтів із основ схилів [1].

Такі особливості геологічної будови схилів зумовлюють розвиток зсувних процесів. До причин виникнення зсувів можна віднести просадочні деформації, що є результатом замочування лесових товщ. Внаслідок інфільтрації поверхневих вод, підняття рівня ґрунтових вод відбувається нерівномірне замочування товщ просідних лесових ґрунтів, що, в свою чергу, призводить до розвитку нерівномірного просідання [2].

Оскільки під ґрунтово-рослинним шаром майже повсюдно залягають лесоподібні суглинки, які відносяться до водоупорних порід, а рівень ґрунтових вод займає високе положення (0,0-3,2м), то води, інфільтруючись через рослинно-ґрунтовий шар, не проникають до нищезалягаючих шарів ґрунту, а фільтруються по границі розділу між рослинно-ґрунтовий шаром та суглинком. В природних умовах надалі ця вода на схилах сходила до знижених ділянок рельєфу. Але на території дослідження при прокладці склопластикового колектору виконана підрізка схилу, що спричинила також порушення природного режиму підземних вод.

Обстеження розгерметизації склопластикового трубопроводу відбувалося у березні 2021 року. Було встановлено наступні негативні та потенційно негативні фактори впливу інженерно-геологічних умов на прокладений в них склопластиковий колектор котрі можуть приводити до розвитку понаднормових напружень:

1. Невідповідність фактичної схеми укладки труби проектним рішенням - відсутність піщаної подушки, що могла призвести до нерівномірного вкладання трубопроводу, виникнення ділянок його «провисання» і як наслідок збільшенню напружень у трубопроводі від навантаження зворотною засипкою траншеї.

2. Реалізація просідних властивостей суглинку після укладання трубопроводу в робоче положення та виконання зворотної засипки траншеї, що призводить до виникнення додаткових неprojektних напружень у трубопроводі внаслідок нерівномірного осідання ділянок трубопроводу та навантаження вищерозміщеними шарами ґрунту.

3. Аналіз геологічної будови, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов на даній ділянці вказує на потенційну зсувну активність схилу на даній ділянці. Розрахунками стійкості схилу підтверджено, що в умовах повного водонасичення його ґрунтів схил переходить межу критичної рівноваги ($K_{сткр} < 1,0$) зсувні зусилля перевищують утримуючі.

[1] Біда С.В., Великодний Ю.Й. Підтоплення Полтави та його вплив на розвиток зсувних процесів [Текст]. *Міжвідомч. науково-технічн. зб. наук. праць (буд-во)*. К: НДІБК, 2004. Вип. №61. –Т. 2. С. 275 – 278.

[2] Бойко І.П., Арешкович О.О. Аналіз причин зсувних процесів та розробка інженерних захисних методів з їх стабілізації [Текст]. *Міжвідомч. науково-технічн. зб. наук. праць (буд-во)*. К: НДІБК, 2004. Вип. №61. –Т. 2. С. 279 – 282.

**ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО
СТАНУ ЛОТКІВ ІЗ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ**

**THEORETICAL INVESTIGATION OF STRESS-DEFORMED STATE
OF STEEL FIBER CONCRETE GUTTERS**

канд. техн. наук О.В. Андрійчук,

канд. техн. наук І.М. Ясюк,

Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)

O.V. Andriichuk, PhD (Tech.), I.M. Yasyuk, PhD (Tech.),

Lutsk Nation Technical University (Lutsk)

Водовідвідні лотки – це інженерні конструкції що використовуються в дорожньому будівництві (як елементи притрасового водовідведення), а також у гідротехнічному будівництві. Лотки для дорожнього водовідведення поділяються на прикрайові, телескопічні та дренажні бетонні лотки. Телескопічні збирають опади з схилів і мостів у відкритий канал. Прикрайові лотки призначені для відводу вологи до відкосів з поверхні дорожнього полотна. Дренажні вироби збирають рідини (опади і ґрунтові води) поблизу цоколів будівель. Система дорожнього водовідводу є важливим елементом дороги. Завдання водовідвідних споруд – запобігти перезволоженню земляного полотна, а при збільшенні вологості фізичний стан ґрунту змінюється від твердого до текучого, при цьому різко зменшується здатність чинити опір навантаженню [1, 2].

Необхідно врахувати, що величезні потоки транспорту проходять через січення доріг і створюють значні динамічно-вібраційні коливання, що діють також і на влаштовані притрасові лотки.

Потрібно зазначити, що використання бетону з класичним армуванням та умови його роботи в тонкостінних конструкціях і в дорожньому одязі жорсткого типу ставлять завдання пошуку способів підвищення тріщиностійкості, ударної міцності, морозостійкості та інших характеристик, які в свою чергу залежать від міцнісних властивостей матеріалу. Одним із рішень в цьому напрямку є застосування дисперсно армованого бетону. Комбінування жорстких – і через це зі значними резервами міцності – волокон (фібр) з матрицею (бетоном) дозволяє значно підвищити тріщиностійкість конструкцій при впливі повторюваних і динамічних навантажень.

З огляду на вищевказане проведення теоретичного дослідження напружено-деформованого стану лотків зі сталевібробетону методом уточненої теорії тонких оболонок за одноразових навантажень є актуальним завданням.

Для теоретичного розрахунку напружено-деформованого стану лотка зі сталевібробетону розглянемо його, як напів-циліндричну тонкостінну оболонку (рис. 1) та застосуємо уточнену теорію тонких оболонок [3, 4].

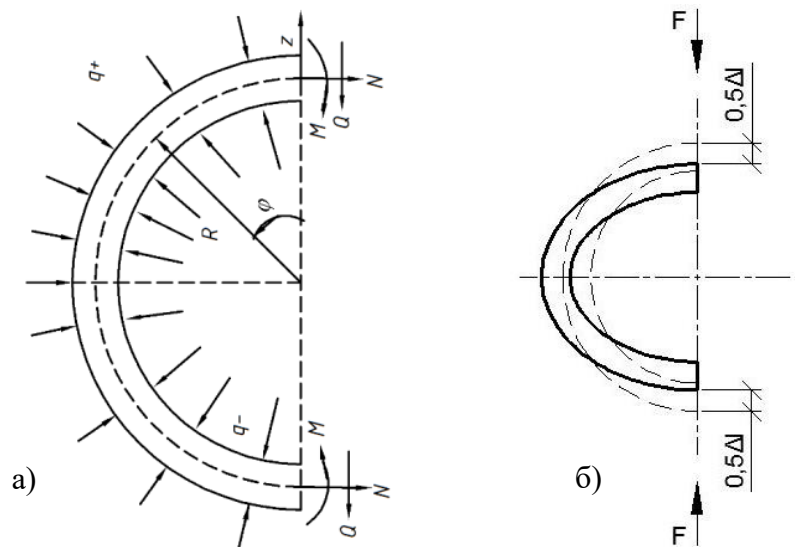


Рис. 1. Схема зусиль і переміщень (а) та деформацій перерізу під час експерименту (б) у напів-циліндричній тонкостінній оболонці-лотку

Описавши диференціальні рівняння рівноваги циліндричної оболонки (в зусиллях та моментах) та трансформували отримано залежності абсолютних деформацій (Δl) навантаженого кінця оболонки ($\varphi = 0$) від прикладеного зусилля F (P):

$$\Delta l = \omega = \omega(0) = \frac{PR^3\pi}{2\tilde{E}_2 I'} \left(1 + \frac{6I_0 \tilde{E}_2}{5G'}\right) \quad (1)$$

На основі формули (1) визначаємо абсолютні деформації (Δl) лотка зі сталевібробетону в залежності від прикладеного зусилля F (P). Результати теоретичного розрахунку (на основі представленої уточненої теорії тонких оболонок), що характеризують деформування перерізу співставимо із експериментально встановленими даними.

Проаналізувавши це порівняння, можна зробити висновок, що при прикладанні навантаження $F = 0 \dots 9,75$ кН експериментально встановлені абсолютні деформації (Δl) в лотку зі сталевібробетону збільшуються практично пружно та збігаються з теоретично отриманими даними згідно формули (1) із точністю до 10%. Після прикладання навантаження понад $F = 9,75$ кН відбувається пластичне деформування перерізу, що призводить вже до збільшення розбіжностей із теоретично отриманими даними (Δl) за допомогою формули (1).

Тобто уточнену теорію тонких оболонок для теоретичного розрахунку напружено-деформованого стану лотків зі сталевібробетону доцільно застосовувати лише при його пружній роботі.

[1] Андрійчук О.В. Виготовлення придорожніх лотків водовідводу зі сталевібробетону / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // *Наукові нотатки: Збірник наукових праць* – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – Вип. 45. – С. 7 – 14.

[2] Бабич Є.М. Використання сталевібробетону для дорожньо-транспортних споруд / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук, С.О. Ужegov, І.М. Ясюк, Р.В. Шмігель // *Містобудування та територіальне планування*. – Київ: КНУБА, 2014. – Вип. 54. – С. 33-41.

[3] Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Підручник / В.І. Шваб'юк. – К.: Знання, 2016. – 407 с.

[4] Шваб'юк В.І. Лінійне деформування, міцність стійкість композитних оболонок середньої товщини: [монографія] / В.І. Шваб'юк, С.В. Ротко – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2015. – 264 с.

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО
АРМУВАННЯ РОЗТЯГНУТИХ ТА ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
ЕЛЕМЕНТІВ З ЗАДАНОЮ ТРІЩИНОСТІЙКІСТЮ**

**THE DETERMINATION OF PARAMETERS OF COMBINED
REINFORCEMENT OF STRETCHED AND BENDING REINFORCED
CONCRETE ELEMENTS WITH THE SPECIFIC CRACK RESISTANCE**

*канд. техн. наук В.Є. Бабич,
канд. техн наук О. Є. Поляновська,
І. В. Швець*

Національний університет водного господарства та природокористування (м Рівне)

*V.Ye. Babich, PhD (Tech.), O.Ye. Polianovska, PhD (Tech.),
I. V. Shvets*

National University of Water Management and Nature Resources (Rivne)

Залізобетонним конструкціям притаманні суттєві недоліки, що пов'язані з виникненням тріщин в розтягнутих зонах, які можуть робити їх не придатними до нормальної експлуатації. Є багато видів конструкцій, в яких в процесі експлуатації взагалі не допускається виникнення тріщини в бетоні.

Збільшити опір бетону розтягнутої зони в залізобетонних конструкціях можна шляхом збільшення класу бетону або застосуванням високоміцної попередньо напруженої арматури, що тягне за собою матеріальні та енергетичні додаткові витрати. В останній час стали надавати велику увагу використанню дисперсно армованого бетону. Такий бетон широко став використовуватися для покриття автодоріг, влаштуванню підлог в промислових будівлях, для облицювання тунелів, виготовлення бордюрів тощо.

В роботах [1; 2] доведено, що дисперсне армування бетону може суттєво підвищити опір тріщиноутвоєнню в розтягнутих та згинальних залізобетонних елементах. Конструкції з бетону, які армовані фіброю та сталеву стрижневою арматурою, прийнято називати конструкціями з комбінованим армуванням [3].

Міцність сталевібробетона залежить від таких факторів як: міцність бетону, вид фібри і їх характеристик, об'єм фібри в одиниці об'єму бетону, розмірів поперечного перерізу елементів. На міцність сталевібробетона ці фактори впливають як безпосередньо, так і своєю взаємодією. А тому визначення ефективних параметрів дисперсного армування бетону є складною багатоваріантною задачею, її вирішення пропонується досягти шляхом виконання математично планованих експериментів.

При виборі параметрів дисперсного армування центрально розтягнутих залізобетонних елементів (нижній пояс ферми, затяжка арки, стіна циліндричного резервуара) доцільно за фактори впливу вибирати міцність бетону f_{ck} , довжину фібри l_f та коефіцієнт об'ємного дисперсного армування. Умови планування такого експерименту представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Умови планування експерименту (приклад)

Фактори		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральний вигляд	Кодований	-1	0	+1	
Міцність, f_{ck} , МПа	x_1	18,5	22,0	25,5	3,5
Довжина фібр, l_f , мм	x_2	40	50	60	10
Коеф. армування. μ_{fv}	x_3	0,002	0,010	0,018	0,008

В згинальних елементах рекомендується застосовувати дисперсне армування тільки в межах розтягнутої зони, приймаючи його висоту в межах $c_f = (0,1 - 0,5)h$, де h – висота поперечного перерізу елемента. В цьому випадку клас бетону призначається з конструктивних міркувань, а за фактори впливу приймаються коефіцієнт об'ємного армування фіброю μ_{fv} , довжина фібр l_f та висота шару дисперсного армування c_f . Коефіцієнт об'ємного армування з економічних міркувань приймається не більшим $\mu_{fv} < 0,018$ (1,8%) [3].

Умови планованого експерименту реалізуються за допомогою матриці плану Бокса – Бенкіна [4], яка містить в собі 13 точок плану, в кожній із яких визначаються вихідні параметри y_i . За вихідні параметри y_i в даному випадку приймаються міцність сталевібробетону на розтягання f_{ctk} , зусилля тріщиноутворення в центральній розтягнутій частині елемента $S_{ct,u}$ або момент тріщиноутворення в згинальних елементах $M_{cr,u}$. Значення вихідних параметрів визначаються у відповідності до [4].

За результатами числового планованого експерименту для кожного вихідного параметра отримується квадратичне рівняння регресії, яке має такий вигляд:

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$$

де b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} – коефіцієнти рівняння регресії, які для плану Бокса – Бенкіна визначаються статистичним шляхом за формулами [4].

Враховуючи значущі коефіцієнти, які визначаються за критерієм Стьюдента, рівняння (1) набуває вигляду математичної моделі для кожного вихідного параметра, адекватність якої оцінюється критерієм Фішера [4].

Отримані математичні моделі дають можливість проаналізувати вплив параметрів дисперсного армування на зусилля тріщиноутворення в комбіновано армованих залізобетонних елементах та визначити їхні оптимальні значення. Застосування комбінованого армування дозволяє збільшити тріщиностійкість залізобетонних елементів в два - три рази.

[1] Андрійчук О. В., Бабич В. Є., Поляновська О. Є., Швець І. В. Тріщиностійкість центрально розтягнутих комбіновано армованих залізобетонних елементів / Сучасні технології та методи розрахунків в будівництві: збірник наукових праць.- Луцьк: Луцький НТУ, 2020.- Випуск 14. - С. 13 – 25.

[2] Бабич В. Є., Поляновська О. Є., Швець І. В. Вплив дисперсного армування розтягнутої зони залізобетонних балок на їхню тріщиностійкість / Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: «Волинські обереги», 2019. – Випуск 37. – С. 118 – 128.

[3] ДСТУ–Н Б В.2.6-218:2016. Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 49 с.

[4] Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Житковський В. В. Розв'язання будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту – Рівне: НУВГП, 2011. – 174 с.

ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ СТЕНДОВОГО БЕЗОПАЛУБНОГО ФОРМУВАННЯ

FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS FORMED BY STEND METHOD WITHOUT FORMWORK

*Х.З. Байтала, Т.П. Донець,
канд. техн. наук О.А. Фесенко*

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (м. Київ)

K.Z. Baytala, T.P. Donets, O.A. Fesenko, PhD (Tech.)

The State enterprise "The State research institute of building constructions" (Kyiv)

Вогнестійкість залізобетонних плит перекриття стендового безопалубного формування було оцінено за результатами теплофізичного і статичного аналізу відповідно до ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2 [1].

Розрахунок плит перекриття на вогнестійкість було виконано за умов, що моделюють вогневий вплив пожежі, яка розвивається за стандартним температурним режимом. За цих умов плита зазнавала вогневого впливу знизу протягом 60 хв, що відповідає її нормованому класу вогнестійкості – REI 60.

Теплофізичний розрахунок плити перекриття, що зазнала вогневого впливу пожежі, було виконано за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР 2020. Розрахунковий розподіл температури в перерізі плит перекриття наведено на рис. 1.

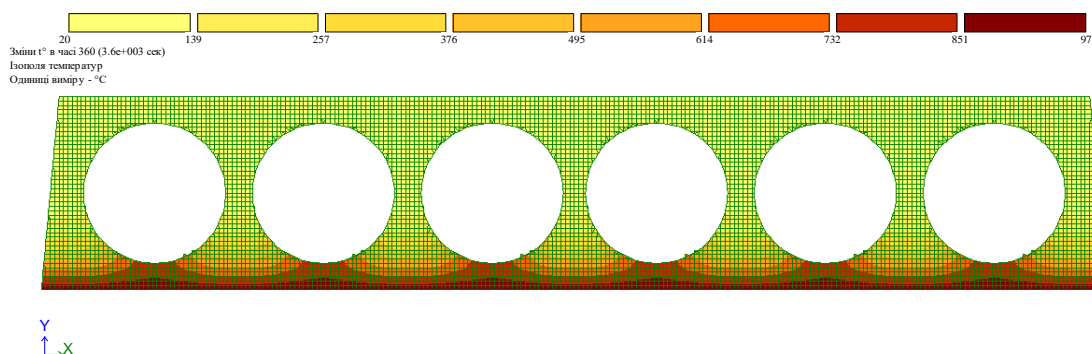


Рис. 1 Розрахунковий розподіл температури в перерізі плити після 60 хв вогневого впливу за стандартним температурним режимом

Статичний розрахунок несучої здатності приведенного перерізу плити перекриття було виконано як для нормальних температур відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 і ДСТУ Б В.2.6-156:2010, із урахуванням знижених внаслідок вогневого впливу характеристик міцності армування.

[1] ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. (EN 1992-1-2:2004, IDT) – Чинний від 2014-07-01 – К.: Мінрегіон України, 2013. – 135 с. – (Національний стандарт України)

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ СТАЛЕВИХ ФЕРМ ПОКРИТТЯ КОНВЕРТОРНОГО ЦЕХУ

THE CAUSES ANALYSIS RESULTS OF STEEL TRUSSES COVERING CONVERTER WORKSHOP DESTRUCTION

*канд. техн. наук Бакулін Є.А., д-р техн. наук Яковенко І.А.,
канд. техн. наук Дмитренко Є.А., Бакуліна В.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

*Ye.A. Bakulin, PhD (Tech.), I.A. Yakovenko, Dr.Sc. (Tech.)
Ye.A. Dmytrenko, PhD (Tech.), V.M. Bakulina
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)*

На початку березня 2018 р. по конверторному цеху №042, блока №1, заводу «АрселорМиттал Кривий Ріг» (Україна, м. Кривий Ріг, вул. Криворіжсталі №1) відбулось аварійне руйнування покриття будівлі [1], рис.1.

Метою роботи є проведення лабораторних досліджень зразків зруйнованих конструкцій сталевих ферм покриття (рис. 2) (визначення механічних властивостей металу, металографічне дослідження мікроструктури сталі). За результатами лабораторних досліджень виконані перевірочні розрахунки сталевих ферм покриття з урахуванням фактичних навантажень та фізико-механічних властивостей сталі.

За результатами проведеного огляду [1, 2] визначено, що конструкції покриття 1-го блока конвертерного цеху мають пошкодження у рядах колон Г-Д, в осях 6-15, та прибудови приміщень управління дистриб'юторної.



Рис. 1. Аварійне руйнування покриття будівлі конверторного цеху №042, блоку №1, заводу «АрселорМиттал Кривий Ріг»



Рис. 2. Аварійний обвал ферм покриття у осях 8-12 (вигляд цеху в осях Г-Д)

Методика проведення будівельно-технічного дослідження здійснювалась у відповідності з діючими нормами [1–3] та представленим **алгоритмом**:

- аналіз представлених документів і будівельно-нормативної літератури;
- прийом, відбір, позначення фрагментів (зразків) зруйнованих ферм покриття для проведення лабораторних досліджень; візуальні огляди та фотофіксація;

→ ознайомлення та підготовка вихідних матеріалів по факту руйнування покриття конверторного цеху №042, блок1, у осях 9-12;
→ обробка та систематизація результатів представлених вихідних матеріалів;
→ лабораторні випробування та дослідження відібраних зразків фрагментів зруйнованих ферм покриття:

- визначення механічних властивостей сталі;
- визначення видовження зразків після випробувань;
- металографічні дослідження зразків;
- фрактографічний аналіз зламів зразків.

→ аналіз результатів випробувань зразків;

→ підготовка вихідних матеріалів і даних для проведення перевірочних розрахунків ферм покриття Ф8, Ф9, Ф9а;

→ виконання перевірочних розрахунків ферм покриття Ф8, Ф9, Ф9а за першою та другою групою граничних станів;

→ підготовка висновків за фактом аварійного руйнування покриття конверторного цеху №042 (блок1, у осях 9-12) ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

Висновки. Аварійне руйнування покриття сталося внаслідок втрати несучої спроможності ферм покриття у осях 8-12 у зв'язку з їхнім значним фізичним зносом [3], повним вичерпанням ресурсу роботоспроможності та перенавантаження технологічним пилом (графітом). Конструктивні елементи покриття будівлі працювали за межею нормативно припустимих граничних значень за граничними станами першої і другої групи. За результатами лабораторних досліджень, конструктивні елементи ферм покриття втратили експлуатаційну придатність. За результатами виконаних чисельних, розрахунково-аналітичних досліджень, конструктивні елементи ферм покриття вичерпали запас міцності і працювали із перенапруженням від 50 до 300%. Таким чином, причиною аварійного обвалу покриття будівлі є втрата міцності, жорсткості та стійкості її конструктивних елементів.

Необхідно зазначити, що аварія стала наслідком незадовільної експлуатації об'єкта, порушення проектних умов і регламенту експлуатації [4]. Відсутність системного контролю за експлуатаційною надійністю та безпечністю конструктивних елементів. Відсутність аналізу ризиків руйнування та небезпек, на основі сучасної системної технічної діагностики конструктивних елементів, призвело до порушення основних умов нормальної і безпечної експлуатації об'єкта.

[1] Настанова щодо обстеження будівель для визначення та оцінки їх технічного стану. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – [Чинний з 2017-04-01]. – К. : ДП «Укр НДНЦ», 2017. – (Національний стандарт України).

[2] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд: ДБН В.1.2-14-2018. – [Чинний з 2019-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 30 с. – (Державні будівельні норми України).

[3] Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. – [Чинний з 2017-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2016. – (Державний стандарт України).

[4] Бакулін Є.А. Визначення рівня безпечності промислових будинків експлуатованих в умовах агресивних виробничих середовищ / Є.А. Бакулін // Вісник Національного авіаційного університету. – 2005. – Т. 23. – № 1. – С. 167–171.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ КАРНИЗІВ
НА ЗАПОБІГАННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ВЕРТИКАЛЬНИМИ
БУДІВЕЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ**

**INVESTIGATION OF THE FIRE-PREVENTING EAVES EFFECTIVENESS
TO PREVENT THE FIRE SPREADING BY VERTICAL BUILDING
STRUCTURES OF HIGH-RISE BUILDINGS**

*канд. техн. наук Я.В. Балло¹,
канд. техн. наук Р.С. Яковчук²,
канд. наук з держ. упр. В.М. Ковальчук²,
д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Ніжник¹,
канд. техн. наук Р.Б. Веселівський²*

¹*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ)*

²*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (м. Львів)*

*Y. Ballo¹, PhD (Tech),
R. Yakovchuk², PhD (Tech),
V. Kovalchuk², PhD in Public Administration,
V. Nizhnyk¹, Dr.Sc. (Tech.),
R. Veselivskyi², PhD (Tech)*

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection (Kyiv)*

²*Lviv State University of Life Safety (Lviv)*

The fire spreading on the high-rise buildings facades is one of the most dangerous types of fire development, due to its rapid flame spreading, complexity of extinguishment, sufficient oxygen, as well as additional wind effects that encourage its rapid spread on facade structures [1-2]. The purpose of this article is based on FDS modeling, to identify the influence of structural parameters of facade fire-preventing eaves, the effectiveness of fire prevention by vertical building structures in high-rise buildings.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- to develop a standard model of a facade and front fire-preventing eaves of various shape by means of the FDS software package on the basis of the analysis of the existing constructive decisions of fire-preventing front eaves in high-rise buildings;
- to determine the impact of the effectiveness of the design parameters of facade fire-preventing eaves and ways to improve their design to prevent the fire spreading in high-rise buildings under the same initial conditions of the experiment.

For modeling and researching the temperature distribution on the facade of a high-rise building with different types of fire-preventing eaves, a model of a 23-storey building was created. Monolithic concrete of "heavy concrete" type with 2280 kg/m³ density, 2.04 kJ/(kg·K) specific heat and 1.35 W/(m·K) thermal conductivity was chosen as the basis of the building construction material. The light openings (windows)

of the house are filled with glass, with a density of 2500 kg / m^3 , with a specific heat of $0.67 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ and a thermal conductivity of 0.061 W/(m K) . The characteristics of the facade cladding material of a high-rise building model were not taken into account, conditionally assuming that in accordance with the requirements of building codes, they must be non-combustible.

The modeling results revealed a regular increase in the area of facade heating for straight eaves of non- round shape, while the presence of a fire-preventing eave on the facade of a straight building does not prevent the full spread of heat during a fire, both vertically and horizontally, but significantly reduces its maximum value and increases the duration of heating the facade surface. The assumption stated in [4] is also confirmed and it shows that direct contact of turbulent heat flow from fire in the building with obstruction of non- round form increases the critical heating area of the house facade under the fire-preventing eave and above it by 30-35%.

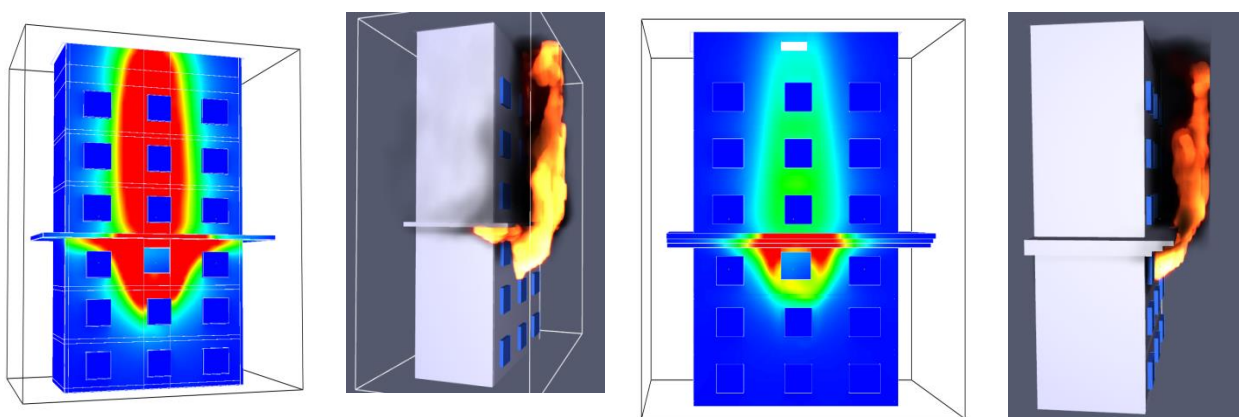


Fig.1. Results of the maximum facade heating temperature distributions of the calculation models

Thus, under these modeling conditions, it was found that the presence of a fire-preventing facade eave with a protrusion of 0.75 m and 1.5 m is an effective measure that can limit the temperature of the fire at the level of the upper floor below which it arose from $870 \text{ }^\circ\text{C}$ to $450 \text{ }^\circ\text{C}$ and $270 \text{ }^\circ\text{C}$, respectively. At the same time, the straight shape of the eave increases the area of temperature distribution of heating of the facade surface structure by 30-35% under these models and for the data of volume-planning facade of a high-rise building.

It was found that under these conditions, the surface temperature of the facade for the upper floor, which is located above the floor where the fire occurred in the presence of a round fire-preventing eave decreases from $270 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$) to $180 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$), which can significantly affect providing conditions to limit the further spread of the fire.

[1] Ya Ballo, R Yakovchuk, V Nizhnyk, O Sizikov, A Kuzyk, Investigation of design parameters facade fire-preventing eaves for prevent the spread of fires on facade structures of high-rise buildings *Fire Safety*, №37, (2020)16-23.

[2] Anderson, J., Boström, L., Jansson, R., Milovanović, B. Fire dynamics in facade fire tests: Measurement, modeling and repeatability. *Applications of Structural Fire Engineering* (2015). <https://doi.org/10.14311/asfe.2015.059>

**АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙ ТА РУЙНУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ПРИЗМ
ПІСЛЯ ВПЛИВУ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ТА ВИЗНАЧЕННЯ
КОЕФІЦІЄНТА УМОВ РОБОТИ**

**ANALYSIS OF DEFORMATIONS AND DESTRUCTION OF FIBER
CONCRETE PRISMS AFTER THE INFLUENCE OF HIGH
TEMPERATURES AND DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF
WORKING CONDITIONS**

*канд. техн. наук С.Ю. Берестянська, канд. техн. наук Є.І. Галагура,
канд. техн. наук М.О. Ковальов, канд. техн. наук Л.Б. Кравців,
канд. техн. наук О.В. Опанасенко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*S. Berestianskaya, PhD (Tech), E. Galagurya, PhD (Tech),
M. Kovalov, PhD (Tech), L. Kravtsiv, PhD (Tech), O. Opanacenko, PhD (Tech)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Конструкції, виготовлені із фібробетону знайшли розповсюдження у всіх галузях будівництва, але кожна галузь має до конструкції відповідні вимоги. Крім того, конструкції мають відповідати вимогам протипожежної безпеки. Для того, щоб запроєктувати конструкцію з заданими властивостями необхідно існування математичного апарату, який дозволив би, змінюючи різні фактори отримувати матеріал з відповідними характеристиками. Аналіз останніх публікацій показав, що різними авторами були проведені дослідження по визначенню процентного або масового впливу фібри та її розмірів на міцнісні та деформативні властивості при різних видах деформацій [1-4]. Метою даного дослідження є встановлення характеру руйнування фібробетону, який зазнав дію високих температур, та систематизація досліджень з метою спрощення розрахунків і приведення їх до загальноновизнаної методики шляхом введення відповідних коефіцієнтів.

Для дослідження було розглянуто три види армування (сталена фібра, базальтова фібра і контрольний бетонний зразок без фібри). Залежність міцності від температури визначалось для наступних температур: 20°C, 60°C, 90°C, 120°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C. Таким чином було виготовлено 72 призми: 24 - зі сталевою фіброю, 24 - з базальтовою фіброю і 24 - без фібри. Склад бетонної суміші, вміст фібри та технологія виготовлення зразків детально розглянуто у [5]. Підготовка зразків до випробування здійснювалась відповідно до [6-10]. Випробування проводились на базі сертифікованої лабораторії кафедри «Будівельної механіки та гідравліки» Українського державного університету залізничного транспорту. Для визначення деформації призм використовувались індикатори годинникового типу. Навантаження прикладалось з кроком 5 кН відповідно з [6] до навантаження 30% від руйнівного

з вимірюванням деформацій. Далі зразок доводився до руйнування. В результаті випробовування отримано граничні деформації та руйнівне навантаження бетонних і фібробетонних призм при різних температурах.

На підставі експериментальних досліджень отримано залежності розрахункового опору на осьове стискання бетонних призм з додаванням базальтової і сталеві фібри після дії температури. Для оцінювання адекватності отриманих результатів проведено співставлення експериментальних даних з теоретичним розрахунком на вогнестійкість бетонних призм відповідно до [6, 9].

Проаналізувавши залежності деформацій від навантаження при різних температурах можна зробити висновок, що при температурах до 400⁰С, для зразків з додаванням фібри, відмічається незначне збільшення фібрових деформацій. При більш високих температурах фіброві деформації для зразків зі сталевією фіброю стають суттєво меншими.

На підставі залежності розрахункового опору бетону та фібробетону від температури можна зробити висновок, що схема руйнування фібробетону на дію високої температури, не залежить від виду фібри і аналогічна схемі руйнування бетону без додавання фібри. Це дозволяє розповсюдити методику розрахунків бетонних конструкцій на фібробетоні.

За результатами досліджень отримано залежність коефіцієнта умов роботи від температури. Для підтвердження адекватності результатів, проведено співставлення теоретичних коефіцієнтів умов роботи [8, 11] з даними експериментальних досліджень. Розбіжність не перевищує 8,1%, що свідчить про адекватність отриманих даних.

Виходячи з вищесказаного, припускаємо, що для зразків з базальтової і сталевією фіброю можна визначити співвідношення умов праці, застосовуючи такий же підхід, як і для зразків зі звичайного бетону.

[1] Василівська, Н. Г. Цементні композиції дисперсно-армировані базальтової фіброю [Текст] / Н.Г. Василівська, І.Г. Енджієвської, І.Г. Калугін // Вестник Томського державного архітектурно-будівельного університету. – Томск, 2011. – Вип. 3. – С. 153-158.

[2] Рабинович Ф. Н. Композити на основі дисперсно-армиованих бетонів. – М., Издательство Ассоциация строительных вузов, 2004. – 559 с.

[3] Берестянська, А.А. Особливості розрахунку та проектування сталеві фібробетонних конструкцій [Текст] / А.А. Берестянська, Н.Н. Гаврилко, І.В. Быченко // Сталеві фібробетонні конструкції: зб. Наук. Ст. – Полтава, 2014. – Вип. 11. – С.34-40.

[4] Vatulia G., Berestianskaya S., Opanasenko E., Berestianskaya A. Substantiation of concrete core rational parameters for bending composite structures. DYN-WIND'2017 – MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 107. 00044 2017.

[5] Svitlana Berestianskaya, Evgeniy Galagurya, Olena Opanasenko, Anastasiia Berestianskaya, Ihor Bychenok. Experimental Studies of Fiber-Reinforced Concrete Prisms Exposed to High Temperatures. Key Engineering Materials. 2020 Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 864, pp 3-8.

[6] ДСТУ Б В.2.7-217:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. [Чинний від 2009-12-22]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 20 с. (Інформація та документація).

[7] Кравченко О.М. Залізобетонні конструкції фундаментів коксових батарей, які працюють в умовах впливу технологічних температур: автореф. Дис ... канд. Техн. Наук: 05.23.01. Харків, 2016. 23 с.

[8] Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1986. – 225 с.

[9] Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1986. – 22 с.

[10] Кричевский А.П. Деформации сжатия тяжелого бетона при нагреве // Поведение бетонных и элементов железобетонных конструкций при нагреве / Тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 21-29.

[11] СТО 36554501-006-2006 Правила по обеспечению огнестойкости и огнеохранности железобетонных конструкций (Москва, НИЦ «Строительство») 83с.

ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ФУНДАМЕНТІВ СИЛОСІВ НА ТЕРМІНАЛАХ ПЕРЕВАЛКИ ЗЕРНОВИХ

THE EFFECTIVE STRUCTURES OF REINFORCED CONCRETE FOUNDATION OF SYLOSES AT GRAIN TRANSFER TERMINALS

*А.А. Бутенко¹,
д-р техн. наук А.О. Мозговий²*

¹ТОВ «ТСК» (м. Харків)

²Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

*А.А. Butenko¹,
A.O. Mozgovyi², Dr.Sc. (Tech.)*

LTD «TSK» (Kharkiv)

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

Актуальним на сьогодні є проектування та будівництво морських, річкових та залізничних терміналів для перевалки зернових та олійних культур. Зазвичай це металеві вертикальні циліндричні силоси великої ємності. Для фундаментів великих розмірів, що працюють під значними навантаженнями, природна ґрунтова основа застосовується рідко, оскільки опір ґрунту не завжди дозволяє сприймати значення напружень, що виникають під подошвою фундаменту. Зазвичай, виконується підсилення основи фундаментів шляхом влаштування ґрунтової подушки, армуванням більш міцними та жорсткими елементами, або посилення шляхом ін'єктування мінеральними чи полімерними в'язучими.

Для фундаментів металевих силосів збільшених діаметрів жорсткість основи суттєво впливає на напружено-деформований стан фундаменту та розподіл контактних напружень під його подошвою. Конструкція фундаменту та деформаційні параметри посиленої основи надають можливість регулювання осідань і прогинів фундаменту та, як наслідок, розподілу контактних напружень. Жорсткість металевих циліндричних силосів не має суттєвого впливу на роботу фундаменту, але забезпечення умов нормальної експлуатації силосу, який є чутливим до деформацій фундаменту, є обов'язковим.

Визначення напружено-деформованого стану конструкції залізобетонного фундаменту та розподіл контактних напружень залежить від власної гнучкості фундаменту як споруди. У випадку, коли деформації основи та жорсткість споруди є порівняними, то має місце перерозподіл контактних напружень внаслідок їх сумісної роботи. За критерій гнучкості фундаменту, загалом, можна прийняти залежність Горбунова-Посадова:

$$t \approx \frac{El^2}{E_k h^3}$$

де E та E_k – модуль деформації ґрунту основи та матеріалу конструкції; l та h – довжина (радіус) та висота перерізу конструкції.

У фундаментів з підсилюючим поверхом та плитних фундаментів із бічним вивантаженням гнучкість майже однакова в усіх напрямках і напружено-деформований стан майже не відрізняється від стандартного для круглих плитних фундаментів [1]. Але для фундаментів із підземними галереями (рис. 1), що розміщені у напрямку розвантаження продукту гнучкість кардинально відрізняється. Так, в напрямку галереї – це фундамент кінцевої жорсткості, а в поперечному – це абсолютно гнучкий фундамент. При цьому, спостерігається значний зріст контактних напружень в середній зоні фундаменту, що викликає осідання та створення ущільненого центрального ядра під галереєю та одночасно відбувається зменшення значень контактних напружень під час наближення до країв фундаменту. У периметральній зоні заглибленої вертикальної стіни фундаменту напруження знову різко зростають унаслідок лінійного навантаження від металевого силосу.



Рис. 1 Фундамент силосу з підземною галереєю на етапі будівництва

Для силосів діаметром понад 27 м деформації нерівномірності осідання зазвичай складають 60...70 мм при загальному регламентованому нормативному осіданні 150 мм [2].

Осідання фундаменту і прогини його елементів, а також нерівномірність значень контактних напружень на різних ділянках єдиного фундаменту в умовах деформації основи і є предметом дослідження.

Враховуючи геометричні розміри фундаментів силосів і напружено-деформований стан його окремих конструктивних елементів доведено доцільність застосування попереднього напруження з метою підвищення жорсткості та тріщиностійкості залізобетонної конструкції.

[1] Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа /НИИОСП Им. Н.М. Герсванова .- М.: Стройиздат, 1984 – 263 с.

[2] ДБН В.2.2-8-98 Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна. – К: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998. – 40 с.

**ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ПРИ ЗАКРІПЛЕННІ ҐРУНТОВИХ ОСНОВ БУДІВЕЛЬ МЕТОДОМ
ІН'ЄКЦІЇ РОЗЧИНІВ**

**EXPERIENCE IN USING MATHEMATICAL MODELING TO
STRENGTHEN THE SOIL FOUNDATIONS OF BUILDINGS BY
INJECTING SOLUTIONS**

*д-р техн. наук Г.Л. Ватуля¹, канд. техн. наук О.В. Лобяк¹,
канд. техн. наук М.В. Павлюченко¹, канд. техн. наук Д.Г. Петренко¹,
д-р техн. наук О.П. Воскобійник²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Міністерство розвитку громад та територій України (м. Київ)

*G.L. Vatulia¹, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Lobiak¹, PhD. (Tech.), M.V. Pavliuchenkov¹,
PhD. (Tech.), D.G. Petrenko¹ PhD. (Tech.), O.P. Voskobiinyk², Dr.Sc. (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Ministry of the Development of Communities and Territories of Ukraine (Kyiv)

Дослідження в області математичного моделювання ґрунтових основ будівель і споруд придбали сьогодні особливо актуального значення [1,2]. При первинному проектуванні це пов'язано, як правило, з дедалі більшою складністю нових споруд і збільшенням навантажень на фундаменти. Для експлуатованих будівель і споруд зростає необхідність прийняття технічних рішень щодо закріплення ґрунтів основ з метою запобігання розвитку деформацій аварійного характеру або захисту основ від небезпечних природних чи техногенних процесів. У даній роботі представлені основні результати комплексної дослідницької роботи по стабілізації крену будівлі, що включає детальне обстеження, моделювання в середовищі програмного комплексу, а також розробку технічних рішень щодо закріплення ґрунтів на підставі аналізу НДС.

Об'єктом дослідження є секція дев'яти поверхового житлового будинку, розташованого у місті Краматорськ Донецької області. Секція являє собою дев'яти поверхову кутову вставку житлового будинку.

За результатами інженерно-геодезичних досліджень станом на 12 лютого 2013 р. крен вставки склав 0.0027 (абсолютне векторне відхилення верхівки будинку склало 80 мм). За результатами визначення крену споруди на останній час встановлено, що максимальне векторне значення відхилення становить 161 мм, що перевищує граничне значення (148.5 мм).

За результатами інженерно-геологічних вишукувань встановлено, що ґрунти основи фундаментів складені з суглинків бурих, коричнево-бурих, з включенням карбонатів, твердої консистенції, в водонасиченому стані – тугопластичних. Ґрунтові води на момент буріння свердловин до глибини 16.0 м не зустрінуті.

Методика розрахунку реалізується засобами програмного комплексу «LIRA-sar» (Україна), заснованого на технології інформаційного моделювання споруд (BIM) і методі скінченних елементів (МСЕ) [3]. Розрахункову модель складено за

допомогою СЕ оболонки (рис. 1,а). Для фундаментної плити застосовувалися універсальні СЕ з урахуванням параметрів пружної основи, які визначаються відповідно до тривимірної моделі ґрунту. По всій області фундаментів визначаються коефіцієнти постелі C_1, C_2 .

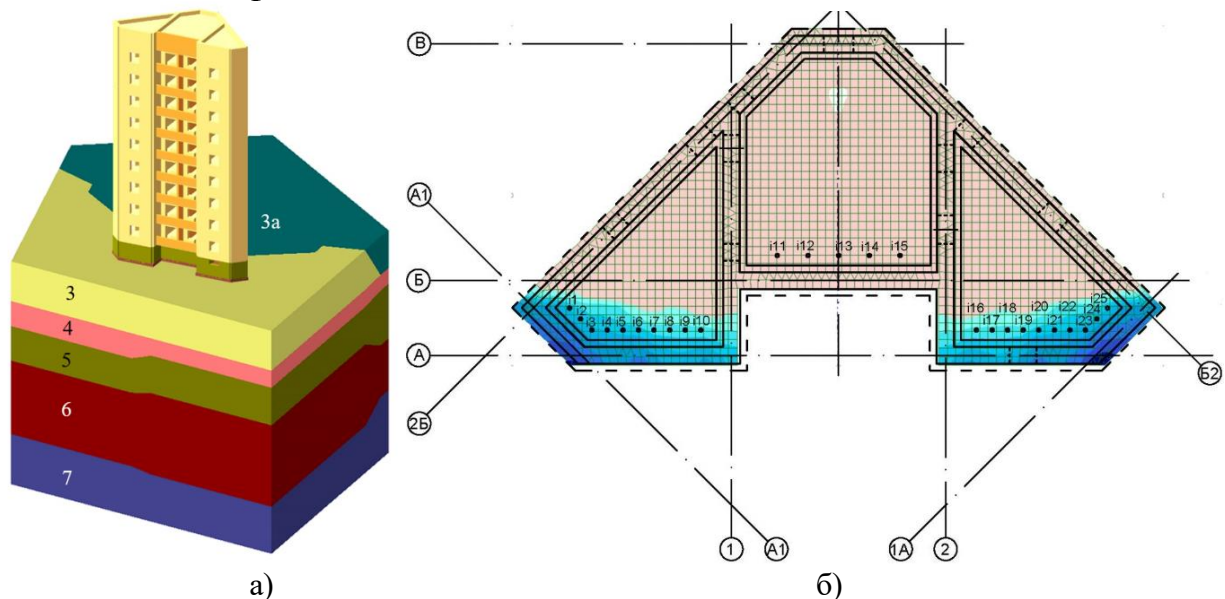


Рис.1. Скінченно-елементна модель (а), ізополя тиску на ґрунт від граничної та тривалої комбінації навантажень (б)

За результатами розрахунків будівлі тиск на ґрунт під частиною фундаментної плити (16% усієї поверхні) перевищує розрахунковий опір ґрунтів при стиску (240 кПа). Максимальні (крайові) значення напружень у ґрунтах становлять 262 кПа, показник міцності – 0.92. З урахуванням крену будівлі, незначно знижується коефіцієнт запасу несучої здатності цегляних стін (до 1.44). Також розрахунками отримано ізополя тиску на ґрунт від граничної та тривалої комбінації навантажень, які слугували настановою при виборі технічного рішення по закріпленню ґрунтів основи (рис. 1,б).

З метою ліквідації просадочних властивостей ґрунтів і підвищення несучої здатності основи розроблено технічне рішення по закріпленню ґрунтів ІГЕЗ і ІГЕ4 по краях фундаментної плити на плані вставки зі сторони заднього фасаду. Для виконання робіт по закріпленню призначено нагнітання розчину в масив ґрунту під тиском до 25 атм для армування масиву жорсткими тілами цементної композиції і поліпшення фізико-механічних характеристик ґрунтів за рахунок ущільнення. Після виконання робіт в основі фундаментів повинні бути створені армовані несучі масиви, які будуть являти собою природно-техногенний композит з високим ступенем жорсткості і хаотичною структурою, в якому в якості матриці виступає ущільнений ґрунт, а в якості жорстких включень – затверділий цементно-піщаний розчин. Потрібний коефіцієнт зміцнення – 1.4. Рекомендований розрахунковий опір ґрунтів основи після закріплення – 336 кПа.

[1] Игошева Л.А., Гришина А.С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания. Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура Т. 7, № 2 (2016) С. 5-21.

[2] S V Panchenko, G L Vatulia, O V Lobiak, M V Pavliuchenkov, O S Herasymenko and S M Bohdan. Soil stabilization with modern TM MAPEI materials in reconstruction of buildings and structures. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Volume 708. 012066

[3] Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. Kiev: Fact. 2007 – 394 p.

**ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ РЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ
КОМПЛЕКСНИМ ВПЛИВОМ**

**INCREASING THE STABILITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF
USING THE TOOL FOR THE RENOVATION OF BUILDING
CONSTRUCTIONS AND BUILDINGS OF AUTOSERVICE ENTERPRISES
WITH A COMPREHENSIVE INFLUENCE**

*д-р техн. наук В.М. Власовець¹, канд. екон. наук Т.В. Власенко¹,
канд. техн. наук А.М. Кравець², канд. техн. наук І.О. Біловод³,
канд. екон. наук Л.В. Шульга³*

¹Державний біотехнологічний університет (м. Харків)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

³Полтавський державний аграрний університет (м. Полтава)

*V.M. Vlasovets¹, Dr.Sc (Tech.), T.V. Vlasenko¹, PhD (Econ.),
A.M. Kravets², PhD (Tech.), O.I. Bilovod³, PhD (Tech.),
L.V. Shulga³, PhD (Econ.)*

¹State Biotechnology University (Kharkiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

³Poltava State Agrarian University (Poltava)

В останні роки за кордоном для використання при реновації будівельних конструкцій та споруд автосервісних підприємств замість кошових кованих сталевих виробів, де потрібні висока твердість, міцність і зносостійкість все частіше застосовують заевтектоїдну низьколеговану сталь. При виготовленні інструменту для будівельної галузі, що має підвищену стійкість та економічність при використанні, з таких литих сталей особлива увага приділяється питанням легування, модифікування і технології лиття для підвищення механічних властивостей за рахунок подрібнення карбідної сітки [1].

Фірми-виробники наводять широкі межі концентрації елементів, однак відсутні дані про точну кількість основних добавок (зокрема, Si, Mn і C), про спосіб введення і застосовувані модифікатори. Крім того, опубліковані дані обмежуються лише перерахуванням лігатур, що вводяться, які, судячи зі структури сталей, містять підвищену концентрацію Si, Ca або інших елементів цієї групи, а також поверхнево-активні добавки - Mg, Ce та інші. Тому важливими для підвищення довговічності будівельного інструменту є дослідження по отриманню заевтектоїдних сталей способом їх модифікування, термічної обробки, які визначають формування карбідної фази при литті, дроблення карбідної сітки.

Зміна концентрації вуглецю, легуючих и модифікуючих добавок визначається призначенням інструменту та вимогами експлуатаційних характеристик (твердість,

міцність, зносостійкість, термічна стійкість). Такі вимоги можуть бути забезпечені як оптимізацією хімічного складу [2], так і термічною обробкою [3]. Відомі роботи розглядають вплив структури на опір руйнуванню графітізованих сталей [4, 5]. Однак в літературі практично відсутня інформація про вплив цих факторів на експлуатаційні властивості заевтектної низьколегованої сталі [6]. Виконаю комплексні дослідження. При проведенні досліджень сталі з 1,8%С планували встановити вплив кремнію на схильність до утворення графіту в литому стані і можливість дроблення цементитної сітки в процесі кристалізації шляхом введення модифікаторів - Ti, V, N. Незалежно від виду обробки при модифікуванні сталі зніжується схильність до крихкого руйнування (табл. 1), особливо з Ti.

Таблиця 1 – Характеристика зламу досліджуваної сталі після комплексного впливу

Зразок №	Характеристика зламу, %		Зразок №	Характеристика зламу, %	
	грубокристалітний	дрібнокристалітний		грубокристалітний	дрібнокристалітний
1	30	70	4	35	65
2	35	65	5	30	70
3	15	85	6	30	70

Проведення нормалізації істотно підвищує як базовий рівень термічної стійкості, так і робить її більш чутливою до модифікації, особливо N. Така зміна властивостей при модифікуванні азотом сприяє суттєвому (на два порядки за даними М.І. Гольдштейна) зміцнення твердого розчину. Однак таке зміцнення сприяє й максимальному окрихчуванню металу.

Встановлено, що для сталі з 1,8%С і 0,35-1,15%Si добавки в литому стані не забезпечують дроблення карбідної сітки. Його можна досягти багатоступінчастою нормалізацією з прискореним охолодженням ($v_{\text{охол}} = 100-150 \text{ } ^\circ\text{C/год}$) до температур циклу вище переходу сталі з пластичного в пружний стан (вище $450 \text{ } ^\circ\text{C}$). Виконано розрахунок економічного ефекту від впровадження такої технології.

[1] Developing a system and criteria for directed choice of technology to provide required quality of surfaces of flexible coupling parts for rotor machines / V. Melnik, V. M. Vlasovets, I. Konoplianchenko, V. Tarellyk, M. Dumanchuk, Vas A. Martsynkovskyy, Y. I. Semirnenko, S. Semirnenko // Hermetic Sealing, Vibration Reliability and Ecological Safety of Pump and Compressor Machinery : 16th International Scientific and Engineering Conference, Sumy, 8-11 September 2020. Sumy, 2021. Vol. 1741, Issue 1. Article no. 012030

[2] Study on the prospects for the use of lubricants produced by Fuchs Lubritech GmbH on the Ukrainian railways in "wheel of rolling stock-rail" tribocoupling / Andrii Kravets, Vitaliy Vlasovets, Andrii Yevtushenko, Yevgen Romanovych and Anna Kravets // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021, Vol. 1021, Article No. 012039, doi:10.1088/1757-899X/1021/1/012039 [in English]

[3] Kinetics of structure transformation in pulsed plasma high-Cr coatings under post-heat treatment / B. V. Efremenko, Yu. G. Chabak, V. G. Efremenko, V. I. Fedun, T. V. Pastukhova, Halfa Hossam Ahmed, A. Yu. Azarkhov, V. M. Vlasovets // Functional Materials. 2020. Vol. 27, Issue 1. pp. 117-124.

[4] Власовець В. М., Убайтаєва М. С.-У., Убайтаєва Л. С.-У. Комп'ютерне моделювання статичної тріщиностійкості // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Харків, 16-17 трав. 2019 р. / Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків : ХНТУСГ, 2019. С. 76.

[5] Скобло Т. С., Власовець В. М., Науменко А. А., Дудников И. А. Исследование влияния виброобработки на упрочнение структурных составляющих стали 10 // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка: присвяч. 85-річчю ун-ту. Харків : ФОП Дуюнов Т. В., 2015. Вип. 158. С. 279-287.

[6] Власовець В. М., Скобло Т. С., Заец В. Н., Ефременко В. Г. Оценка возможности неразрушающего контроля отпуска мелющих шаров из стали 75 по коэрцитивной силе // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків : КП "Міська друкарня", 2014. Вип. 146. С. 261-269.

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ САМОНАПРУЖЕНОГО БЕТОНУ

EXPERIMENTAL STUDIES OF SELF-STRESSED CONCRETE

канд. техн. наук Є.І. Галагура¹, канд. техн. наук О.А. Беліченко², канд. техн. наук М.В. Павлюченко¹, канд. техн. наук Л.Б. Кравців¹, І.В. Биченок¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

*E. Galagurya¹, PhD (Tech.), O. Belichenko², PhD (Tech.),
M. Pavliuchenkov¹, PhD (Tech.), L. Kravtsiv¹, PhD (Tech.),
I. Vychenok¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kharkiv national automobile and highway university (Kharkiv)

Для дослідження самонапруження, отримання фізико-механічних характеристик і рН метрії було виготовленні п'ять серій призм та кубиків: перша серія виготовлялась за методикою [1,2] зі складом на 1 м³: напружений цемент(портландцемент М400 – 83%, глиноземистий цемент ГЦ-40 – 10%, гіпс будівельний – 7%) – 496кг; пісок річковий – 875 кг; щебінь фр. 5 - 10 – 1250 кг; вода – 250 л; друга серія виготовлена за технологією ТМ “МАРЕІ” зі складом на 1 м³: портландцемент М400 – 562.5 кг; пісок річковий – 875 кг – 875 кг; щебінь фр. 5 - 10 – 1250 кг; вода– 250 л (до бетону додавалися наступні добавки: Дупатон SR3 – 5.625 кг; Маресуре SRA – 6.25 кг; Ехпанcrete – 37.5 кг); третя серія бетон підібраний згідно з [2] з добавками ТМ “МАРЕІ” зі складом на 1 м³: портландцемент М400 – 496 кг; пісок річковий – 875 кг; щебінь фр. 5 - 10 – 1250 кг; вода– 250 л (до бетону додавалися наступні добавки: Дупатон SR3 – 4.117 кг; Маресуре SRA – 4.569 кг; Ехпанcrete – 27.5 кг); четверта серія призм бетон підібраний згідно з [1,2] з добавками ТМ “МАРЕІ” зі складом на 1 м³: напружений цемент – 496 кг; пісок річковий – 875 кг; щебінь фр. 5 - 10 – 1250 кг; вода– 250 л (до бетону додавалися наступні добавки: Маресуре SRA – 4.569 кг; Дупатон SR3 – 4.117 кг); п'ята серія призм бетон підібраний згідно з [1,2] з добавками ТМ “МАРЕІ” зі складом на 1 м³: напружений цемент – 496 кг; пісок річковий – 875 кг; щебінь фр. 5 - 10 – 1250 кг; вода– 250 л (до бетону додавалися наступні добавки: Маресуре SRA – 4.569 кг; Дупатон SR3 – 4.117 кг).

Експериментальні дослідження проводилися згідно з методик [3-5]. За результатами експериментальних досліджень було отримано: перша серія: клас бетону С30/35, модуль пружності $E_{cm} = 34.9 \cdot 10^3$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,187$, марка по самонапруженню S_p 1.2; друга серія: високоміцний бетон, модуль пружності $E_{cm} = 37.1 \cdot 10^3$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.23$, не відповідає не одній із марок по самонапруженню із за великого вмісту портландцементу; третя серія: клас бетону С50/60, модуль пружності $E_{cm} = 33.4 \cdot 10^3$ МПа, коефіцієнт

Пуассона $\nu = 0.21$ марка по самонапруженню $S_r 0.6$; четверта серія: класс бетону $S_{30/35}$, модуль пружності $E_{cm} = 34.7 \cdot 10^3$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.197$, марка по самонапруженню $S_r 1.2$; п'ята серія: класс бетону $S_{25/30}$, модуль пружності $E_{cm} = 32.5 \cdot 10^3$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.195$, марка по самонапруженню $S_r 1.2$. За результати експериментального дослідження самонапруження побудовані графіки набору самонапруження, які представлені на рис.1.

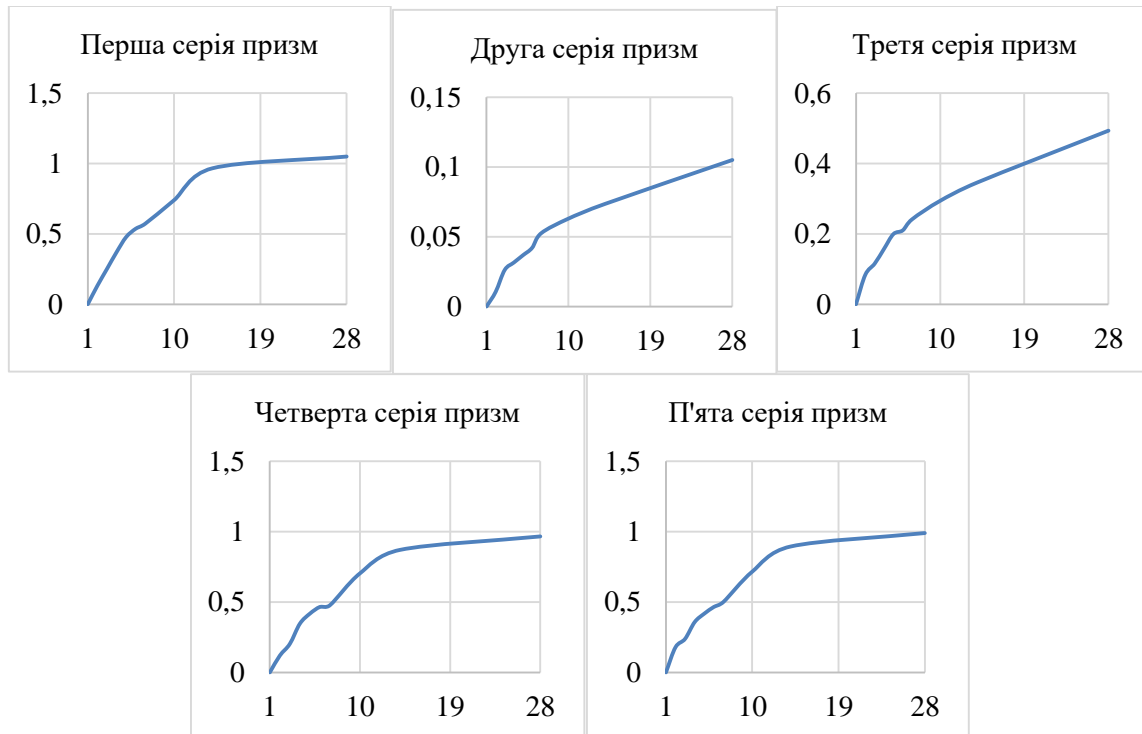


Рис. 1 Графіки набору самонапруження

Так як підбираємий бетон планується для використання в якості ядра сталевобетонної колони, то є доцільність перевірки рН метрії приведених компонентів і корозійної стійкості металу при використанні самонапруженого бетону в якості ядра. За результатами експериментальних досліджень було встановлено згідно з [6], що можливе інгібування корозії металу підтверджує також високі значення рН рідкої фази на рівні 8,25...13,85 (що значно вище нейтрального рН = 7) у присутності як окремо взятих добавок, так і цементних суспензій, в яких знаходяться добавки. Тому використання самонапруженого бетону з приведеними добавками є доцільним.

- [1] Савеня Д. Н., Соловьев Д. А., Плосконосов В. Н. Особенности прочностных и деформационных характеристик напрягающего цемента, модифицированного добавкой нитрата кальция. Вестник Полоцкого государственного университета. 2009. № 6. С. 53-56.
- [2] ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. [Чинний від 2010-09-01]. Київ, 2010. 18с. (Інформація та документація).
- [3] ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. [Чинний від 2010-09-01]. Київ, 2010. 43с. (Інформація та документація).
- [4] ДСТУ Б В.2.7-217:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. [Чинний від 2010-09-01]. Київ, 2010. 16с. (Інформація та документація).
- [5] Посібник до СНиП 2.03.01-84. Посібник з проектування самонапружених залізобетонних конструкцій (до СНиП 2.03.01-84). [Чинний від 1985-05-08]. Москва, 1986. 49с. (Інформація та документація).
- [6] Киреев В.А. Курс физической химии. Москва. Химия. 1975. 776 с.

**МЕТАЕВРИСТИЧНИЙ ПІДХІД ПРИ ПРОЕКТУВАННІ
ОПТИМАЛЬНОГО АРМУВАННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ
ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ЗГИН І ЗРІЗ**

**METANEURISTIC APPROACH IN DESIGN OF OPTIMAL
REINFORCEMENT OF STEEL-REINFORCED CONCRETE ELEMENTS
WORKING AT BENDING AND SHEAR**

*канд. техн. наук Т.А. Галінська,
Д.М. Овсій, О.М. Овсій*

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" (м. Полтава)

*T. Galinska, PhD (Tech), D. Ovsii, O. Ovsii
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" (Poltava)*

При оптимальному (раціональному) проектуванні сталезалізобетонних (СЗБ) елементів з мінімальними витратами, що працюють на згин і зріз, основним завданням є визначення мінімальної (достатньої) кількості армування (площі перетину арматурних стержнів та конструктивних сталевих елементів, їх ваги) в їх розрахункових перерізах при визначених (заданих) розмірах їх перетину, типів матеріалів (їх характеристик) з урахуванням проектних обмежень, таких як: проектування конструкції з урахуванням виду навантажень, що діють на неї, та формування (типізація) випадку її граничного напружено-деформованого стану залежно від визначених граничних критеріїв руйнування її компонентів.

Оскільки кінцеві результати оптимізації залежать від декількох величин, обмежень і факторів, які також нерозривно пов'язані між собою, то вирішення (отримання, обчислення напряму) оптимальних перемінних при проектуванні СЗБ елементів є не можливим по суті, тобто інженерна задача є нелінійною, яка потребує розробки кількох методів і підходів, що повинні бути специфічними (індивідуальними) для вище викладеної проблеми проектування. На сьогодні за допомогою звичайних методів розрахунку нелінійна задача оптимального проектування СЗБ елементів може вирішуватися наближено за допомогою поетапної ітерації з допущеннями і обмеженнями декількох факторів і величин.

Як показали наукові дослідження оптимізації залізобетонних конструкцій (елементів), що проведені науковцями в роботах [1-8], оптимальне їх проектування є багатоваріантною задачею з декількома параметрами, вирішення якої нерозривно пов'язане з визначеними їх значеннями та обмеженнями величин, які потребують в кожному випадку застосування визначеного методу оптимізації. Так в роботах [9, 10] науковцями приведений огляд і аналіз сучасних методів оптимізації, які можна застосувати при проектуванні раціональних залізобетонних конструкцій.

Застосування метаевристичних підходів і методів, що базуються на системному підході з використанням методів, в основу яких входять ітераційні

алгоритми, дозволить вирішити задачу оптимального проектування армування СЗБ елементів, яка є складною через вище зазначені проектні обмеження.

Основні методологічні передумови для розрахунку СЗБ елементів приведені авторами статті в науковій роботі [11].

В наукових працях [12-17] вченими запропоновані наукові підходи та приведення вирішення задач з оптимального проектування залізобетонних конструкцій (елементів) за допомогою метаевристичних методів та алгоритмів.

[1] Alaa C. Galeb, Optimum Design of Doubly Reinforced Concrete Beams Using Simulated Annealing, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* 9(10), 2018, pp. 61–70. <http://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=9&Issue=10>

[2] Luevanos-Rojas, Arnulfo; Lopez-Chavarria, Sandra; Medina-Elizondo, Manuel and Kalashnikov, Vitaliy V. Optimal design of reinforced concrete beams for rectangular sections with straight haunches. *Revista de la Construcción*. 2020, vol.19, n.1, pp.90-102. ISSN 0718-915X. <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.19.1.90-102>

[3] Serdar Ulusoy, Aylin Ece Kayabekir, Gebrail Bekdaş, and Sinan Melih Nigdeli, "Optimum Design of Reinforced Concrete Multi-Story Multi-Span Frame Structures under Static Loads," *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*. vol. 10, no. 5, pp. 403-407, 2018. DOI: 10.7763/IJET.2018.V10.1092

[4] Boualem Tliouine, Ferhat Fedghouche. Optimal Design of Reinforced Concrete T-Beams under Ultimate Loads / *2nd International Conference on Engineering Optimization*. September 6 - 9, 2010, Lisbon, Portugal.- 8 p.

[5] Habibi, A., Ghawami, F. & Shahidsade, M. S. (2016). Development of optimum design curves for reinforced concrete beams based on the INBR9. *Computers and Concrete*, 18(5), 983-998. <https://doi.org/10.12989/CAC.2016.18.5.983>

[6] Negrin I.A., Roose D., Chagoyen E. L., Lombaert G. Biogeography-Based Optimization of reinforced concrete structures including static soil-structure interaction. *arXiv-CS-Neural and Evolutionary Computing (IF)*. 2021-03-08. DOI: [arXiv:2103.05129](https://arxiv.org/abs/2103.05129)

[7] Rahmanian, I., Lucet, Y., & Tesfamariam, S. (2014). Optimal design of reinforced concrete beams: A review. *Computers and Concrete*, 13(4), 457–482. <https://doi.org/10.12989/CAC.2014.13.4.457>

[8] Mamoun Alqedra, Mohammed Arafa and Mohammed Ismail, 2011. Optimum Cost of Prestressed and Reinforced Concrete Beams using Genetic Algorithms. *Journal of Artificial Intelligence*, 4: 76-88. DOI: [10.3923/jai.2011.76.88](https://doi.org/10.3923/jai.2011.76.88)

[9] Singh J. and Chutani S. A Survey of Modern Optimization Techniques for Reinforced Concrete Structural Design. *International Journal of Engineering Science Invention Research & Development*; Vol. II (I), July 2015, 55-62. www.ijesird.com, e-ISSN: 2349-6185

[10] Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ, 2020.- Т. 15.- Вып. 1.- С. 12–30. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.1.12-30

[11] Galinska, T., Ovsii, D., & Ovsii, M. (2018). The combining technique of calculating the sections of reinforced concrete bending elements normal to its longitudinal axis, based on the deformation model. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.2), 123–127. Retrieved from <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14387>

[12] Kaveh, A., & Sabzi, O. (2011). A comparative study of two meta-heuristic algorithms for optimum design of reinforced concrete frames. *International Journal of Civil Engineering*, 9(3), 193-206. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=246636>

[13] Kuo, Ann, Unveiling Hidden Values of Optimization Models with Metaheuristic Approach (2014). Publicly Accessible Penn Dissertations. 1334. <http://repository.upenn.edu/edissertations/1334>

[14] Aylin Ece Kayabekir, Gebrail Bekdaş and Sinan Melih Nigdeli. *Metaheuristic Approaches for Optimum Design of Reinforced Concrete Structures: Emerging Research and Opportunities*. IGI Global (2020). DOI: 10.4018/978-1-7998-2664-4.ch003

[15] Bekdas, G., Nigdeli, S.M., Yang, X.S.: Metaheuristic optimization for the design of reinforced concrete beams under flexure moments. In: *Proceedings of the 5th European Conference of Civil Engineering (ECCIE 2014)*, Florence, Italy (2014)

[16] Алексейцев А.В., Парфёнов С.Г., Макарова А.К., Пепеляева А.Ю. Мутаэвристические подходы к оптимизации систем усиления балочных железобетонных конструкций / *Материалы международной. научн.-практической конференции "Инновации в строительстве-2019"*, 05-07 декабря 2019 г., Брянск, С. 210-213

[17] Ulusoy, S., Kayabekir, A.E., Bekdaş, G., Nigdeli, S.M. (2020) Metaheuristic algorithms in optimum design of reinforced concrete beam by investigating strength of concrete. *Chall. J. Concr. Res. Lett.* 11, 33–37 DOI: <https://doi.org/10.20528/cjcr1.2020.02.001>

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СТАЛЕВИХ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**QUALITY INCREASING OF CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR STEEL
BUILDING STRUCTURES**

Ю.І. Гезенцевей¹,

д-р техн. наук Д.О. Банніков²

¹ВАТ «Метінвест Інжинірінг» (м. Дніпро)

*²Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна (м. Дніпро)*

Yu.I. Hezentsvet¹, D.O. Bannikov², Dr.Sc. (Tech.)

¹Metinvest Engineering LCC (Dnipro)

²Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro)

Останнім часом в практиці проектування все більше уваги замовники проектних робіт звертають не тільки на вартість майбутніх будівельних об'єктів, а й на їх якість. Особливо ця тенденція активізувалась в останні 5-10 років у зв'язку із суттєвим зниженням якості зданих в експлуатацію будівельних об'єктів взагалі та сталевих будівельних конструкцій зокрема [1].

Як справедливо відмічається в роботі [2] існуюча проблема підвищення якості виконання проектних робіт для будівельних конструкцій на тепер оцінюється переважно якісно при проходженні експертизи. Тому останнім часом багато будівельних компаній та фірм взагалі, й проектних зокрема, почали приділяти особливу увагу оцінці якості конструктивних рішень будівельних конструкцій та посилювати існуючий внутрішній контроль якості ще на стадії їх проектування.

Однією з таких є корпорація ВАТ «Метінвест Інжинірінг», яка завдяки існуючим напрацюванням в даній сфері вже більше 20 років виконує на замовлення різноманітні проекти сталевих будівельних конструкцій. Вимоги сучасності призвели до розробці й впровадження в проектну практику не тільки якісних, а й кількісних критеріїв оцінки якості виконання розрахунково-конструкторських робіт. Оскільки ці критерії використовуються в межах корпорації, то будемо називати їх внутрішніми.

Такі критерії базуються на оцінці економічної ефективності від впровадження новітніх конструктивних рішень. При цьому надається оцінка відношення узагальнених витрат, що досягаються застосуванням конструктивних рішень, які зменшують вартість як окремих елементів конструкцій, так і конструкцій в цілому, до об'ємів вартості при застосуванні традиційних технічних рішень [3].

Цей підхід пов'язаний із відомими базовими положеннями, які міцно закріпились в проектній практиці ще з часів професора М. С. Стрелецького:

1. Проектувальне, яке полягає в економії сталі. Слід завважити, що в останній час все більше і більше замовників приділяють цьому додаткову увагу.

2. Виробниче, яке полягає в економії трудових затрат. Цьому аспекту також зараз відводиться далеко не остання роль.

3. Організаційне, яке спрямовано на мінімізацію строків виконання будівельних робіт. На тепер актуальність цього аспекту також рідко викликає сумніви в першу чергу у замовників.

В корпорації ВАТ «Метінвест Інжинірінг» практична реалізація цього підходу відносно кожного із положень проявляється у вигляді системи новітніх рішень.

Досягнення першого положення можливо за рахунок застосування сталей високої міцності, як наприклад, мікролегованих сталей класу С440 на основі термозміцненої технології прокатки. Такі сталі поєднують в собі не тільки високу міцність, але й хорошу ударну в'язкість та якісну зварюваність.

При цьому, також, для проектувальників збільшується свобода у виборі проектних рішень, підвищується надійність конструкцій, а також покращуються її експлуатаційні властивості за екстремальних умов експлуатації (підвищені або понижені температури). Подібні сталі дозволяють зменшувати вагу несучих елементів сталевих конструкцій та скорочувати строки будівництва [4, 5].

Друге базове положення реалізується оптимізованою конструктивною формою конструкції чи її елементів. Прикладами можуть служити:

- стінове огороження, яке виконується без несучих конструкцій фахверку із застосуванням самонесучих стінових касет довжиною до 900 мм з послідуною установкою утеплювача і зовнішнього металевого профільованого листа;

- система в'язей, яка передбачає використання зсувної жорсткості покрівлі з профільованого настилу в діафрагмах жорсткості, розміщених як поперек так і вздовж проліту будівлі замість стержневих в'язевих ферм.

В комплексі це дозволяє як мінімізувати об'єми металоконструкцій з однієї сторони, так і знизити трудовитрати при їх монтажі, з іншої сторони.

Реалізація третього положення може бути досягнута шляхом регулювання напружень в конструкціях, особливо каркасного типу, що успішно реалізовано при реконструкції систем аспірації ливарного двору ДПЗ ММКІ.

[1] Банніков Д. О. Аварії та відмови сталевих тонкостінних циліндричних силосів для зернових культур. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, Дніпро, Вип. 15, 2019. С. 6-17.

[2] Голубова О. С. Показатели оценки качества проектно-сметной документации в строительстве. *Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства: доклады Международной научно-практической конференции*, Минск: БГТУ, 2015. С. 55-65.

[3] Гезенцевей Ю. І. Внутрішні критерії оцінки якості конструктивних рішень при проектуванні сталевих будівельних конструкцій. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, Київ, № 4, 2020. С. 40-42.

[4] Гезенцевей Е. И. Технологичность применения мелкозернистых термоупрочненных сталей в конструкциях кожухов доменных печей. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, Київ, № 3, 2016. С. 43-47.

[5] Hezentsvei Yu., Bannikov D. Effectiveness Evaluation of Steel Strength Improvement for Pyramidal-Prismatic Bunkers. *Eureka: Physics and Engineering*, Tallin, No. 2 (27), 2020. P. 30-38.

**СИНТЕЗ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТОПОЛОГІЇ КОМБІНОВАНИХ
СТАЛЕВИХ ФЕРМ**

**SYNTHESIS OF RATIONAL TOPOLOGY OF COMBINED STEEL
TRUSSES**

д-р техн. наук М.В. Гоголь¹,

д-р техн. наук У.Д. Марущак¹,

канд. техн. наук Т.А. Галінська², Д.П. Сидорак¹

¹*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

²*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)*

M.V. Hohol¹, Dr.Sc (Tech.), U.D. Marushchak¹, Dr.Sc (Tech.),

T.A. Galinska², PhD (Tech.), D.P. Sydorak¹

¹*LvivPolytechnicNationalUniversity (Lviv)*

²*NationalUniversity "YuriKondratyukPoltavaPolytechnic"(Poltava)*

Сучасні тенденції розвитку будівництва в Україні гостро ставлять проблему підвищення ефективності будівельних сталевих конструкцій, які були б конкурентоздатними порівняно з зарубіжними аналогами [1]. Сталеві конструкції балкового типу і ферми є найбільш поширеними конструктивними елементами перекриттів і покриттів промислових будівель [2].

Проміжними між фермою і суцільною балкою є комбіновані системи, які складаються із балки, яка підкріплена знизу шпренгелем чи розкосами, або зверху аркою. Підкріплюючі елементи зменшують згинаючий момент в балці і підвищують жорсткість системи. Комбіновані системи прості в виготовленні (внаслідок меншого числа елементів) і раціональні при збільшених навантаженнях. У зв'язку з цим проблема подальшого розвитку та підвищення ефективності сталевих кроквяних ферм, в тому числі комбінованих, є дуже актуальною. Основною перевагою комбінованих конструкцій є концентрація матеріалу в балці жорсткості та можливість проектування їх малоелементними.

Одним із ефективних напрямів зниження маси комбінованих сталевих ферм є проектування їх раціональними. Вони характеризуються ще більш малою масою, зменшеною трудомісткістю виготовлення, завдяки чому значно скорочуються терміни будівництва та транспортні витрати.

Досвід застосування раціональних сталевих конструкцій засвідчив їх безперечні переваги, які особливо притаманні комбінованим конструкціям (балковим, шпренгельним, фермовим, висячим та вантовим) [1]. Використання таких сталевих будівельних конструкцій можна досягнути економії сталі до 27 % порівняно з типовими, при одночасному значному зниженні вартості системи в цілому. Вирішення цієї проблеми в значній мірі здійснюється шляхом вдосконалення їх конструктивних форм, що вирішить проблему топології сталевих ферм, за якої напружений стан балки жорсткості

комбінованих ферм буде раціональним, а система підкріплення забезпечить їх ефективність порівняно з відомими [3, 4].

Комбінована конструкція є раціональною конструкцією порівняно з балочною конструкцією за рахунок збільшення несучої здатності. В якості комбінованої конструкції розглядається запропонована авторами нова конструктивна форма - малоелементна шпренгельна ферма прогоном 30 м, конструкція якої представлена на рис. 1.

Метою роботи було одержання умов раціональності комбінованих сталевих ферм. Для цього порівнювали ефективність розрахункових схем ферм: комбінованої статично-невизначеної з нерозрізним верхнім поясом (рис. 1, а); типової згідно [5] з шарнірним з'єднанням у вузлах (рис. 1, б). Також проведений числовий експеримент по знаходженню раціонального співвідношення маси балки жорсткості до маси ферми. В якості критерія раціональності прийнята мінімальна маса ферм.

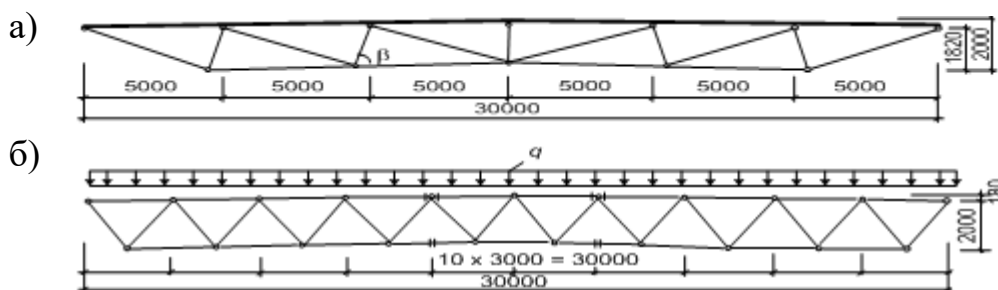


Рис. 1 Схеми ферм: а – комбінована; б – типова згідно ДСТУ

Ферми розраховували у програмному середовищі «LIRA-CAD 2016 R5» для $q = 12,75$ кН/м, при куті нахилу стиснутих стержнів решітки комбінованої ферми рівному 80° . За результатами розрахунків маса комбінованої ферми склала 1756,73 кг, а типової – 1859,5 кг, що на 5,6 % більше. Це підтверджує те, що в статично-невизначених конструкціях виникають менші внутрішні зусилля, що визначає їх економічність порівняно з статично-визначуваними. За результатами числового експерименту для моделей ферм прогоном 3 м для $q = 12,75$ кН/м, раціональне співвідношення маси балки жорсткості до маси ферми складає близько 50 %. Одержані дані дають змогу проектувати і реалізувати конкурентоздатні раціональні конструктивні форми комбінованих ферм порівняно з аналогами та створити економічні і технологічні вирішення покриття.

[1] Гоголь М. В. Регулювання напружень у сталевих комбінованих конструкціях: Монографія. К.: Вид-во «Сталь», 2018. 222 с.

[2] Yashwanth M. K., DivyaShree M., Shreyas K. S. Comparative study of different configuration of roof truss for an industrial shed. International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development. Issue 8, Vol. 2. 2018. P. 23-32.

[3] HoseinAhmadvand and Alireza Ha. Optimum design of shape and size of truss structures via a new approximation method. Structural Engineering and Mechanics. Vol. 76, No 6, December 25 2020. P. 799-821.

[4] Vatulia G., Komagorova S., Pavliuchenkov M. Optimization of the truss beam. Verification of the calculation results. MATEC Web of Conferences 230, 02037, 2018. Transbud-2018.

[5] ДСТУ Б В.2.6-74:2008. Конструкції будинків і споруд. Ферми сталеві кроквяні з гнutoзварних профілів прямокутного перерізу. Київ, 2009. 33 с.

**ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ РІШЕНЬ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ
КОЛЕКТОРІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ НЕГЛИБОКОГО ЗАЛЯГАННЯ**

**SEARCH FOR RATIONAL SOLUTIONS FOR THE REPAIR AND
REHABILITATION OF SHALLOW SEWERS**

*д-р техн. наук Д.Ф. Гончаренко¹, д-р техн. наук О.В. Старкова¹,
д-р техн. наук А.С. Карагяур¹, Є. Г. Дегтяр¹,
д-р техн. наук О.П. Воскобійник²*

¹*Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

²*Міністерство розвитку громад та територій України (м. Київ)*

*D.F. Goncharenko¹, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Starkova¹, Dr.Sc. (Tech.),
A.S. Karagiaur¹, Dr.Sc. (Tech.), Ye.G. Degtyar¹, O.P. Voskobiinyk², Dr.Sc. (Tech.)*

¹*Kharkiv National University of Sivil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

²*Ministry of the Development of Communities and Territories of Ukraine (Kyiv)*

На сьогодні проблема ремонту й відновлення мереж водовідведення стає особливо актуальною у зв'язку з підвищенням вимог до охорони навколишнього середовища. Руйнування на каналізаційних трубопроводах є причиною проникнення стічних вод у ґрунтові води і в ґрунт та їх забруднення [1].

При ремонті й відновленні колекторів водовідведення використовуються відкриті й закриті способи виконання робіт. Приймаючи до уваги, що значна частина колекторів водовідведення проходить через місця, де відсутні транспортні артерії, через сільськогосподарські угіддя і мають незначну глибину залягання, а також те що, як правило, їх лоткова частина не підлягає руйнації внаслідок корозії, доцільно виконувати ремонтно-відновлювальні роботи на них відкритим способом.

Аналіз стану каналізаційних колекторів в містах України показав, що внаслідок корозійних процесів перш за все відбувається руйнація надводних конструкцій – склепу. В той же час лоткова частина, яка постійно заповнена стічними водами, залишається неушкодженою. Тому при виконанні ремонтно-відновлювальних робіт колектор звільняють від елементів руйнації, а лоткову частину – зачищають [2]. В подальшому лоткова частина служить в якості основи для укладання в неї поліетиленових або склопластикових труб. При цьому діаметр колектора зменшується у порівнянні з тим, який був до руйнації.

Очисні споруди в місті Харкові розташовані таким чином, що колектори транспортують стічні води на значні відстані через місцевості де відсутній транспорт та пішохідні артерії. Тому відкритий спосіб ремонтно-відновлювальних робіт на них є економічно доцільнішим. Приймаючи до уваги той факт, що ці колектори транспортують стічні води із мікрорайонів, які постійно збільшуються, виникає потреба у підключенні допоміжних каналів та збільшенні поперечного перерізу колектора.

Широкого застосування в останні роки набули пневматичні опалубки,

використання яких дозволяє створювати конструкції складної форми [6-10]. Таким чином можна розглядати можливість використання пневматичної опалубки для створення нового склепу з використанням у якості несучої конструкції лоткової частини. Використання пневматичної опалубки необхідної конфігурації в залежності від профілю колектора дозволяє, як свідчать приведені публікації [3, 4], виконувати ремонтно-відновлювальні роботи із значно меншими витратами в порівнянні з використанням труб із полімерних матеріалів. Однією з основних вимог при використанні розглянутої технології є можливість виконання робіт, які не заважають життєдіяльності міського середовища.

Найчастіше каналізаційні колектори мають круглий поперечний переріз. Враховуючи необхідність збільшення поперечного перерізу колектора за умови збереження його лоткової частини, та можливості застосування пневматичної опалубки, виникає можливість створення овоїдального перерізу, що дозволить значно збільшити його пропускну здатність.

Авторами запропоновано розрахунок пропускну здатності каналізаційного колектора при заміні його на овоїдальний за умов існуючих геометричних та міцнісних параметрів збережених лоткових елементів з метою збільшення його поперечного перерізу.

Розрахунки довели, що пропускну здатність овоїдального самопливного трубопроводу збільшується у порівнянні з трубопроводом круглого перетину (рис. 1, 2).

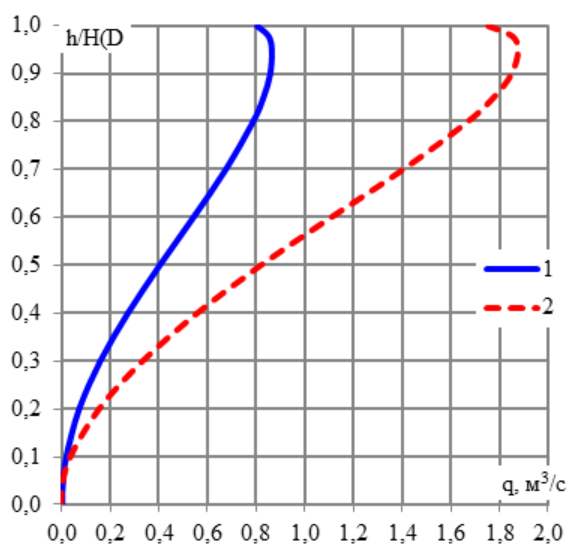


Рис. 1. Залежності витрати від наповнення трубопроводу: 1 – для труби круглого перетину; 2 – для труби овоїдального перетину

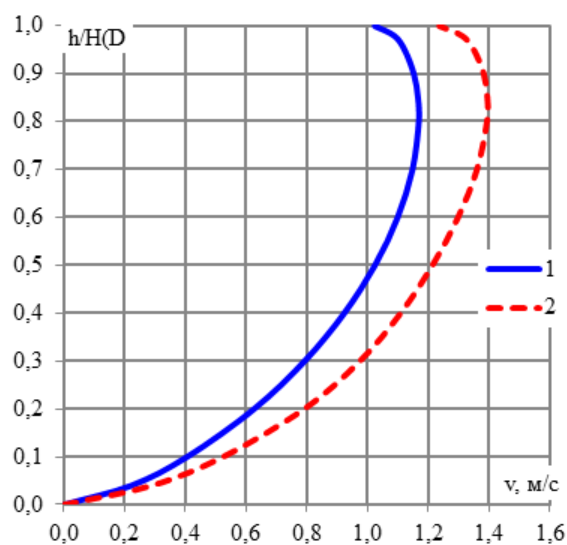


Рис. 2. Залежності швидкості від наповнення трубопроводу: 1 – для труби круглого перетину; 2 – для труби овоїдального перетину

- [1] Vasilyev, V., Stolbikhin, Yu. (2015) Inspecting and Monitoring the Technical Condition of Sewage Collectors. *Applied Mechanics and Materials*, 725-726:1319-1324. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.1319.
- [2] Goncharenko, D., Zabelin, S., Aleinikova, A., Anishenko, A., Hudilin, R. (2018). Development and study of hydromechanical method for cleaning sewage collectors from contamination. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10 (95)), 40-47. doi: 10.15587/1729-4061.2018.142639.
- [3] Kromoser, B., Huber, P. (2016) Pneumatic Formwork Systems in Structural Engineering. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016(6):1-13. doi: 10.1155/2016/4724036.
- [4] Abramyan, S., Polyakov, V., Oganesyanyan, O. (2017). Pneumatic formwork used in strengthening of structuralelements during reconstruction of buildings and structures. *MATEC Web of Conferences*, 129(27):05001. doi: 10.1051/mateconf/201712905001.

**ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ГАРЯЧОЇ ВОДИ У СИСТЕМАХ
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

**EVALUATION OF TECHNOLOGICAL LOSSES OF HOT WATER IN
CENTRALIZED HOT WATER SUPPLY SYSTEMS**

*канд. техн. наук В.В. Гранкіна¹,
канд. техн. наук О.М. Малявіна¹,
канд. техн. наук Г.І. Благодарна¹,*

канд. з держ. упр. С.В. Волик², С.В. Романенко¹

¹*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова¹ (м.Харків)*

²*Комунальне підприємство «Харківські теплові мережі»*

***O.M. Maliavina¹, PhD (Tech.),
V.V. Hrankina¹, PhD (Tech.),
G.I. Blagodarna¹, PhD (Tech.),
S.V. Volik², PhD (St.maneg.),
S.V. Romanenko¹***

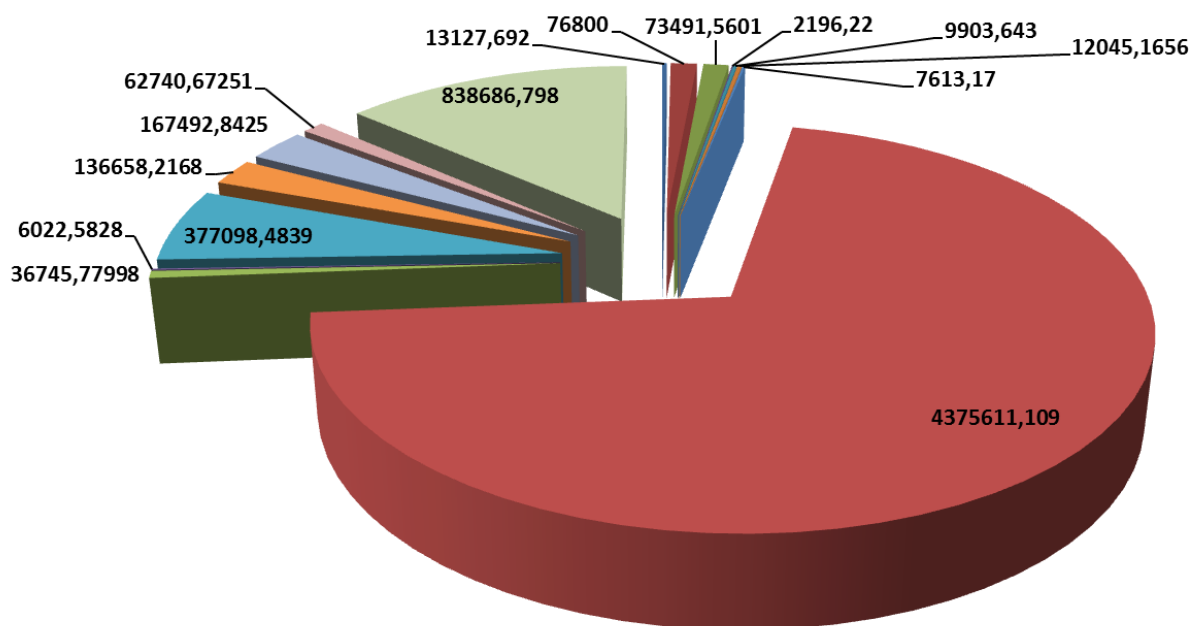
¹*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)*

¹*Kharkov Heat Networks utility company (Kharkiv)*

На даний час є необхідність модернізації житлово-комунальної сфери України, де втрати у системі тепlopостачання та у будинках складають понад 61,3 %. Зазначене потребує нагальної реконструкції з модернізацією будинків і мереж, центральних індивідуальних теплових пунктів, модернізації котелень і системи тепlopостачання тощо. Метою проведеного дослідження було провести аналіз технологічних витрат та втрат гарячої води у системах централізованого гарячого водопостачання для існуючої технологічної схеми м. Харкова та визначити основні втрати. Розрахунки виконано відповідно до Методики визначення технологічних нормативів витрат та втрат гарячої води у системах централізованого постачання гарячої води, затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 10 квітня 2018 року № 86. Технологічні нормативи втрат холодної та гарячої води складаються з: втрат води, які пов'язані з витіканням води при аваріях; втрат води при промиванні мереж після ліквідації аварії; схованих втрат води, які виникають через протікання води зі свищів та стиків трубопроводів; втрат води через арматуру. Витоки води при виробництві та підігріві води були розраховані щодо кожного конкретного випадку з урахуванням технологічної схеми забору і підготовки води, переліку і стану наявних споруд, наявної запірної арматури тощо. Відповідно до проведеного аналізу отриманих розрахункових даних щодо втрат гарячої води в централізованій системі гарячого водопостачання згідно до зазначеної Методики

вище, в м. Харкові основними втратами гарячої води системи централізованої системи гарячого водопостачання (рис.1) є: 1) втрати, що виникають під час аварій; 2) втрати води, що не обліковані вузлами комерційного обліку.

Також в роботі запропоновано варіанти модернізації та реконструкції системи централізованого гарячого водопостачання з метою зниження технологічних витрат гарячої води з урахуванням результатів проведених досліджень, розраховано максимальні та мінімальні втрати гарячої води за кількісними показниками.



- Витрати холодної води для власних господарсько-побутових потреб ЦТП та котельнь
- Витрати холодної води на промивання та дезінфекцію трубопроводів
- Витрат гарячої води для власних господарсько-побутових потреб ЦТП
- Витрати гарячої води для власних потреб насосних станцій та груп
- Втрати води для промивання трубопроводів і їх дезінфекції після ліквідації аварії
- Втрати гарячої води, пов'язані з протіканням через стики і стінки сталевих трубопроводів
- Втрати гарячої води через ущільнення арматури при несправностях
- Втрати гарячої води не обліковані вузлами комерційного обліку
- Витрати холодної води для виробництва гарячої води, зокрема промивання теплообмінників і т.д.)
- Витрати холодної води для власних потреб насосних станцій і груп
- Витрат гарячої води в розподільчих мережах
- Втрати гарячої води під час аварій
- Втрати гарячої води для заповнення мережі після ліквідації аварії
- Втрати гарячої води, пов'язані з наявністю невиявлених свищів
- Втрати гарячої води через просочування через закрити арматуру

Рис. 1 – Результати розрахунку витрат та втрат гарячої води, м³ системи централізованого гарячого водопостачання м. Харкова за 2019 рік

**ОЦІНКА ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНОГО
ЗВ'ЯЗУЮЧОГО КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕКРАНУВАННЯ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ**

**EVALUATION OF THE FIRE-RETARDANT PROPERTIES OF AN
ORGANIC BINDER COMPOSITE MATERIAL FOR SHIELDING
ELECTROMAGNETIC FIELDS**

*канд. техн. наук. С.Г. Гузій¹, канд. техн. наук. Т.М. Курська²
канд. техн. наук О.В. Ходаковський³, канд. техн. наук А.М. Ковальчук³
канд. техн. наук. А.А. Чернуха⁴*

¹*Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України (м. Київ),*

²*Державний університет "Одеська політехніка" (м. Одеса).*

³*Національний технічний університет "Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського" (м. Київ)*

⁴*Національний університет цивільного захисту України (м. Харків)*

*S.G. Guzi¹, PhD (Tech.), T.M. Kurska², PhD (Tech.),
O.V. Khodakovskyy³, PhD (Tech.), A.M. Kovalchuk³, PhD (Tech.)
A.A. Chernukha⁴, PhD (Tech.)*

¹*Institute of Macromolecular Chemistry National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)*

²*Odessa Polytechnic State University (Odesa)*

³*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv)*

⁴*National University of Civil Defense of Ukraine (Kharkiv)*

У сучасному світі, поряд із стрімким розвитком технічного прогресу, спостерігається зростання потужностей різноманітних технічних приладів та електронних засобів усередині приміщень і будівель, а також збільшується кількість джерел зовнішніх електромагнітних навантажень з різними частотами випромінювання. Таке нестабільне становище вимагає пошуку нових підходів до захисту людей від електромагнітних полів та випромінювань широкого частотного діапазону та різних амплітуд [1]. Відповідно до наведеного тезису, окрім спеціальних характеристик [2-4], актуальним є питання визначення їх стійкості до дії вогню в момент пожежі. Враховуючи, що в рідких сумішах для екранування електромагнітних полів, в якості зв'язуючої речовини використовуються, окрім ксерогелей і геополімерів [5, 6], й органічні зв'язуючі на основі епоксидних смол та інших [7-9], в даній роботі було визначено групу горючості водно-дисперсійної основи інтумісцентного типу. У якості водно-дисперсійної основи використовували дисперсію СНР 506 (СН-Polymers Oy Finland), наповненої поліфосфатом амонію, пентаеритритом і мелаїном.

Композицію наносили на дерев'яні зразки розмірами 30x60x150 мм товщинами 0,5 і 1 мм, позначення на рис., відповідно, 2 і 1. Визначення групи горючості проводили на установці ОТМ за ГОСТ 12.1.044. Під час проведення

випробувань фіксували максимальний приріст температури газоподібних продуктів горіння та втрату маси зразків.

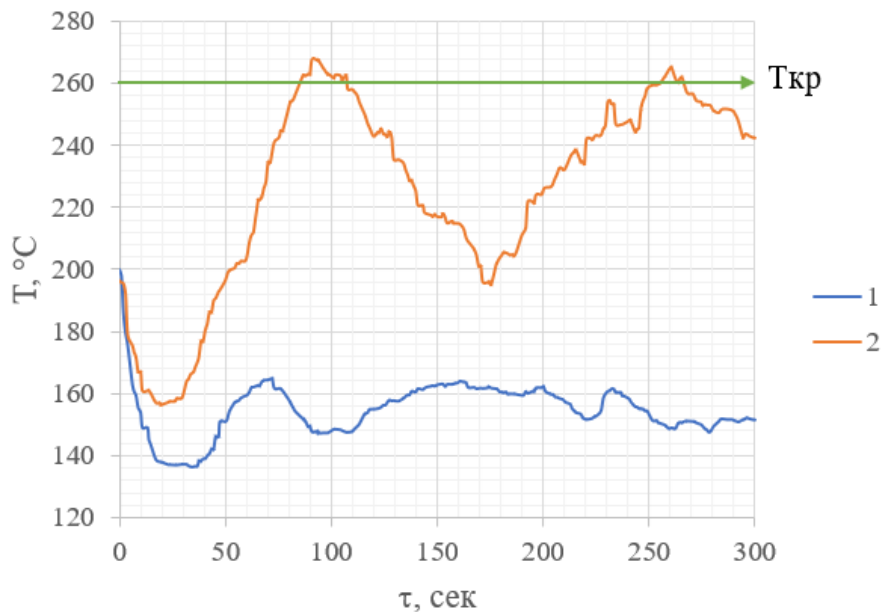


Рис. 1 Динаміка зміни температури димових газів від часу випробувань

Як видно з рисунка, при товщині покриття 0,5 мм температура димових газів перевищує значення критичної в діапазоні 80-110 сек і 250-265 сек, втрата маси становить 5,1 %. При товщині покриття 1 мм, на кривій зміни температури димових газів не помічено перевищень значень критичної температури, при цьому, втрата маси зразків не більше 2,21%. Враховуючи отримані дані, воднодисперсійну основу інтумісцентного типу сумішей для екранування електромагнітних полів можна класифікувати як важкогорючу та важкозаймисту при мінімальному значенні плівки покриття більше за 0,5 мм.

- [1] Панова О.В., Ходаковський О.В. Методологія визначення захисних властивостей електромагнітних екранів та шляхи їх удосконалення. Містобудування та територіальне планування, Вип. №69, 2019. С. 310-319.
- [2] Glyva, V., Bakharev, V., Guzii, S., et all. Design of liquid composite materials for screening electromagnetic fields. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (6 (111)), 2021, pp. 25–31.
- [3] Козловський В.В., Глива В.А., Ходаковський О.В. Захисні властивості електромагнітних екранів на основі залізородного пилу та їх застосування для захисту інформації та людей. Наукоємні технології, Вип. № 3(39), 2018 С. 314-320.
- [4] Белоусова Е.С., и др. Электромагнитные экраны на основе наноструктурированных углеродосодержащих материалов. Минск: Бестпринт, 2017. - 317 с.
- [5] Чернуха А.А., Киреев О.О., Бондаренко С.Н. Исследование огнезащитной эффективности покрытий на основе ксерогелевой композиции. Проблемы пожарной безопасности, Вып №26, 2009. С. 166-171.
- [6] Гузій, С.Г., Курська, Т.М. Особливості реологічних характеристик геополімерних суспензій як основ для розробки покриттів, призначених для поглинання та розсіювання електромагнітних хвиль. Зб. тез міжнар. наук.-техн. конф. Структурування та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій ОДАБА, 2021, С. 21-24.
- [7] Лыньков Л.М., Богуш В.А., Борботько Т.В., Українець Е.А., Колбун Н.В. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения. Доклады БГУИР, №3, 2004. С. 152-167.
- [8] Ходаковський О.В., Амелін М.Ю., Сметанкін С.О. Дослідження впливу парааміноазобензолу на адгезійні властивості епоксидної матриці для захисних покриттів засобів транспорту. Вісник Національного технічного університету ХП. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси, Вип. № 50, 2016. С. 42-46.
- [9] Guzii, S., Kurska, T., Otrosh, Y., Balduk, P., Ivanov, Y. (2021). Features of the organic-mineral intumescent paints structure formation for wooden constructions fire protection. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1162, 012003.

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ НОРМАЛЬНИХ
ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ
ПОЦЕНТРОВОМУ СТИСКУ ІЗ МАЛИМИ
ЕКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ В ПК «ЛІРА САПР»**

**DETAILS OF STRENGTH CALCULATION OF NORMAL CROSS-
SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AT
NONCENTRAL COMPRESSION WITH SMALL ECCENTRICITIES IN SP
“LIRA SAPR”**

*канд. техн. наук Є.А. Дмитренко^{1,2},
канд. техн. наук Ю.В. Гензерський¹,
д-р техн. наук І.А. Яковенко²,
канд. техн. наук Є.А. Бакулін²*

¹ТОВ «ЛІРА САПР», (м. Київ),

²Національний університет біоресурсів і природокористування України (м.Київ)

Ye.A. Dmytrenko^{1,2}, PhD (Tech.),

Yu. V. Genzerskiy¹, PhD (Tech.),

I.A. Yakovenko², Dr.Sc. (Tech.),

Ye.A. Bakulin², PhD (Tech.)

¹LLC “LIRA SAPR” (Kyiv)

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Вступ. В сучасних вітчизняних нормативних документах із проектування залізобетонних конструкцій [1], [2] регламентовано, що розрахунок нормальних перерізів за граничними станами першої групи необхідно виконувати із застосуванням деформаційного методу. З одного боку, в цих нормах чітко наведені вихідні передумови, загальна методика вирішення систем нелінійних рівнянь рівноваги і відповідні рекомендації. Але з іншого боку, недостатньо повно розкриті особливості застосування даної методики у ряді розрахункових випадків, особливо таких, які зустрічаються при її комп'ютерній реалізації у складі сучасних програмних комплексів, зокрема в ПК «ЛІРА САПР» [3]. Так, в чисельних посібниках до норм [4-5] практично не розглянуті випадки напружено-деформованого стану (НДС) нормальних перерізів при позацентровому розтягу [6]. Подібна ситуація виникає також при розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів при позацентровому стиску із малими ексцентриситетами, зокрема методом Вуда [7].

Актуальність. Позацентрово-стиснуті елементи є найбільш розповсюдженими серед залізобетонних конструкцій через те, що вони є найбільш раціональними - відносно висока міцність бетону на стиск використовується повній мірі при опорі силовим і деформаційним впливам. При виконанні комп'ютеризованих скінченно-елементних розрахунків

залізобетонних конструкцій в ПК «ЛПРА САПР» до таких елементів відносяться стержньові (моделюють роботу колон, опорних розкосів, стійок ферм та ін.) та пластинчасті оболонкові скінченні елементи (моделюють роботу діафрагм і стін).

Методика дослідження. Для дослідження вищезазначеної проблеми обраний прямокутний залізобетонний нормальний переріз із подвійним армуванням сталеву стержньову арматурою. При цьому варіювалися класи бетону (від С12/15 до С25/30), висота перерізу. Арматура прийнята класу А400С.

Система нелінійних рівнянь рівноваги, яка описує роботу нормального перерізу при даному НДС змінюється в залежності від форми рівноваги (перша або друга), представлена у ДСТУ [2]. Форма рівноваги зумовлена, перш за все, значенням ексцентриситету прикладання стискаючої сили відносно нейтральної вісі, а також геометричними параметрами перерізу, інтенсивністю його армування, співвідношенням площ верхнього і нижнього армування і т.д.

Ітераційний метод вирішення систем рівнянь рівноваги – метод простої ітерації, запропонований в дод. А, ДСТУ [2].

Висновки. При розрахунках за міцністю нормальних перерізів за допомогою методики ДБН / ДСТУ[1, 2] при позацентровому стиску із малими ексцентриситетами рівновага при максимальних значеннях поздовжньої деформації стиснутої фібри ε_{cu} може бути знайдена не завжди. Після певного значення ексцентриситету прикладання стискаючого зусилля e_0 і при його подальшому зменшенні рівновага встановлюється при деформаціях більш стиснутих волокон, менших за ε_{cu} . При цьому зменшується значення несучої здатності перерізу N_{int} , яка з інженерної точки зору має збільшуватись при переході до НДС умовного центрального стиску. Альтернативним варіантом при цьому є перехід до області визначення міцності за методом граничних зусиль, який був прийнятий за основний у попередніх будівельних нормах [8].

[1] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний з 2011-07-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).

[2] Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).

[3] Varabash M. S. Some aspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete / M. Varabash // *Strength of Materials and Theory of Structures*. – 2018. – № 100. – P. 164-171.

[4] Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с.

[5] Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) / В. М. Бабаєв, А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін.; за заг. ред. В.С. Шмуклера. – Харків : Золоті сторінки, 2015. – 208 с.

[6] Яковенко І.А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів позацентрово-розтягнутих залізобетонних конструкцій із малими ексцентриситетами / І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко, О.А. Фесенко // *Наука та будівництво*. – К. : НДІБК, 2020. - Вип. 4(26)'. – С.15-25.

[7] Shin Myoungsu. Twisting moments in two-way slab / Myoungsu Shin, Allan Bommer, James B. Deaton, Bulent N. Alemdar // *Concrete International*. 2009. Vol. 78, pp. 35-40.

[8] Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01–84*. – [Введены в действие с 1986–01–01]. – М. : ЦТИП Госстроя СССР, 1989. – 88 с. – (Строительные нормы и правила).

**ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НА ОСНОВІ
ДВОРІВНЕВОЇ ОЦІНКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ**

**ACCIDENT PREVENTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES BASED
ON A TWO-LEVEL ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF
STRUCTURES**

канд. техн. наук О.О. Довженко¹,

канд. техн. наук В.В. Погрібний¹,

д-р техн. наук Є.В. Клименко², канд. техн. наук О.Г. Фенко¹

¹*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)*

²*Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

O.O. Dovzhenko¹, PhD (Tech.), V.V. Pohribnyi¹, PhD (Tech.),

Ye.V. Klymenko², Dr.Sc. (Tech.), O.G. Fenko¹, PhD (Tech.)

¹*National University Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic (Poltava)*

²*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa)*

При тривалій експлуатації будівель і споруд фізичний знос конструкцій призводить до суттєвого зниження їх несучої здатності. Питання попередження аварій будівельних об'єктів та конструктивної безпеки набувають визначальне значення [1]. Обрушення конструкцій створює загрозу здоров'ю і життю людей та приводить до негативного впливу на довкілля. Для своєчасного застосування заходів щодо збереження будівель і споруд при зниженні несучої здатності конструкцій необхідно обґрунтовано визначити їх технічний стан, який передбачає відповідний перелік заходів з виведення із небезпечної ситуації. У формулюванні характеристик технічного стану не придатного до нормальної експлуатації та аварійного відсутні чіткі кількісні критерії встановлення рівня незабезпеченості несучої здатності.

Характеристики категорій технічного стану конструкцій «неможливість гарантувати цілісність конструкції» та «можливість забезпечення цілісності» [2] перекладають вибір категорії стану на інтуїцію фахівця, котрий проводить обстеження. Однак навіть за наявності досвіду та кваліфікації, фахівець може помилитися в оцінюванні рівня небезпеки ситуації. Класифікаційні натурні ознаки технічного стану при зниженні несучої здатності конструкцій для цілого ряду випадків також не визначають його однозначно. Вказане перешкоджає встановленню переліку найбільш ефективних заходів, відповідних фактичному технічному стану.

Метою даного дослідження є встановлення чіткої межі між не придатним до нормальної експлуатації та аварійним станами на основні дворівневого оцінювання несучої здатності, надання пропозицій щодо послідовності виведення конструкцій із аварійних ситуацій та попередження аварій будівель і споруд.

При незабезпеченості несучої здатності на дію повного навантаження (перший рівень незабезпеченості), але її забезпеченості на дію постійного навантаження та можливості гарантувати цілісність конструкції, технічний стан конструкції пропонується визначається як непридатний до нормальної експлуатації.

За тривалої експлуатації будівель і споруд можливо виникнення ситуацій, коли навіть зупинення використання об'єктів та відсутність змінного навантаження не гарантує цілісність конструкцій і можливе їх руйнування – технічний стан аварійний.

Послідовність виведення конструкцій із аварійного стану, за котрого несуча здатність незабезпечена на дію лише постійного навантаження (другий рівень незабезпеченості), пропонується наступна:

- в першу чергу знижуються навантаження шляхом виключення його змінної складової і корегується розрахункова схема конструкції для перерозподілу силових параметрів (зниження величини згинальних моментів, поперечних або поздовжніх сил в найбільш напружених областях конструкцій) до рівня, при якому несуча здатність на дію лише постійного навантаження забезпечена;

- у другу чергу підвищуються значення граничних зусиль, котрі сприймаються несучими елементами конструктивних систем будівель і споруд шляхом їх підсиленням.

В разі забезпечення несучої здатності конструктивних елементів лише на дію постійного навантаження, при можливості гарантувати їх цілісність, для збереження об'єктів ефективними є заходи з підвищення несучої здатності шляхом підсилення конструкції. При цього обов'язковою умовою є забезпечення сумісної роботи елементів підсилення з існуючими конструкціями.

Таким чином, для обґрунтування застосування заходів щодо збереження об'єктів за умови зниження несучої здатності конструкцій запропоновано встановлювати два рівня незабезпеченості несучої здатності: на дію повного навантаження і без врахування змінного навантаження, яке при припиненні експлуатації можливо виключити та виконувати заходи щодо підвищення експлуатаційної придатності, відповідні визначеному технічному стану конструкцій [3].

Для уточненої оцінки несучої здатності конструкцій пропонується використовувати екстремальні критерії потужності деформацій та варіаційне обчислення [4].

[1] ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К.: Мінрегіон України, 2018. 30 с.

[2] ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с.

[3] ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. К.: Мінрегіон України, 2016. 68 с.

[4] Pohribnyi V., Dovzhenko O., Maliyana O. The ideal plasticity theory usage peculiarities to concrete and reinforced concrete. International Journal of Engineering & Technology International Journal of Engineering & Technology, 7 (3.2), 2018. P. 19-26.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІРНО-ІН'ЄКЦІЙНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ГЛИНИСТИХ ҐРУНТІВ

RESEARCH OF PRESSURE-INJECTION COMPACTION OF CLAYEY SOILS

*д-р техн. наук П.М. Должиков, канд. техн. наук В.А. Александрович¹,
канд. техн. наук Ю.І. Кобзар¹, О.В. Гаврилюк¹*

¹*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

*P.M. Dolzhikov, Dr.Sc. (Tech.), V.A. Aleksandrovych¹, PhD (Tech.),
Y.I. Kobzar PhD (Tech.), O.V. Havryliuk*

¹*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Напірна ін'єкція розчину, що містить цемент, сприяє формуванню в ґрунті різнонаправлених каналів гідророзриву. У результаті цього в ґрунті утворюється система з ін'єкційної труби, цементних розширень і ущільненого ґрунту між ними. Ця геомеханічна система працює як єдина. Тому по методу впливу на ґрунт даний спосіб є комбінованим: армування й ущільнення [1].

Вивчення ущільнення водонасичених глинистих ґрунтів виконувалися в модернізованому приладі стандартного ущільнення. Дослідження проводилися на зразках суглинку з об'ємною масою скелету ґрунту в природньому складанні $\gamma_{ск} = 1,55 - 2,0 \text{ г/см}^3$, вологістю на границі розкочування $W_p = 0,14 - 0,22$, вологістю на границі текучості $W_L = 0,26 - 0,34$. Результати компресійних досліджень ущільнених зразків різного стану наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Результати компресійних випробувань ґрунтів

№ зразка.	$\gamma_{ск}$, г/см ³	W, д.од	G, д.од	e, д.од	a, МПа ⁻¹	E, МПа	
						до ущільн.	після ущільн.
1	1.85	0.15	0.89	0.2	0.079	8.9	12.1
2	1.55	0.20	0.88	0.3	0.078	9.4	12.9
3	1.57	0.20	0.72	0.29	0.080	4.9	9.1
4	1.57	0.21	0.83	0.3	0.028	37.1	41.2
5	1.55	0.21	0.83	0.28	0.082	8.8	14.6

Аналіз отриманих результатів показує, що відносно стискування ущільнених водонасичених глинистих ґрунтів починаючи з тиску 0,1-0,15 МПа зменшується в 1, 5-2 рази. У деяких випадках зниження відносного стискування ущільнених глинистих ґрунтів спостерігається з перших ступенів навантаження. Можна вважати, що під впливом ущільнення у водонасиченому глинистому ґрунті утворюються нові структурні зв'язки, у результаті чого підвищується опір стискування при перших ступенях навантаження, тобто при ущільненні водонасиченого глинистого ґрунту формується нова структурна міцність. Як впливає із аналізу табл.1, відбувається

збільшення значення модуля деформації ущільнених зразків суглинку в порівнянні з вихідними в 1,3-1,8 рази.

Випробування по визначенню опору ґрунту зрушенню проводилися в зсувних приладах за схемою повільного зрушення в умовах завершеної консолідації з попереднім ущільненням ґрунтів, яке здійснювалося тиском 0,1 - 0,3 МПа при повному водонасиченні зразків. Згідно з отриманими даними зчеплення c , ущільненого водонасиченого глинистого ґрунту, збільшилося в 1,45-2,0 рази, кут внутрішнього тертя - на 2-3⁰. Наприклад, для зразків ґрунту з вологістю $W=0,2$ і вихідною величиною $\gamma_{ск}=1,55\text{г/см}^3$ величина c зросла з 0,0275 МПа до 0,0325 МПа, а величина ϕ з 26,5⁰ до 29⁰.

Математическая обробка результатів експериментів виконувалася за допомогою регресійного аналізу з використанням програмних комплексів для персональних комп'ютерів Microsoft®excel і Mathcad® 14. У результаті чого було встановлено, що емпіричні залежності найбільше адекватно описуються лінійним трендом виду $y = k \cdot x + b$.

Таблиця 2 - Емпіричні параметри до визначення зсувних властивостей ґрунту

Стан	Емпіричний параметр		
	k	b	Коефіцієнт кореляції, r
До ущільнення	3,70	1,00	0,73
Після ущільнення	1,65	0,52	0,86

Залежності відносного стискування зразків ґрунту ε від тиску P за результатами компресійних випробувань найбільше адекватно описуються ступеневою функцією виду $\varepsilon = a \cdot P^b$.

Емпіричні параметри a й b для залежностей наведені в табл.3.

Таблиця 3 - Емпіричні параметри функції відносного стискування ґрунту від тиску

Зразки ґрунту	Емпіричний параметр					
	До ущільнення			Після ущільнення		
	a	b	r	a	b	r
№1	0,11	0,41	0,95	0,08	0,46	0,96
№2	0,34	0,97	0,96	0,15	0,81	0,98
№3	0,44	0,69	0,97	0,22	0,47	0,96
№4	0,13	0,39	0,98	0,37	1,35	0,92

Таким чином, експериментально доведена ступінь ущільнення глинистих ґрунтів навколо труб буро-ін'єкційних паль. Встановлено, що навіть при незначних напругах (0,3 – 0,5 МПа) деформаційно-міцнісні властивості ґрунту навколо труб поліпшуються в 1,5-2 рази, що дозволяє при проектуванні робіт з посилення основ фундаментів зменшити кількість паль в 3-4 рази, при цьому несуча здатність палі збільшується в 2-3 рази.

[1] Должиков П.М., Збицкая В.В. Буро-ін'єкційна технологія зміцнення основ фундаментів. Монографія.- Ростову-на-Дону: ТОВ «Дгту-Принт», 2019. -174с.

[2] Комплексний метод тампонажу при будівництві шахт: Учбов.посібник / Е.Я. Кіпко, П.М. Должиков, Н.А. Дудля й ін. – 2-е вид., – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004.- 415 с.

[3] Должиков П.М., Збицкая В.В. Аналітичне дослідження несучої здатності буро-ін'єкційної палі.//Зб. наук. праць ДонДТУ. Вип. (1) 42 Алчевськ: ІПЦ «Ладо». 2014.-С. 117-121.

ВІБРАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗБІРНЕ ЗАЛІЗОБЕТОННЕ ПЕРЕКРИТТЯ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ

THE VIBRATORY LOAD AND ITS INFLUENCE ON THE PRECAST CONCRETE FLOOR OF INDUSTRIAL BUILDING

*канд. техн. наук Б.М. Ільницький, канд. техн. наук А.П. Крамарчук,
канд. техн. наук О.Я. Литвиняк, канд. техн. наук Т.В.Бобало
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*B.M. Ilytskyu, PhD (Tech.), A.P. Kramarchuk, PhD (Tech.),
O.Ya. Lytvyniak, PhD (Tech.), T.V.Bobalo, PhD (Tech.)
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

За весь період своєї експлуатації, залізобетонні перекриття, у залежності від свого призначення, піддаються різноманітним впливам. Небезпечний вплив на конструкції перекриття спричиняють знакозмінні напруження, тобто вібраційні, які викликають їх втомне руйнування. Варто відзначити, що найнебезпечніший вплив мають вібраційні навантаження за умов резонансу [1, 2].

Відповідно, було проведено дослідження впливу вібраційного навантаження на перекриття промислової будівлі швейного виробництва (рис. 1).

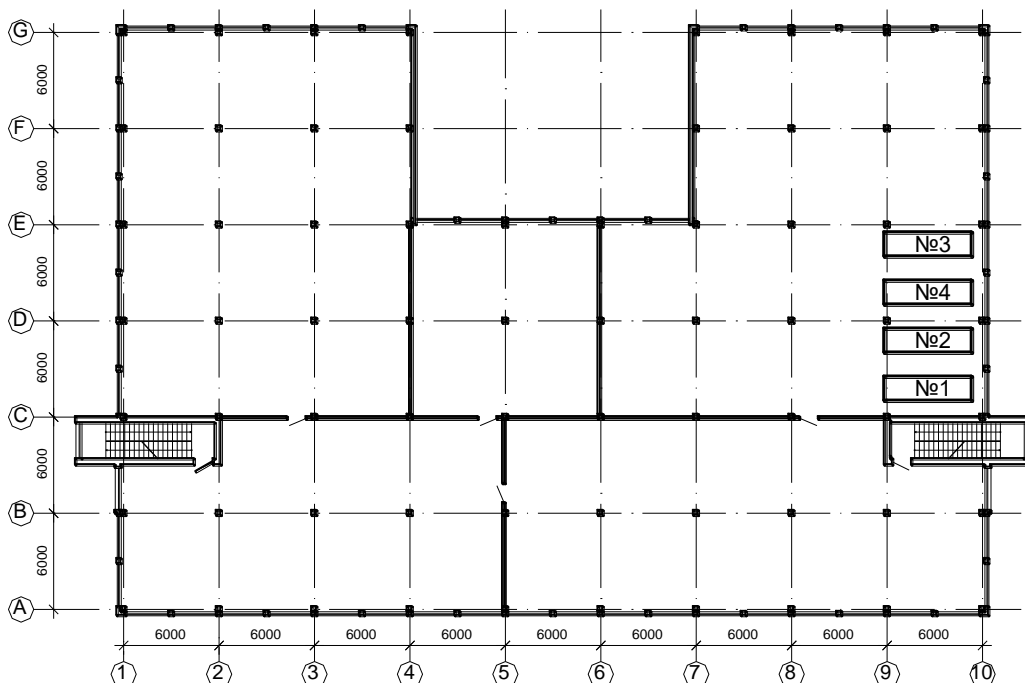


Рис. 1 План-схема третього поверху з розміщенням швейного обладнання
(вишивальних машин):

1, 2, 3, 4 - порядковий номер та розміщення вишивальних машин

Джерелом вібраційного навантаження на перекриття (збірно-залізобетонні

плити з круглими порожнинами) є вишивальні машини, швейні голки яких працюють із різною частотою ударів, що відповідно спричиняє різну амплітуду коливань перекриття.

Оскільки, найбільшу шкоду для конструкції перекриття спричиняють вібраційні навантаження за умов резонансу, були здійснені експериментальні дослідження із визначення резонансних коливань перекриття під час роботи чотирьох вишивальних машин за допомогою віброметра VM-6380 [3].

В результаті проведених досліджень були отримані такі дані [4]:

- під час роботи машини №1: амплітуда коливань перекриття поблизу машини досягала 0,1 мм та резонансні частоти складали 870...1 000 ударів на хвилину;

- при роботі машини №2: амплітуда коливань перекриття поблизу машини досягала 0,08 мм та резонансні частоти складали 790...880 ударів на хвилину;

- при роботі машини №3: амплітуда коливань перекриття поблизу машини досягала 0,1 мм та резонансні частоти складали 730...1 000 ударів на хвилину;

- при роботі машини №4: амплітуда коливань перекриття поблизу машини досягала 0,11 мм та резонансні частоти складали 670...1 000 ударів на хвилину.

Для оцінки отриманих експериментальних результатів додатково проводили теоретичний розрахунок динамічної складової навантаження від вишивальних машин із врахуванням геометричних розмірів цих машин, кількості голок, їх маси, амплітуди руху голки та синхронної роботи цих голок.

Отже, згинальний момент у плиті від постійного навантаження становив 3704 кН х м, а згинальний момент від вишивальної машини - 705 кН х м (від статичного навантаження) та 188 кН х м (від динамічної складової). Також, додатково визначали частоту власних коливань перекриття за першою формою, яка становила 6,62 Гц. Дана розрахована частота відповідає робочому діапазону вишивальної машини, яка рівна 794,4 ударам за хвилину. Отже, явище резонансу є можливе у більшій частині робочого діапазону частот прикладення навантаження від вишивальних машин [4].

Приймаючи до уваги проведені теоретичні та експериментальні дослідження були встановлені можливі заходи із нівелювання резонансних коливань перекриття:

1) зміна місця розташування вишивальних машин, тобто встановлення їх на першому поверсі над підвалом;

2) встановлення частоти роботи вишивальних машин не більше 650 ударів на хвилину;

3) улаштування додаткових резонаторів-перетворювачів.

[1] C. Scheffer, P. Girdhar, Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, Elsevier, Amsterdam, 2004.

[2] Genta G 1995 Vibration of Structures and Machines: Practical Aspects 2nd ed. (New York: Springer-Verlag) p 474

[3] 3-Axis Vibration Tester. Instruction and Maintenance Manual (<https://interscientific.com.au/Silverado%20VM-68%20%203-Axis%20Vibration%20Tester%20Manual.pdf>)

[4] Ільницький Б.М. Вплив вібраційного навантаження від швейного обладнання на несучі конструкції збірною залізобетонного перекриття промислової будівлі / Б.М. Ільницький, А.П. Крамарчук, Т.В. Бобало, О.Я. Литвиняк // Актуальні проблеми інженерної механіки : тези доповідей VII Міжнародної конференції, Одеса, 12–15 травня 2020 р. – 2020. – С. 223–225.

**ОПІР ЦЕГЛЯНИХ СТОВПІВ ЦЕНТРАЛЬНОМУ Й
ПОЗАЦЕНТРОВОМУ СТИСКУ**

**THE RESISTANCE OF BRICK PILLARS TO CENTRAL
AND OFF-CENTER COMPRESSION**

д-р техн. наук О.В. Кічаєва

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова (м. Харків)*

O.V. Kichaieva, Dr.Sc. (Tech.)

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

Матеріал присвячений аналізу результатів експериментальних досліджень опору цегляних стовпів центральному і позацентровому стиску. Метою експериментальних досліджень було виявлення якісної картини деформування і характеру вичерпання несної здатності цегляних стовпів при різних видах навантаження та вивчення залежності величини діючих напруг при центральному і позацентровому стиску на утворення тріщин, а також дослідження зміни коефіцієнта Пуассона цегляної кладки стовпів. Також важливим було виявлення структури і фаз деформування і руйнування цегляної кладки та побудування залежностей «навантаження – деформація», які відповідають процесу деформування й руйнування цегляної кладки під зростаючим навантаженням [1, 2].

Випробуванням були піддані цегляні стовпи з силікатної цегли марки 100 перерізом 380 x 380 мм, висотою 1,2 м. Всього було випробувано вісім зразків, виконаних аналогічно; три стовпи піддавалися центральному навантаженню, а п'ять – позацентровому. Навантаження прикладалися ступенями по 2,0 т та 5,0 т, фіксувалося руйнівне навантаження та навантаження тріщиноутворення; вимірювання деформацій виконувалися до руйнування зразка. Графіки залежності відносних деформацій від ступенів навантаження « $\varepsilon - N/N_u$ » для центрально стиснутих стовпів показані на рис. 1а, для позацентрово стиснутих - на рис. 1б (N – величина навантаження, що прикладається, N_u – навантаження руйнування). Також були побудовані графіки залежності значень коефіцієнта Пуассона кам'яної кладки від рівня стискальних напруг (ступенів навантаження) – рис. 2. На рис. 3 показана експериментальна залежність « $\sigma - \varepsilon$ » для цегляної кладки центрально та позацентрово стиснутих стовпів.

У результаті експериментальних досліджень роботи цегляних стовпів під навантаженням можна виділити наступні фази деформування: 1) фаза пружного деформування зразка, де зазначена залежність близька до лінійної; 2) фаза пластичного деформування у вигляді нелінійної залежності «навантаження – деформація». Оскільки інтервал навантаження для різних цегляних конструкцій різний, то за критерій межі між першою і другою фазою можемо прийняти співвідношення N/N_u . При близьких механічних характеристиках цегли і розчину

рівень навантаження, при якому починається фаза пластичних деформацій, знаходиться в діапазоні $0,5-0,6 N/N_u$. Також з'ясовано, що механізмом руйнування в даному випадку є роздроблення основних матеріалів кладки (цегли або розчину). Визначено, що коефіцієнт Пуассона для цегляної кладки, стиснутої в напрямку, перпендикулярному до горизонтальних швів, залежить від рівня напружень та особливостей прикладення навантаження. У разі центрального стиску $\nu = 0,01 \dots 0,42$, у разі позацентрального стиску $\nu = 0,012 \dots 0,28$.

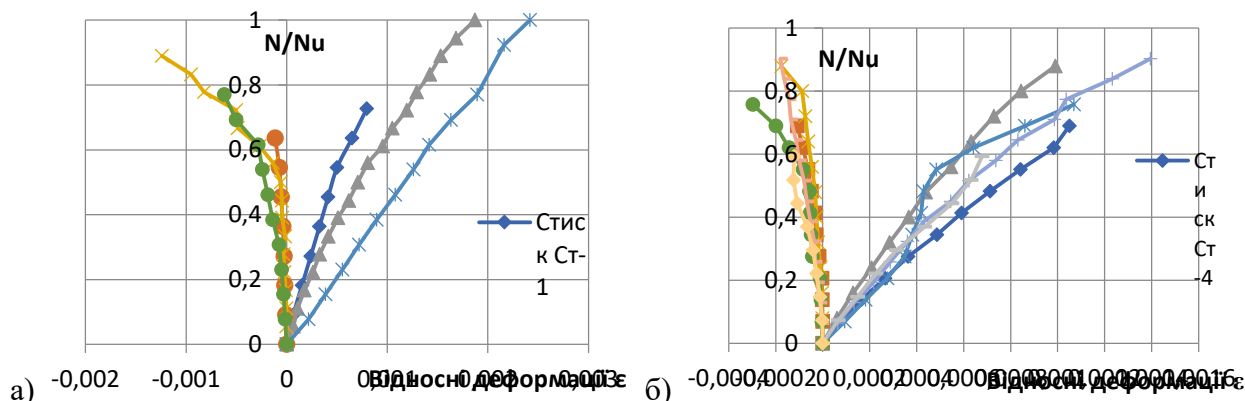


Рис.1 Графіки залежності відносних деформацій від ступенів навантаження « $\epsilon - N/N_u$ » для центрально стиснутих стовпів (а) і позацентрально стиснутих стовпів (б)

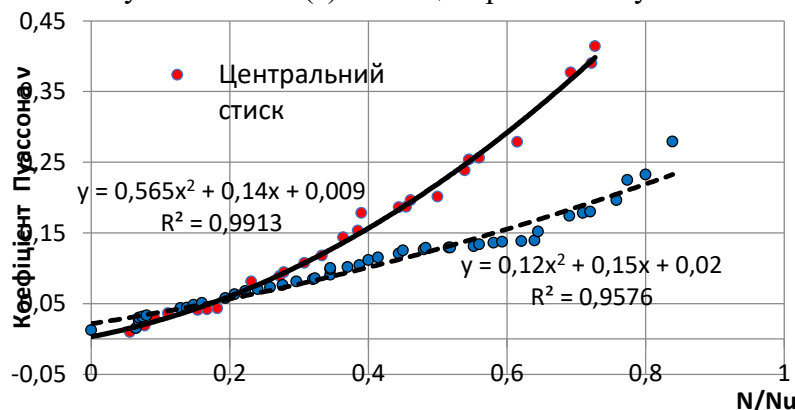


Рис.2 Графіки залежності значень коефіцієнта Пуассона кам'яної кладки від рівня стискальних напруг (ступенів навантаження) для випадків центрального та позацентрального стиску

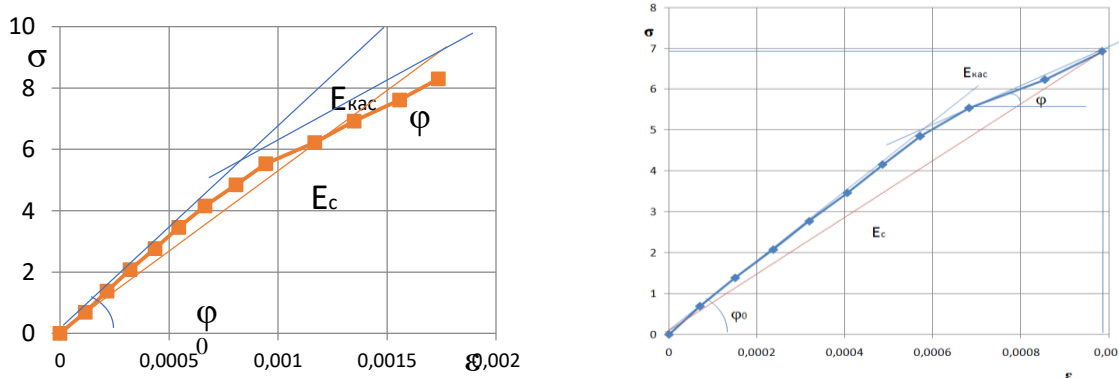


Рис.3 Залежність « $\sigma - \epsilon$ » для цегляної кладки: а) центрально-стиснутих стовпів; б) позацентрально навантажених цегляних стовпів

[1] Ramm W. Design of Masonry Structures According Eurocode 6. Technical University of Kaiserslautern. 136 p.
 [2] Maier, G., Nappi, A., Papa, E. (1991). "On damage and failure of brick masonry." In: *Experimental and numerical methods in earthquake engineering*, Balkema, Brussels, 223-245.
 [3] ДБН В.2.6-162:2010 Державні будівельні норми України. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. К. Мінрегіонбуд України, 2011. 97 с.

**МЕТОДИКА ТА ОБЛАДНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ
ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАВІЙНОЇ ЗАСИПКИ У
МАСЛОПРИЙМАЧІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ**

**METHODS AND EQUIPMENT OF EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE
SUBSTANTIATION OF MINIMUM GEOMETRIC PARAMETERS OF
GRAVEL FILLING OIL RECEIVER IN A TRANSFORMER STATION**

*Р.В.Климась¹, д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Ніжник¹,
канд. техн. наук Я.В. Балло¹*

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ)

*R. V. Klymas¹, V. Nizhnyk¹, Dr.Sc. (Tech.),
Ya. Ballo¹, PhD (Tech.)*

¹Institute of Public Administration and Research in Civil Protection (Kyiv)

Статистичні дані про пожежі свідчать, що в Україні 50% від пожеж в енергетичній галузі припадають на трансформаторне обладнання [1]. Для прикладу, в Російській Федерації питома вага пожеж на трансформаторних підстанціях складає 36,5% від кількості пожеж на об'єктах електроенергетичного комплексу [2]. Як правило, такі пожежі супроводжуються аварійним виливом масла із трансформатора та його загорянням.

Сутність методу експериментальних досліджень полягає у виявленні закономірностей зниження температури горіння трансформаторного масла до температури нижче температури спалаху в залежності від геометричних параметрів гравійної засипки маслоприймача під час зливання масла в аварійну ємкість (маслозбірник).

Проведення експериментальних досліджень забезпечувалося засобами виміральної техніки, які наведено на схемі дослідного стенду на рис. 1.

Експеримент імітує аварійну ситуацію у трансформаторі за підвищення температури масла до аварійного значення ($T_{\text{самозаймання}} > 270^{\circ}\text{C}$), його розгерметизацію з подальшим виливом масла у маслоприймач із послідуєчим загорянням масла. Враховуючи, що відповідно до [3] трансформаторне масло є горючою рідиною, до проведення експерименту показники його пожежної небезпеки було конкретизовано шляхом проведення випробувань згідно з ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація, у результаті чого з'ясовано, що $T_{\text{спалаху}}$ зразку трансформаторного масла типу Nuro 11GX, який використовувався в дослідженнях, складає 150°C . Це дозволило визначити діапазон зміни значень температури трансформаторного масла: від аварійного значення до нижчої за $T_{\text{спалаху}}$ шляхом його охолодження, проходженням у маслоприймачі гравійною засипкою (вогнезагорювачем).

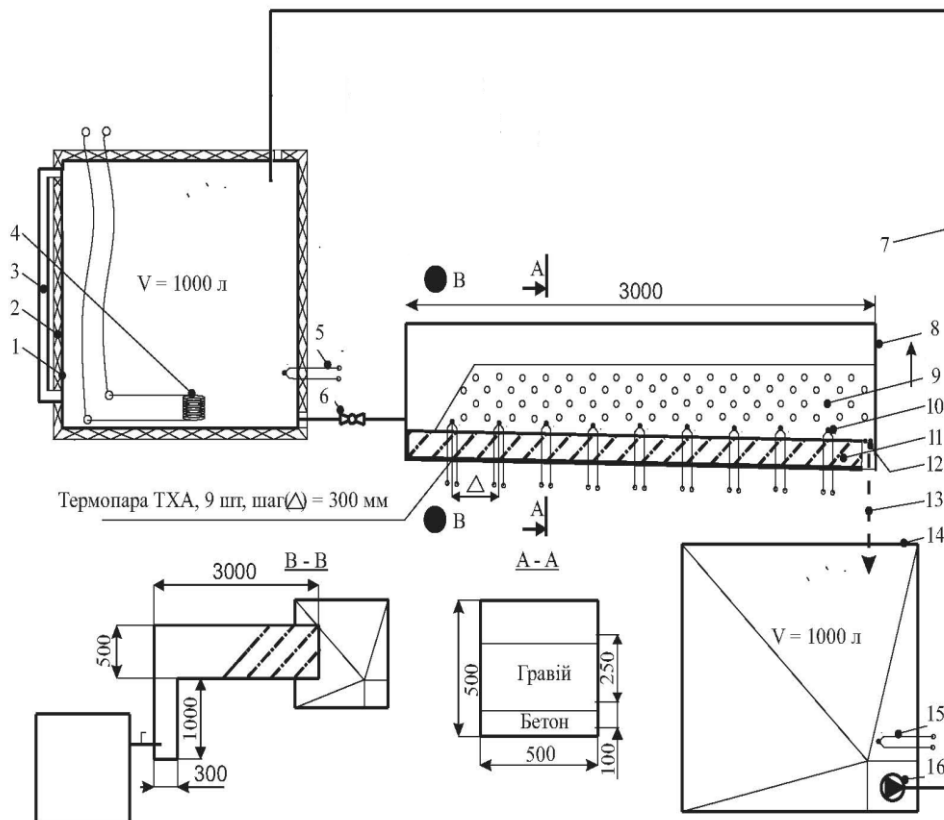


Рис. 1 Схема дослідного стенду

1 – корпус ємності для масла; 2 – теплоізоляція; 3 – кварцова трубка для візуального контролю рівня масла; 4 – ТЕН; 5 – термопара; 6 – шаровий кран; 7 – з’єднувальна арматура; 8 – корпус маслоприймача; 9 – гравійна засипка; 10 – термопари; 11 – бетон; 12 – сітка; 13 – траєкторія зливання масла в аварійну ємність; 14 – корпус аварійної ємності; 15 – термопара; 16 – шестеренчастий насос

Представлена методика експериментальних досліджень обґрунтування мінімальних геометричних параметрів гравійної засипки у маслоприймачі трансформаторної підстанції дає змогу визначити зміни температури трансформаторного масла та такі параметри гравійної засипки у маслоприймачі, за яких на виході трансформаторного масла з неї в отвір зливу масла в аварійну ємність процес горіння відсутній, а температура масла є нижчою за температуру спалаху у 150°C.

У подальшому передбачається провести оцінювання отриманих результатів представлених експериментальних досліджень, що буде предметом наступної роботи.

[1]. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013-2016 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За заг. ред. В.С. Кропивницького. К.: УкрНДІЦЗ, 2018. 100 с.

[2]. Варнакова Д.А. Тушение пожаров на трансформаторных подстанциях. Научный Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». М.: Академия ГПС МЧС России, вып. № 6 (70), 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.academygps.ucoz.ru/ttb/2016-6/2016-6.html>.

[3]. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах; кн. 1. М.: Химия, 1990. 496 с.

**ЗАСТОСУВАННЯ ХОЛОДОАКУМУЛЯТОРІВ В СИСТЕМАХ
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БУДІВЕЛЬ НА
ЗАЛІЗНИЧНОМУТРАНСПОРТІ**

**APPLICATION OF COLD ACCUMULATORS IN AIR CONDITIONING
SYSTEMS OF BUILDINGS ON RAILWAY TRANSPORT**

*д-р техн. наук В.В. Клименко¹,
канд. техн. наук О.В. Скрипник¹,*

канд. техн. наук В.В. Свяцький¹, д-р техн. наук В.В. Братішко²

¹Центральноукраїнський національний технічний університет (м. Кропивницький)

²Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

*V.V. Klymenko¹, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Skrypnik¹, PhD (Tech.),
V.V. Sviatskyi¹, PhD (Tech.), V.V. Bratishko², Dr.Sc. (Tech.)*

¹Central Ukrainian National Technical University (Kropyvnytskyi)

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Залізничний транспорт (ЗТ) є однією з важливих галузей економіки України, покликаний задовольняти потреби суспільства в перевезеннях.

Збитковість залізничних пасажирських перевезень у всіх видах сполучень спонукають залізниці до пошуку нових форм співпраці з пасажирями через пропонування їм широкого асортименту сервісних послуг, які підвищують комфортність ЗТ та умови перебування пасажирів в приміщеннях споруд .

Забезпечення комфортності клімату на залізничних вокзалах, готелях, виробничих приміщеннях неможливе без систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря [1]. Перераховані споруди мають великий об'єм приміщень і, як правило, для створення в них відповідного мікроклімату доцільно застосовувати системи кондиціонування повітря (СКП) з єдиним централізованим блоком. Одним з основних вузлів таких СКП є парокомпресійні холодильні машини (ХМ), в яких часто використовуються конденсатори повітряного охолодження [2]. Для того щоб правильно підібрати ХМ необхідно розрахувати теплонадходження в приміщення, які вона повинна компенсувати. При розрахунку навантаження ХМ враховуються такі головні джерела надходження тепла в приміщеннях: від сонячної радіації, а при використанні електричного освітлення також і від штучного світла; від людей, які знаходяться в приміщеннях; обладнання; побутової техніки. У більшості випадків теплонадходження від сонячної радіації, людей та від обладнання складають лівову частку всього тепла, яке надходить в приміщення. В першому наближенні середні теплонавантаження від сонячної радіації, які залежать від площі і розташування вікон, можна прийняти 30 – 40 Вт/м³, від штучного освітлення 25 – 30 Вт/м³; від людей, які знаходяться в приміщенні, залежно від роду їх діяльності – 120 Вт (відпочинок в сидячому положенні) – 440 Вт (важка робота);

від офісного обладнання приймаються в розмірі 30 % від споживаної потужності [2, 3]. Разом з тим, при підборі холодильної машини необхідно також враховувати так звані «пікові» навантаження. В СКП «пікові» навантаження виникають в літній час, коли зовнішні (температура навколишнього середовища, активність сонячної радіації) і внутрішні (кількість людей і працюючого обладнання) фактори в певний час доби визначають величину теплонавантажень, яка може перевищувати «середнє» навантаження в декілька разів [4].

Відомо, що ~ 70 % пасажиропотоку на основних маршрутах залізниць України припадає на приміські перевезення, які характеризуються суттєвою нерівномірністю. Наприклад, за результатами дослідження динаміки відправлення пасажирів у приміському сполученні Фастівському напрямку ст. Київ-Пасажирський кількість пасажирів за годину в інтервалі 17 – 18,5 год. в 2,7 рази більша, ніж в інтервалі з 5 – 16,5 год [5]. Також необхідно враховувати, що в нічний період доби приміські перевезення практично не здійснюються і в цей же час зменшується температура навколишнього середовища та теплонавантаження від офісного обладнання, а також відсутній вплив сонячної радіації

Це обґрунтовує доцільність використання в системах кондиціонування повітря приміщень залізничного транспорту холодоакумуляторів. Наявність акумулятора дозволить накопичувати холод у зручний час доби: як правило вночі, та оптимально використовувати його в інші періоди доби, зокрема при «пікових» навантаженнях. В результаті знижується установлена потужність обладнання (капітальні вкладення), холодильна машина працює в рівномірному режимі (зменшення зносу). Акумуляування холоду в нічний час доби дає можливість ефективно використовувати систему тарифікації електроенергії (експлуатаційні витрати) і працювати при більш низькій температурі конденсації холодоагенту.

Нами пропонується в СКП приміщень залізничного транспорту, зокрема на залізничних вокзалах, використовувати парокмпресійну ХМ з газогідратним холодоакумулятором, що дозволить зменшити потужність устаткованого обладнання на 30...50 %, а також забезпечить зменшення добового споживання електроенергії на 8...12 % [6].

[1] Колесникова Т. О., Помінова О. В., Колесников С. Р. Розвиток напрямку «Кондиціонування повітря» на залізничному транспорті: наукометричний аспект. / Наука та прогрес транспорту // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. - 2016. - № 3 (63). - С. 7 – 19.

[2] Братута Е.Г. Кондиціонування та вентиляція повітря [Текст]: текст лекцій /Е. Г. Братута, А. М. Ганжа, О. В. Круглякова, В. В. Чубарова - Харків: НТУ «ХП», 2009. – 128 с.

[3] http://kt-1.if.ua/publ/kondicionuvannja/raschet_moshhnosti_kondicionera/2-1-0-2

[4] Зимин А. В. Системы аккумуляции холода с использованием бинарного льда // Холодильная техника. – 2015. – № 51(4). – С. 17 – 20.

[5] Габа В.В., Грушевська Т. М. Організаційні і технологічні фактори формування попиту на залізничні приміські пасажирські перевезення / Автошляховик України – 2017. – №1 – 2 – С. 249 – 250.

[6] Клименко В. В. Термодинамический анализ холодильных установок с аккумуляторами холода / В. В. Клименко, В. Н. Корниенко // Холодильная техника. – 1994. – № 6. – С. 13 – 15.

**НАПРУЖЕНИЙ СТАН КОМПОЗИТНИХ ТОНКОСТІННИХ
ПРОФІЛІВ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ
НАВАНТАЖЕННЯХ**

**STRESS STATE OF THIN-WALLED COMPOSITE SECTIONS
UNDER TEMPERATURE AND TECHNOLOGICAL IMPACTS**

*д-р техн. наук А.В. Кондратьєв¹, канд. техн. наук І.М. Тараненко²,
А.А. Царіцинський², канд. техн. наук Т.П. Набокін²,*
¹*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (м. Харків)*
²*Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут» (м. Харків)*

*А. Kondratiev¹, Dr.Sc. (Tech.), I. Taranenko², PhD (Tech.),
A. Tsaritsynskyi², T. Nabokina², PhD (Tech.)*
¹*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)*
²*National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute” (Kharkiv)*

У промисловому і цивільному будівництві, транспортному машинобудуванні, при відновленні споруд на залізних і автомобільних дорогах широко використовуються стрижневі системи. В даний час в таких системах все ширше використовуються полімерні композиційні матеріали (ПКМ) [1]. Отримані таким чином композитні стрижневі системи зі структурою, адаптованої до напружено-деформованому стану, можуть при збереженні показників міцності та жорсткості мати на 30-40% меншу вартість і матеріаломісткість [2]. Для розрахунку і проектування композитних стрижневих систем необхідне узагальнення традиційних методів розрахунку тонкостінних стрижнів [3]. У процесі виготовлення композитних виробів через наявність температурних та усадкових явищ у довгомірних елементах виникає складний згинально-крутильний стан, що спричиняє значні напруження та переміщення точок контуру перерізу [4, 5]. Тому після виготовлення силовий елемент не відповідає конструкторському кресленню та виявляється додатково навантаженим, тому проблема прогнозування та зниження ступеня жолоблення контуру стрижнів є особливо актуальною. Експериментальні дослідження такого роду ефектів пов'язані з використанням дорогих матеріалів, енергоємного технологічного обладнання, до того ж різноманіття усіх структур пакетів композита і матеріалів охопити неможливо. Таким чином, розроблення методик визначення напружено-деформованого стану композитних профілів конструкцій та рекомендацій для виробників є актуальним.

На основі аналізу характеру технологічного і температурного впливу на композитний стрижень з неоднорідним поперечним перерізом розроблено методика визначення температурних напружень в елементах стрижня. Методика дозволяє оцінити двовимірне поле напружень в елементах профілю і локальні

особливості конфігурації тонкостінного стрижня (рис. 1). На прикладі кутового профілю з підсилюючою накладкою (рис. 2) досліджено залежності внутрішніх напружень від конструктивних, технологічних і експлуатаційних параметрів (рис. 3). Як геометричні параметри обрані товщина і довжина полиць куточка, в якості технологічного фактора – зміна температури профілю ΔT при його виготовленні, в якості додаткових конструкторських факторів – кут армування φ регулярної частини профілю.

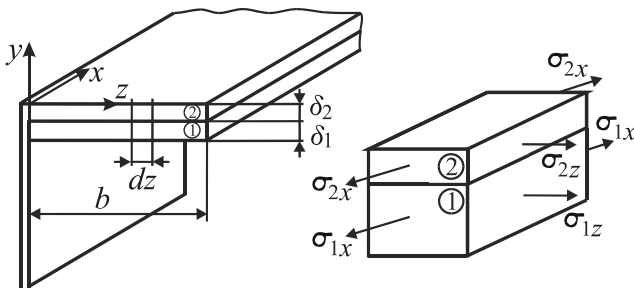


Рис. 1 До визначення зусиль в елементах профілю стрижня:
1, 2 – елементи, що утворюють профіль

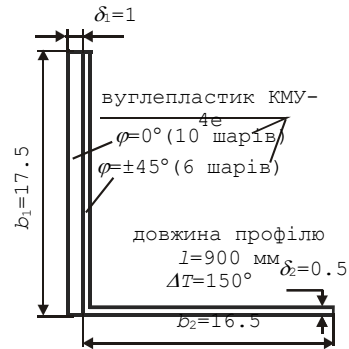


Рис. 2 Досліджуваний кутовий профіль з підсилюючою накладкою

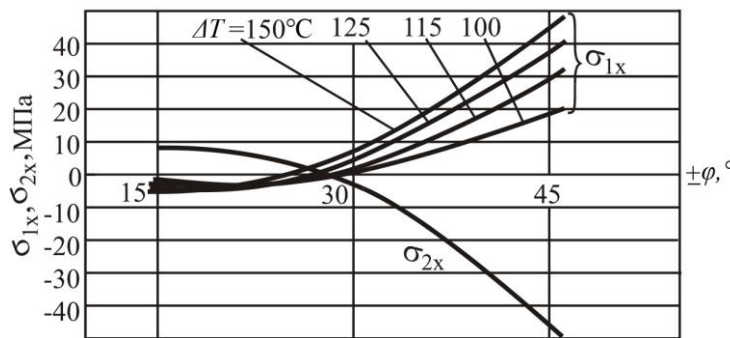


Рис. 3 Залежність напружень в елементах профілю від конструктивних і технологічних параметрів

Отримано висновок, що для зниження напружень і, як наслідок, подальшого викривлення профілю слід прагнути використовувати більш низькі інтервали температур затвердіння і близькі за значенням кути укладання підсилюючої накладки та основного профілю. На підставі параметричних досліджень розроблено практичні рекомендації для проектування та виготовлення тонкостінних композитних профілів, а також запропоновані заходи щодо зниження величини напружень деформацій, що виникають на етапі виробництва виробів.

[1] Hsissou, R., Seghiri, R., Benzekri, Z., Hilali, M., Rafik, M., Elharfi, A.: Polymer composite materials: A comprehensive review. *Composite Structures* 262, 15, 113640 (2021), doi:10.1016/j.compstruct.2021.113640
 [2] Islam, A., Sheikh, A. H., Bennett, T., Thomsen, O. T.: An efficient model for laminated composite thin-walled beams of open or closed cross-section and with or without in-filled materials. *Composite Structures* 256, 16, 112998 (2021), doi:10.1016/j.compstruct.2020.112998
 [3] Choi, S., Kim, Y. Y.: Higher-order Vlasov torsion theory for thin-walled box beams. *International Journal of Mechanical Sciences* 195, 35, 106231 (2021), doi:10.1016/j.ijmecsci.2020.106231
 [4] Tusnin, A.: Finite Element for Calculation of Structures Made of Thin-Walled Open Profile Rods. 2nd International Conference on Industrial Engineering (Icie-2016) 150, 1673-1679 (2016), doi:10.1016/j.proeng.2016.07.149
 [5] Taranenko, I., Tsaritsynskyi, A., Nabokina, T., Kondratiev, A.: Bending-twisting deforming of thin-walled composite sections at thermal-mechanical loading. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, Lecture Notes in Networks and Systems* (2021) (in press)

**ОСОБЛИВОСТІ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
СТАЛЕВИХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ПРОМИСЛОВОЇ
БУДІВЛІ**

**THE FEATURES OF ELIMINATION OF EMERGENCY TECHNICAL
STATE FOR STEEL BEARING ROOF CONSTRUCTIONS OF INDUSTRIAL
BUILDING**

*канд. техн. наук А.П. Крамарчук,
канд. техн. наук Б.М. Ільницький,
канд. техн. наук О.Я. Литвиняк*

Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)

*A.P. Kramarchuk, PhD.(Tech.),
B.M. Ilnytskyu, PhD.(Tech.),
O.Ya. Lytvyniak, PhD.(Tech.)
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Для встановлення чи підтвердження аварійного стану промислової будівлі необхідно провести її обстеження згідно з вимогами [1].

Об'єктом дослідження були металеві ферми промислової будівлі, які розташовані у м. Львові. Проліт цих ферм становив 24 м.

За результатами проведення візуально-інструментального технічного обстеження сталевих ферм виробничої будівлі у м. Львові встановлено її невідповідність вимогам надійності та безпечної експлуатації.

Під час проведення обстеження було виявлено пошкодження та руйнування великої кількості вузлів. У даних несучих конструкціях покриття були виявлені пошкодження та руйнування окремих елементів (обривів розкосів із повним руйнуванням вузлів, тріщин у зварних швах, втратою місцевої стійкості верхніх та нижніх поясів) (рис. 1).



Рис. 1. Види пошкоджень і руйнування у сталевих фермах промислової будівлі

Додатково був встановлений розрахунковий опір сталі шляхом визначення її фізико-механічних характеристик із зруйнованого верхнього поясу ферми, який був рівний менше 250 МПа. Відповідно, це дозволило зробити висновки про недостатню несучу здатність у поясах ферм та в окремих вузлах, що спричинила у свою чергу пластичні деформації елементів із перерозподілом зусиль по всій довжині ферм.

Відповідно, це призвело до руйнування значно більшої кількості вузлів, які не можуть у подальшому експлуатуватись і потребують підсилення.

Причиною обриву опорних розкосів, тріщин у зварних швах та місцевої втрати стійкості поясів є велика різниця у розмірах гнutoзамкнених профілів поясів і розкосів, які зварені між собою без використання проміжних пластин. Відповідно подальша експлуатація ферм без підсилення поясів, верхнього та нижнього опорних і проміжних вузлів є неможливою.

Приймаючи до уваги значні пошкодження та дефекти у сталевих фермах, було встановлено, що технічний стан промислової будівлі на момент обстеження є аварійним (категорія A_d) згідно вимог [2]. Варто відзначити, що до даного аварійного технічного стану призвели помилки у проектуванні та будівництві [3].

Також був проведений розрахунок несучої здатності ферм у програмному комплексі STRUCTURE CAD із врахуванням рекомендацій [4, 5].

Проведений розрахунок несучої здатності ферм прольотом 24 м підтвердив, що вона не є забезпечена. Більше того, у зимовий період, при дії змінного снігового навантаження, є небезпека обвалу. Також необхідно враховувати пружно-пластичні та пластичні деформації, які відбулись у фермах і на момент обстеження вони могли сприймати лише постійне навантаження від покрівлі (мембрана покрівлі, утеплювач 100 мм, несучий профнастил), не враховуючи декілька ферм у яких відбувся обрив розкосів. Для цих ферм необхідне термінове тимчасове підсилення за допомогою стійок.

Отже, для можливості подальшої експлуатації виробничої будівлі та ліквідації її аварійного технічного стану необхідно провести підсилення опорних вузлів ферм, крайніх вузлів нижнього поясу ферм, верхніх і нижніх поясів, проміжних вузлів верхнього та нижнього поясів.

[1] ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.

[2] ДСТУ Б.В.2.6-210:2016 Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються.

[3] A Kramarchuk, B Pnytskyu, D Hladyshev and O Lytvyniak. A Strengthening of the reinforced concrete of anaerobic purification plant the manufacture of biogas. Damaged as a result of design and construction errors // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1021 (2021) 012017 : The International scientific conference Energy in Transport (EET 2020).

[4] ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.

[5] ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.

**НЕЛІНІЙНИЙ АНАЛІЗ НЕРОЗРІЗНОЇ ДВОПРОГІННОЇ
ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ В ANSYS MECHANICAL**

**NONLINEAR ANALYSIS OF INSEPARABLE DOUBLE-SPAN
REINFORCED CONCRETE BEAM IN ANSYS MECHANICAL**

*канд. техн. наук О.М. Крантовська¹, канд. техн. наук Л.М. Ксьоншкевич¹,
канд. техн. наук С.В. Синій², канд. техн. наук Р.В. Пасічник²,
канд. техн. наук Ю.Г. Москалькова³*

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)

²Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)

³Білорусько-Російський університет (м. Могильов)

*О.М. Krantovska¹, PhD (Tech.), L.M. Ksonshkevych¹, PhD (Tech.),
S.V. Synii², PhD (Tech.), R.V. Pasichnyk², PhD (Tech.),
Yu.G. Maskalkova³, PhD (Tech.)*

¹Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa)

²Lutsk National Technical University (Lutsk)

³Belarusian-Russian University (Mogilev)

Виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації будівель та споруд спонукає до проведення розрахунків на особливі поєднання різних видів навантажень, при яких важливо знати не лише граничні зусилля, але й описати характер деформування елемента під навантаженням. В повній мірі це можливо реалізувати за допомогою чисельного моделювання з використанням сучасних програмних комплексів [1]. Це також допомагає уникнути масштабних експериментальних досліджень та заощадити матеріально-технічні ресурси.

Метою роботи є нелінійний аналіз моделювання нерозрізної залізобетонної балки в програмно-аналітичному комплексі Ansys Mechanical в модулі Static Structural та порівняння з експериментальними даними [2].

Детальний опис експериментальних досліджень міцності, деформативності та тріщиноутворення нерозрізних балок наведено у працях [3-5].

Створювалася твердо-тільна геометрія залізобетонної балки в Space Claim. Для моделювання бетону та сталевих пластинок (силових, опорних) використовували, відповідно, кінцеві елементи Solid65 та Solid185. Для арматурних стержнів – Link180. Моделювання властивостей бетону в Ansys досягається використанням наступних модулів: пружної ізотропії, пластичної мультилінійно-ізотропної та тримірної моделі міцності бетону. Модель арматури складається з лінійно-ізотропної, білінійно-ізотропної та мультилінійно-ізотропної. Бетон, арматура, сталеві силові та опорні пластинки моделювалися об'ємними елементами, арматура – стержньовими.

Скінченно-елементна модель бетонного масиву приймалася з кроком сітки 1,5 см, сталеві пластинки – 2,5 см, арматурні стержні – 2,5 см (рис. 1). Загальна

кількість кінцевих елементів становить 17078, вузлів – 22272. На рис. 2 показані ізополя горизонтальних (а) та вертикальних (б) нормальних напружень в бетоні в околі похилої тріщини над середньою опорою та місце прикладання зосереджених сил, зусилля в арматурних стержнях (в).

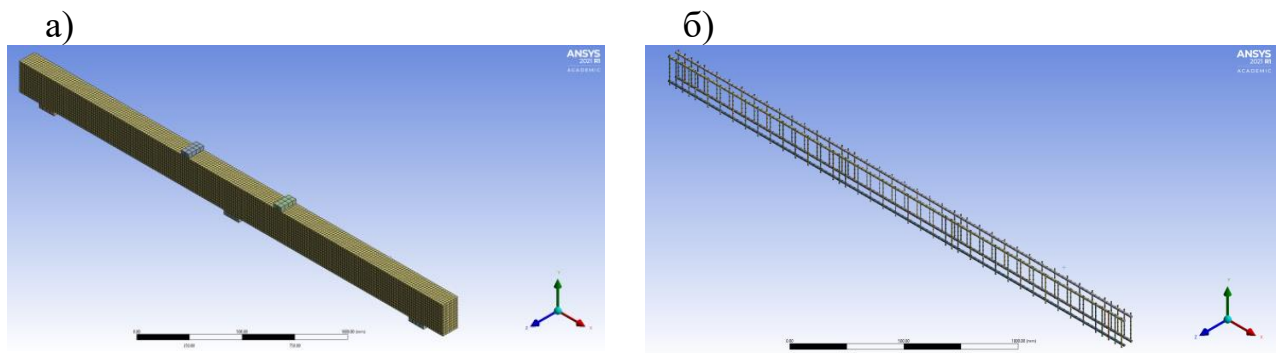


Рис. 1 Скінченно-елементна модель бетонного масиву (а) та арматурна сітка (б) балки

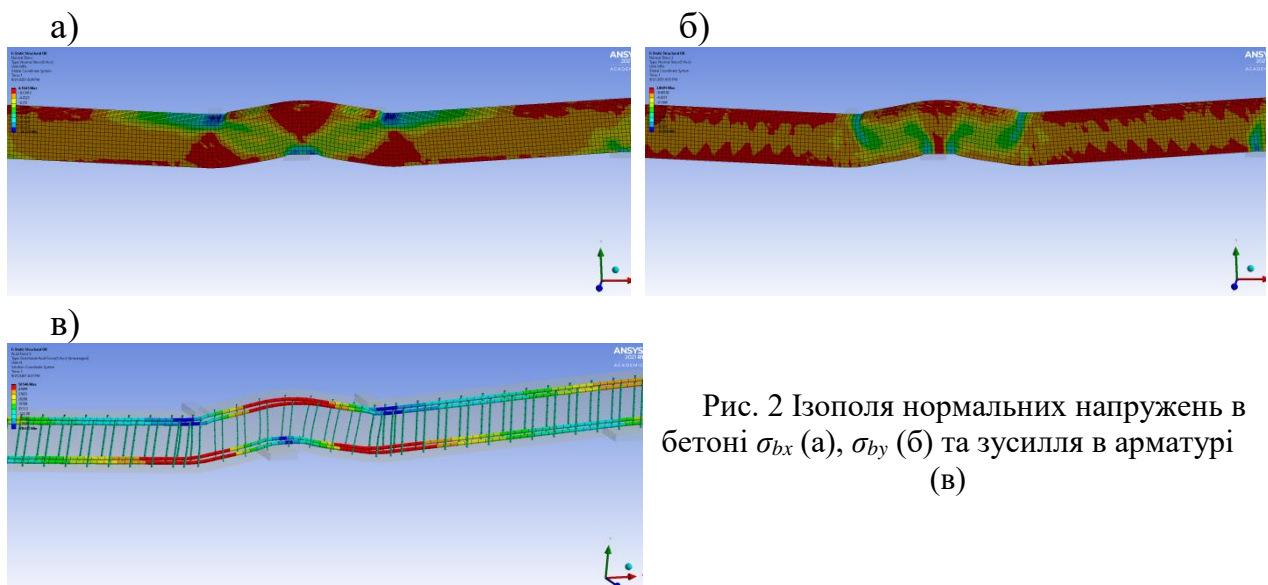


Рис. 2 Ізополя нормальних напружень в бетоні σ_{bx} (а), σ_{by} (б) та зусилля в арматурі (в)

Аналіз моделювання напружено-деформованого стану нерозрізної залізобетонної балки показав, що використання нелінійного скінченно-елементного розрахунку дозволяє з достатньою точністю відтворити результати проведених експериментів на всіх стадіях роботи.

[1] Huei-Huang Lee. Finite Element Simulations with Ansys Workbench. Theory, Applications, Case Studies. SDC Publications, 2021. 612 p.

[2] Крантовська О. М. Міцність, тріщиностійкість та деформативність нерозрізних залізобетонних балок: Дис. канд. техн. наук. Одеса: ОДАБА, 2010.

[3] Krantovska O. M., Ksonshkevych L. M., Petrov M. M., Synii S. V., Ksonshkevych S. M. Deflections of continuous reinforced concrete elements. *Transbud-2019. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. Vol.708, Num.1, 012061. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012061>

[4] Krantovska, O., Petrov, M., Ksonshkevych, L., Synii, S., Sunak, P. Improved engineering method for calculating the strength of the supporting areas of reinforced concrete. *Transbud-2018. MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 230, 02014. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002014>

[5] Krantovska, Olena et al. Numerical simulation of the stress-strain state of complex-reinforced elements. *Technical Journal*, University North, 2019. Vol. 13, No. 2, pp.110-115. URL: <https://doi.org/10.31803/tg-20190417112619>

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ НА ПЕРЕРОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕННЯ
МІЖ СТІЙКАМИ ПАЛЬОВИХ ОПОР МОСТІВ**

**DETERMINE THE IMPACT OF DEFECTS ON LOAD SHARING
BETWEEN BRIDGE POSTS**

*канд. техн. наук С.М. Краснов,
канд. техн. наук К.В. Бережна*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

*S. Krasnov, PhD (Tech.),
K. Berezhna, PhD (Tech.)*

Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

На теперішній час, згідно з даними Укравтодору, обстежено 35% всіх мостів з яких: 2% - справні, 10,6%- обмежено справні, 57,8% – працездатні, 26,9% - обмежено працездатні, 2,7% – непрацездатні. Мостовий парк, на теперішній час, на 65% складається зі збірних залізобетонних мостів. Більша кількість мостів в Україні побудовано у 60-70 роках (це близько 8,7 тисяч споруд, що складає 54% від їх загальної кількості). Штучні споруди, що експлуатуються, постійно відчувають впливи від транспортного навантаження та різних видів природних явищ, які поступово знижують міцність і надійність і, як наслідок, обмежують строки служби споруд [1-4]. Що року зростає кількість пошкоджень елементів конструкцій мостів різного роду, які в перспективі можуть спровокувати аварійні ситуації та порушення безпечної експлуатації споруд.

Другим за вагомістю, після прогонових будов, конструктивним елементом при визначенні технічного стану споруди є опора ($\alpha_i=0,19\div 0,23$). Тому аналіз стану цього конструктиву є дуже важливим. В роботі проведено аналіз впливу дефектів на перерозподіл навантаження між стійками пальових опор. Дослідження виконано на прикладі автомобільного залізобетонного збірного мосту через річку Бесарабівка по вулиці Приозерна в м. Слов'янськ Донецької області. Міст є двопрогоновим, балочним, розрізним. Конструкції моста запроектовано на навантаження Н-30 та НК-80. Відповідно маркування балок прогонових будов – рік будівництва 1967. Берегові та проміжна опори з конструктивної точки зору виконані однаковими – пальові однорядні опори з п'ятьох паль, розташованих з кроком від 1,49 до 1,6 м. Переріз паль 35×35 см. При обстеженні, більша кількість дефектів відмічена на стойках пальових опор: руйнування захисного шару бетону з оголенням арматури, відшарування бетону захисного шару, значна корозія арматури до 40% від загальної площі (рис. 1). Все це викликало необхідність додаткових розрахунків, пов'язаних з можливим виключенням з роботи крайньої палі.



Рис. 1 Стан проміжної пальової опори автомобільного мосту через р. Бесарабівка в м. Слов'янськ

З метою визначення максимальних зусиль в елементах (стійках і насадці) проміжної опори виконано її розрахунок на дію вертикальних навантажень та сили гальмування. Розрахунок виконано з урахуванням її просторової роботи та дефектів і пошкоджень в ПК «Ліра». Для аналізу розподілу зусиль між палями розглянуто декілька варіантів розрахункової схеми: модель без дефектів, модель з урахуванням дефектів (зменшення перерізу бетонного та арматурного перерізу), модель з виключенням з роботи крайньої стійки. урахування всіх дефектів стійок вплинуло також на роботу залізобетонної насадки, що також вплинуло на вантажопідйомність опори.

На підставі результатів обстеження та теоретичних розрахунків, з урахуванням виявлених дефектів (часткове руйнування бетону стійок проміжної опори, оголення арматури та її корозія) можна зробити висновок, що відбувається нерівномірний розподіл навантаження на стійки пальової опори моста. В зв'язку з чим, значне перенавантаження виникає в насадці опори, що у разі навантаження моста сучасними вантажними автомобілями може привести до аварійної ситуації та повного руйнування споруди.

[1] D5.3 Needs for maintenance and refurbishment of bridges in urban environments URL https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/213995/local_213995.pdf (дата звернення: 10.05.2021)

[2] Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування ДБН В.2.3-6:2009. (Чинні від 2010-03-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 43с. – (Державні будівельні норми України).

[3] Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів: ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. (Чинні від 2013-12-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2013. – 45с. (Національний стандарт України).

[4] National cooperative highway research program report 293 methods of strengthening existing highway bridges URL https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_293.pdf (дата звернення: 13.05.2021)

**ПОВЕДІНКА ГРУНТОВОГО ШАРУ ЖОРСТКОЇ АЕРОДРОМНОЇ
КОНСТРУКЦІЇ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ**

**BEHAVIOR OF THE SOIL LAYER OF RIGID AIRPORT STRUCTURE
UNDER LOAD**

*канд. техн. наук К.В. Краюшкіна
Національний авіаційний університет (м.Київ)*

*K.V. Krayushkina, PhD (Tech)
National Aviation University (Kyiv)*

Відомо, що довговічність, несуча здатність і міцність бетонного покриття аеродромних конструкцій залежить від нижніх шарів, і особливо, підстильного ґрунтового шару. Стійкість ґрунтів до повторних навантажень є однією з головних умов забезпечення безперебійності експлуатації всіх частин аеродромних конструкцій - злітно-посадкової смуги, руліжних доріжок, місць стоянки та інших.

Проведені раніше дослідження свідчать про необхідність врахування властивостей ґрунту при повторних навантаженнях, розрахунку жорсткої аеродромної конструкції на міцність і вибору раціональної технології ущільнення ґрунтового шару.

Під час експлуатації покриття і підстильний ґрунт піддаються дії повторних навантажень від повітряних суден і у зв'язку з сезонною зміною вологості несуча здатність ґрунту може бути значно нижчою ніж наприкінці укочування.

Накопичення пластичних деформацій під дією повторних навантажень може тривати або може припинитись. Припинення накопичення залишкових деформацій з переходом у стадію зворотнього деформування можна розглядати як адаптацію шарів аеродромної конструкції до дії повторних навантажень від повітряних суден.

Таким чином, метою даних досліджень є визначення напруджено-деформованого стану ґрунту підстильного шару жорсткої аеродромної конструкції під дією повторних навантажень.

Автором визначено діапазон навантажень, в межах яких настає відповідність властивостей ґрунтового масиву рухомим навантаженням і, особливо, повторним навантаженням. Тобто, визначено характер деформування ґрунту, зміни від пружньо-пластичного до напруженого і величина залишкових напружень.

[1] Melan E. Theorie statish unbestimmter Systeme aus idealplastishen Baustoff // Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. - 1996. - Vol. 2a.- S.145-195

[2] Кривисский О.М. Новые системы для расчета нежестких дорожных одежд. - М.: Автотрансиздат, 1991 - 78 с.

[4] Raad L., Weichert D., Najm W. Stability of Multilayer Systems Under Repeated Loads// Transportation Research Record, TRB, National Research Council.- Washington, D.C., 1999. - p. 181-186.

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗУ НАДІЙНОСТІ ТРУБОПРОВОДІВ
ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ВІДПОВІДНО ДО ВИДІВ ПОШКОДЖЕНЬ**

**DETERMINATION OF THE FORECAST OF RELIABILITY HEAT
NETWORK PIPELINES ACCORDING TO TYPES OF DAMAGE**

канд.техн.наук О.М. Малявіна,

канд.техн.наук В. В. Гранкіна,

канд.техн.наук А.В. Якунін, В.А. Міланко

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова¹ (м.Харків)

O.M. Maliavina, PhD (Tech.), V.V. Hrankina, PhD (Tech.),

A.V. Yakunin, PhD (Tech.), V.A. Milanko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

Надійність систем централізованого тепlopостачання в значній мірі залежать від надійності трубопроводів теплових мереж. Важливим експлуатаційним завданням є визначення прогнозу надійності вказаних трубопроводів в розрізі видів пошкоджень. В літературі не виявлено вказаних залежностей.

В якості показника надійності вибраний параметр потоку відмов (ППВ) ω , який визначається на основі кількості пошкоджень теплопроводів:

$$\omega = n/L \text{ (1/км·рік)}$$

де n – кількість відмов за рік; L – довжина теплопроводів, км.

Відповідно методу статистичного моделювання прогнозу залежності показників надійності трубопроводів [1-2], розроблені статистичні моделі прогнозу залежності ППВ трубопроводів теплових мереж від строку експлуатації ω_c , ω_p , ω_z , ω_d відповідно до видів пошкоджень: свищів, поривів, пошкоджень засувок та інших пошкоджень. До останніх належать пошкодження опор, компенсаторів, повітро – та водо випускників та т. п. Вказані статистичні моделі розроблені на основі даних комунального підприємства «Харківські теплові мережі» (Україна) з експлуатаційними даними по пошкодженості теплопроводів за період 2003-2005р.р., загальною довжиною 1141,1 км.

Виходячи з вище наведеного статистична модель прогнозу залежності ППВ теплопроводів від строку експлуатації за рахунок свищів ω_c має вигляд:

$$\omega_c = 0,074557 \cdot t - 0,0034349 \cdot t^2 + 0,000068142 \cdot t^3 + \\ + 2,7822 \cdot \frac{1}{1 + 0,02|t - 25,5|} - 3,1696 \cdot \frac{1}{1 + 0,02|t - 30|}$$

В графічній інтерпретації вказана залежність має S – подібну форму з екстремальними точками, які розбивають вказану залежність на три періоди експлуатації.

І період експлуатації (9-25 років) - поступове збільшення ППВ з 0,3 до 0,65

1/(км·рік) за рахунок пошкоджень теплопроводів на ділянках підвищеної дії корозії (підтоплення каналів, краплинні течії, наявність блукаючих струмів і т. д.).

В періоді експлуатації (25 – 30 років) експлуатації характерне зменшення ППВ з 0,65 до 0,36 (1/(км·рік) за рахунок заміни найбільш пошкоджуваних ділянок теплопроводів при їх капітальному ремонті.

Збільшення ППВ з 0,36 до 0,89 (1/(км·рік) в III періоді експлуатації (30 – 36 років) пояснюється збільшенням кількості пошкоджень теплопроводів за рахунок довгострокової дії корозії та збільшенням при цьому впливу тиску та температури теплоносія.

Відповідно статистична модель прогнозу залежності ППВ за рахунок поривів ω_n від строку експлуатації має вигляд

$$\omega_n = 0,0011572t$$

При цьому значення ППВ для поривів прямо пропорційно збільшується зі збільшенням строку експлуатації трубопроводів теплових мереж та змінюється у межах 0,01 (1/(км·рік) 9 рік експлуатації і 0,04 (1/(км·рік) 36 рік експлуатації.

Статистична модель прогнозу залежності ППВ за рахунок пошкоджень засувок ω_3 від строку експлуатації має вигляд:

$$\omega_3 = 0,0016850 + 0,00053626t$$

За вказаний період експлуатації характерне прямо пропорційне збільшення параметра потоку відмов у залежності від збільшення строку експлуатації теплопроводів. При цьому мінімальне значення 0,006 (1/(км·рік)) спостерігається на 9 рік експлуатації, максимальне 0,021 (1/(км·рік)) – на 36 рік експлуатації.

Статистична модель прогнозу залежності ППВ за рахунок інших пошкоджень ω_d від строку експлуатації має вигляд:

$$\omega_d = 0,050036 + 0,00046061t$$

ППВ у розрізі інших видів пошкоджень трубопроводів теплових мереж лінійно зростає. Зі збільшенням строку експлуатації параметр потоку відмов інших пошкоджень змінюється: з 0,054 (1/(км·рік)) (9 рік експлуатації) до 0,067 (1/(км·рік)) – 36 рік експлуатації). Вказане пояснюється результируючим впливом дії руйнівних факторів на раніше наведені елементи теплових мереж, строк експлуатації яких різний.

Використовуючі залежність (1) та статистичні моделі (2-5) можна розрахувати прогнозну кількість пошкоджень теплопроводів відповідно до їх кожного виду на визначений рік експлуатації.

Вказане дозволить ефективно планувати витрати матеріально-технічних та трудових ресурсів при виконанні заходів експлуатації теплових мереж.

[1] Лобко О. Н. Методика анализа повреждаемости трубопроводов / О. Н. Лобко // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сб. ХНАМГ. – К.:Техника, 2010. – Вып. 93.– С. 321–324.

[2] Лобко О. М. Методика вибору шагу експлуатації теплопроводів при дослідженні їх пошкоджуваності / О. М. Лобко // Науковий вісник будівництва: Наук.-техн. сб. Вип.58. – Харків : ДТУБА, 2010. – С. 196 – 202.

**РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ НЕРОЗРІЗНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК НА ОСНОВІ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ**

**CALCULATION OF BEARING CAPACITY OF A CONTINUOUS
REINFORCED CONCRETE BEAMS BASED ON THE DEFORMATION
MODEL**

*канд. техн. наук П.Б. Митрофанов¹, канд. техн. наук В.Ф. Пенти¹,
канд. техн. наук А.М. Карюк¹, канд. техн. наук Н.М. Магас¹,
канд. техн. наук О.Г. Горб²*

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

²Національний авіаційний університет (м. Київ)

*P.B. Mytrofanov¹, PhD (Tech.), V.F. Pents¹, PhD (Tech.),
A.M. Kariuk¹, PhD (Tech.), N.M. Mahas¹, PhD (Tech.), O.G. Horb², PhD (Tech.)*

¹National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)

²National Aviation University (Kyiv)

Reinforced concrete structures are widely used in construction practice, among which there are beam structures in the composition of various above-ground parts of buildings and structures, as well as in the elements of their zero cycle. In terms of labor intensity, continuous reinforced concrete beams are inferior to separate ones, but the use of such beams allows to reduce their cross-sectional dimensions, material consumption (reinforcement and concrete), total construction weight, simplify cross-section reinforcement, increase reliability and rigidity. At identical spans and loadings in sections of such beams there are smaller internal efforts. This determines the effectiveness of their use in construction.

Therefore, the study of their work and the improvement of the method of calculation of such structures is a very important task in the current trend of development of reinforced concrete on the basis of deformation theory. It more accurately takes into account the work of reinforced concrete structures and their elements.

There are various approaches to the calculation of strength, rigidity and load-bearing capacity of reinforced concrete structures and their elements. Techniques based on deformation models [4, 5] are the most approximate techniques that describe their work with sufficient accuracy. Deformation model with extreme strength criterion [6, 8, 9], which is based on the equations of mechanics of deformable solids, and uses complete diagrams of materials and in combination with optimization and variation methods allows to accurately describe the stress-strain state of reinforced concrete structures.

The completeness of deformation models with an extreme criterion of strength necessitates careful control of the values of all boundary parameters stress-strain state of reinforced concrete structures, especially stress in stretched and compressed

reinforcement, because the calculated dependences differ significantly in the ranges of its elastic and inelastic work. reinforced structures. The deformation model with an extreme criterion of durability gives the chance to calculate durability of reinforced concrete elements in normal section at application of a wide range of classes of durability of concrete, including high-strength concretes. [7, 9].

Based on the optimization technique developed by the authors [6, 8, 9], it is possible to solve a wide range of problems in the calculation of beams, columns, frames, etc., including the use of high-strength concrete. Therefore, theoretical and experimental calculations for the study of continuous beams taking into account the redistribution of forces (in the formation of characteristic cross sections of conventional plastic hinges [10]) and determine the limit values of bending moments and ultimate load using the limit equilibrium method [11] is an urgent task. To compare the theoretical calculations of the bearing capacity of continuous beams with experimental data, we used the physical and mechanical characteristics of materials, geometric dimensions, the nature of the reinforcement of sections [1-3].

The statistical analysis of theoretical and experimental data of calculation of durability and bearing capacity of continuous reinforced concrete beams executed by authors testifies to good convergence of ratios of calculated values of limiting loadings with experimental.

- [1] Крылов С.М., Гуца Ю.П., Абаканов М.С. Несущая способность статически неопределимых железобетонных балок из бетонов прочностью до 90 МПа, армированных высокопрочной стержневой арматурой // Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при воздействии различной длительности. Под ред. А.А. Гвоздева, С.М. Крылова – М.: НИИЖБ, 1980. – С. 102–119.
- [2] Крылов С.М., Гуца Ю.П., Абаканов М.С. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях, армированных сталями без площадки текучести // Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1979. – С. 171–186.
- [3] Оатул А.А., Чирков В.П. Исследование естественного распределения усилий в неразрезных железобетонных балках с ненапрягаемой арматурой при длительном действии эксплуатационной нагрузки // Исследования по бетону и железобетону. Сборник трудов № 34 Челябинского политехнического института. – Челябинск: ЧОТУП, 1965. – С. 116–135.
- [4] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6. 98:2009.. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 72 с.
- [5] ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону / К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 168 с.
- [6] Шкурупій О.А. Міцність залізобетонних конструкцій та їх елементів на основі деформаційної моделі з екстремальним критерієм / О.А. Шкурупій // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Вып. 74: В 2-х кн.: Книга 1. – Київ, ДП НДІБК, 2011. – С. 605–614.
- [7] Шкурупій О.А. Аналітичне визначення фізико-механічних характеристик бетону / О.А. Шкурупій, С.М. Бабич // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2011. – Вып. 21. – С. 401–407.
- [8] Митрофанов, В.П. Практическое применение деформационной модели с экстремальным критерием прочности железобетонных элементов / В.П. Митрофанов // Коммунальное хозяйство городов. Серия: Архитектура и технические науки. Вып. 60. – К.: Техника, 2004. – С. 29 – 48.
- [9] Шкурупій О.А. Застосування деформаційної моделі з екстремальним критерієм для розрахунку міцності залізобетонних елементів із високоміцних бетонів / О.А. Шкурупій, П.Б. Митрофанов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2010. – № 38. – С. 683 – 689.
- [10] Тихий, М. Расчёт железобетонных конструкций в пластической стадии / М. Тихий, Й. Ракошник // Перераспределение усилий; пер. с чешск. – М.: Стройиздат, 1976. – 198 с.
- [11] Гвоздев, А.А. Расчёт несущей способности конструкций по методу предельного равновесия / А.А. Гвоздев // Сущность метода и его обоснование. – М.: Госстройиздат, 1949. – 280 с.

**ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОЦЕМЕНТУ**

USE OF WASTE TO IMPROVE SOIL CEMENT PROPERTIES

*канд. техн. наук, с.н.с. О.В. Михайловська¹,
д-р.техн. наук, М.Л. Зоценко¹,
д-р техн. наук, В.В. Клименко²*

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

²Центральноукраїнський національний технічний університет (м. Кропивницький)

*O.V. Mykhailovska¹, PhD (Tech.),
M.L. Zotsenko¹, Dr.Sc. (Tech.),
V.V. Klymenko², Dr.Sc. (Tech.)*

та ¹National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)

²Central Ukrainian National Technical University (Kropyvnytskyi)

Проблеми екології займають чималу частку у роботі залізниці та залізничного транспорту, оскільки високий рівень життя та здоров'я населення можливі тільки за умови підтримки якості навколишнього природного середовища. На магістралі виконуються роботи з утримання водовідвідних споруд, протизсувні заходи, очищення територій та колій від нафтопродуктів. Крім того, здійснюється раціональне використання і зберігання відходів виробництва [1]. При проведенні цих заходів широке використання отримав такий матеріал як ґрунтоцемент. Зокрема для будівництва споруд, призначених для тривалого зберігання токсичних речовин, захоронення відходів нафтогазової галузі в сховищах, які розташовуються нижче поверхні Землі.

Також відомі технічні рішення щодо захоронення побутових відходів в ярах. Для виключення контакту відходів з ґрунтовими водами навколо яру влаштовується водонепроникна завіса з рядів пересічних ґрунтоцементних елементів, нижня частина яких заглиблена у водоупор. Потік ґрунтових вод обходить сховище, тому баражний ефект в межах фронту споруди до 100 м не перевищує 0,2 – 0,5 м. Тобто влаштування такого що не може істотно змінити їх режим [2].

Для покращення властивостей ґрунтоцементу різними авторами запропоновані добавки у вигляді вапна, глини, різних пластифікаторів, пісків і хвостів (відходів збагачення корисних копалин) [3,4]. Однак актуальною є проблема накопичення відходів підприємств, котелень при спалюванні твердого палива, які займають значні площі.

Авторами проведено дослідження впливу вмісту різних видів золи при спалюванні лушпиння соняшника на міцнісні властивості ґрунтоцементних елементів. Зокрема для експерименту застосували золу яка утворилась на теплообмінних поверхнях та після очисних циклонів (рис 1.).

Зола, що утворилась на поверхнях теплообмінника котельного агрегату має домішки розміром фракції до 10 мм. Для проведення експерименту золу просіювали на ситі розміром чарунки 1 мм. Зола винесення із очисних циклонів є тонкодисперсним матеріалом, який складається з частинок розміром до 0,14 мм.

Методика проведення експерименту: золу додавали до цементу та ретельно перемішували суміш у сухому вигляді. До суміші додавали воду у необхідній кількості та перемішували до отримання «цементного молока». Кількість цементу приймали 20 % від ваги сухого ґрунту. Водоцементне відношення (В/Ц) приймали 1,5. Потім в отриманий розчин додається ґрунт (суглинок лесовий) з вологістю 20% та зола винесення. Суміш перемішували до однорідної маси протягом не менше 5 хвилин. Після перемішування ґрунтоцементна суміш викладали у циліндричні форми. Випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96.

До проведення випробування зразки зберігались зануреними у воду протягом 28 діб з метою набору міцності. Кількість золи становила 6 та 4%, за масою від маси цементу.



Рис. 1 Загальний вигляд добавок: 1 – зола, що утворилась на поверхнях теплообмінника котельного агрегату просіяна на ситі з розміром отворів 1 мм; 2 – зола із очисних циклонів

Таким чином необхідно дослідити вплив додавання золи при виробництві ґрунтоцементних елементів. Відомо, що при виробництві ґрунтоцементну мають значення реологічні властивості золи, особливо висока тонкість помелу, вигідне фракціонування і форма її частинок.

[1]. Регіональна філія "ПІВДЕННА ЗАЛІЗНИЦЯ" АТ "Укрзалізниця". Політика залізниці в сфері охорони навколишнього природного середовища. <https://www.pz.gov.ua/ecol>

[2]. Вагидов М.М., Зоценко Н.Л. Ґрунтоцементные основания и фундаменты. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. № 26, 2012. С. 94-102.

[3]. Новицький О.П. Вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Полтава: ПолтНТУ, 2012. Вип. 4 (34), 2012. С.171-177.

[4]. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія: М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко. Харків: Друкарня Мадрид, 2016. 94 с.

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ОСНОВ

USE OF OIL AND GAS WASTE WASTE TO IMPROVE BASES

*канд. техн. наук, с.н.с. О.В. Михайловська,
В.О. Черніков*

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

*O.V. Mykhailovska, Ph.D.(Tech.),
V.O. Chernikov*

¹National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)

На даний час в Україні існують екологічні проблеми на території нафтогазоносних регіонів. При бурінні свердловин утворюється значна кількість відходів, які повинні бути утилізовані. Обсяг шламу, який утворюється при бурінні свердловин може сягати 0,4 м³ з одного погонного метру проходки експлуатаційної свердловини. Для збору та накопичення даного виду відходу створюються шламові амбари значним об'ємом. Буровий шлам у своєму складі містить важкі метали, незначну кількість нафтопродуктів, синтетичні поверхнево-активні речовини, карбоксиметилцелюлозу, синтетичні органічні речовини тощо. На даний час відходи буріння утилізують, однак їх можна застосувати для прокращення властивостей будівельних матеріалів. Відомий хімічний метод утилізації з використанням фосфогіпсу. [1].



Рис. 1. Фото приладу МДУ-1

Авторами пропонується застосувати відходи буріння для будівництва насипів та основ в залізничному будівництві. При будівництві насипів проводиться ущільнення матеріалу, однак ущільнити матеріал максимально можемо тільки за досягнення оптимальної вологості матеріалу. З цією метою в лабораторії визначили оптимальну вологість ґрунту за допомогою методики максимального ущільнення ґрунту з застосуванням приладу МДУ-1 (рис.1).[2]

Конструкція приладу МДУ-1 складається із опорної плити і редуктора, електромотора, стойки з кронштейнами, стрижня по якому рухаються гирі. Конструкція привода виконана у вигляді двох шарнірно з'єднаних стрижнів. Така конструкція забезпечує збереження постійної висоти падіння гирі в процесі ущільнення зразка. До плити прикріплена змінна форма. Зразки із суміші суглинку лесового і подрібненої пластикової тари виготовлялись діаметром 10

см і висотою 12,7 см.

Методика полягає у визначенні залежності щільності сухого глинистого ґрунту від його вологості при трамбуванні зразків із постійною витратою роботи на їх ущільнення (з однаковим прикладеним зусиллям для їх ущільнення) та у визначенні за цією залежністю максимальної величини щільності ґрунту ρ_d .

Мінеральний склад глинистої фракції також визначає властивості скелету ґрунту при взаємодії з водою. Найбільшу поверхневу активність і гідрофільність мають глинисті мінерали з рухомою кристалічною решіткою, що здатні утримувати воду не тільки на поверхні, але і міжпаquetному просторі кристалічної решітки. Тому при однаковому відсотковому вмісту глинистої фракції найбільш високі значення оптимальної вологості будуть мати ґрунти з монтморилонітової глинистої складової, наднизькі - каолінітові [1].

Для експерименту застосовували суглинок лесований з природньою вологістю зразків ґрунту $W = 0,16$. Його вологість на межі текучості $W_L = 0,28$, вологість на межі розкочування $W_p = 0,19$.

Визначення оптимальної вологості проводили з буровим шламом Західно-Харківцівського нафто-газоконденсатного родовища св. № 529. Було визначено, що даний буровий шлам відноситься до суглинку текучого. Вологість бурового шламу склала 65%. Дослідження проведено за стандартними лабораторними методиками дослідження ґрунтів згідно ДСТУ Б В.2.1-17: 2009 [3].

За результатами експерименту встановлено, що оптимальна вологість суглинку складає 17,5%. Розрахункове значення оптимальної вологості ґрунту можливо для попереднього оцінювання приймати як вологість на межі розкочування. В такому випадку розбіжність між цими величинами складає 2 %.

Проведено дослідження з додаванням до ґрунту бурового шламу у співвідношенні 90:10. Оптимальна вологість суміші повинна становити 17,5%, тому при вологості бурового шламу 65% вологість суглинку лесованого повинна становити 13,85 %. Суглинок лесовий має природню вологість дещо більшу за зазначену величину, тому ґрунт попередньо висушували та доводили до заданої вологості в лабораторних умовах.

Далі проводили процедуру ущільнення суміші ґрунту та бурового шламу за допомогою приладу МДУ-1.

В результаті експерименту визначено збільшення модуля деформації суміші ґрунту із буровим шламом при співвідношенні ґрунту і бурового шламу 90:10. Що робить можливим здійснювати утилізацію бурового шламу шляхом використання його при будівництві доріг.

[1]. Аблеєва І.Ю., Пляцук Л.Д., Будьоний О.П. Дослідження складу та структури бурового шламу з метою обґрунтування вибору методу його подальшої утилізації. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2/2014 (85). С 172-178.

[2]. Винников Ю.Л. Коваленко В.І., Литвиненко Т.В. Дослідження стабілізованої вологості ущільненого глинистого насипу. Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. Серія «Будівництво». Вип. 10(18), 2014. С. 158 – 161

[3]. ДСТУ Б В.2.1-17: 2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. Прийнятий: 22.09.2009 р. Дата введення: 01.10.2010 р., 32 с.

**МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЗАДАЧІ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЗУЧОСТІ ТА
ПОШКОДЖУВАНOSTІ СТЕРЖНІВ ПРИ ЗГІНІ**

**SOLUTION METHOD OF DYNAMIC CREEP-DAMAGE PROBLEM FOR
BEAMS BENDING**

*д-р техн. наук В.Ю. Мірошніков, канд. техн. наук О.Б. Савін,
канд. техн. наук В.М. Соболев, канд. техн. наук Б. Юніс
Національний технічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут» (м. Харків)*

*V.Yu. Miroshnikov, Dr.Sc. (Tech.), A.B. Savin, PhD (Tech.),
V.N. Sobol, PhD (Tech.), B. Younis, PhD (Tech.),
National aerospace university named after N. Ye. Zhukovskiy
“Kharkov Aviation Institute” (Kharkiv)*

Problems of numerical estimations of the strength of modern technology and elements of structures take an important place in their design, creation, test and operation. For many structural elements calculation schemes can be used in the form of thin-walled beams. Operating conditions of such structures are characterized by high levels of temperatures and dynamic loads. Under these conditions, due to such phenomena as creep and damage, there are limitations in the properties of strength and durability of such structural elements. Exploitation conditions in many cases of such structures elements correspond to action of quasi-static loadings and non-stationary physical and mechanical rapidly oscillating fields. So it is necessary to take into account dynamic effect in problem statement.

A solution method of dynamic creep-damage problems for bodies which can be modeled as thin-walled beams is presented in the paper. The original initial-boundary-value problem of dynamic creep for bodies under the action of harmonic loading is reduced to two correlated initial-boundary-value problems in two time scales – slow and fast [1]. The paper considers the statement of such problems, namely isotropic dynamic creep and damage of thin-walled beams under the bending condition with different types of edges fixation.

The possibilities of methods based on the solution of differential equations of initial-boundary value problems in the theory of elasticity, plasticity, and creep are rather limited. It is known that variational formulations of such problems are a convenient basis for creation and theoretical substantiation of many problems calculations of difficult designs [2-5]. The first problem (slow time scale) is solved by using the mixed variational principle and a numerical-analytical method based on a combination of numerical method of continuation of time solution and analytical solution of variational equality for mixed functional in step time by the variational-structural method of the R-functions theory. The paper proposes such effective method for dynamic creep-damage problems solutions of bodies which modeled as thin-walled

beams on the basis of a mixed variational principle and variational-structural method [2, 3, 5]. The second problem in fast time scale is solved by using Gaussian numerical method for determining of amplitude values of stresses which are used for integration of dynamic creep state equations for isotropic bodies.

Such approaches to solving the problems of strength of structural machines elements attract the attention of many researchers, which explains the actuality of the research topic and the results of this paper.

Practically important numerical estimations of strength and durability of constructive machine elements, such as beams, are given by using the proposed numerical method. Numerical data of solving dynamic creep-damage problem for beams bending with different types of edges are given. Beams with clamped edges from sides, hinged supports and clamped edge on the left side under actions of uniformly distributed load and oscillation load along length are considered. It should be noted a very significant redistribution of stresses and an increase in displacement over time for bending beams.

After analyzing the data in table 1, we can conclude that the amplitude of the oscillating load significantly affects the time to rupture of the beam. Increasing the values of the amplitude of this load leads to a decrease in the value of the time to rupture of the beam. An increase in the frequency of the oscillating load also leads to a slight decrease in the time to rupture of the beam.

Table 1 – Time to rupture dependence of the beam on amplitude and frequency of the oscillating loading

q^0 kN/m	0	1	1,5
Ω rad/s			
0	51 hours	-	-
100	-	41,2 hours	33,3 hours
200	-	41,9 hours	34,3 hours
300	-	42,9 hours	35,8 hours

It can be concluded that oscillating load has no effect on the feature and magnitude of stresses and displacements distribution, but have effect on the change in time to rupture of the beam for all types of edge fixations. Increasing the values of the amplitude of this load leads to a decrease in the value of the time to rupture of the beam for all types of edges fixations.

- [1] Breslavsky D., Morachkovsky O. Nonlinear creep and rupture of plane bodies under the action of rapidly oscillating loads, Prikl. Mehan., Vol. 34, N.3, Kyiv, pp. 97-103, 1998 (in Rus).
- [2] Altenbach H., Morachkovsky O., Naumenko K., Sychov A. Geometrically nonlinear bending of thin - walled shells and plates under creep - damage conditions. Arch. Appl. Mech., 67, (1997), pp. 339 - 352.
- [3] Naumenko K. On the use of the first order shear deformation models of beams, plates and shells in creep lifetime estimations. Tech. Mech., 20, (2000), pp. 215-226.
- [4] Reissner E. On a certain mixed variational theorem and on laminated elastic shell theory. Reprinted from Refined Dynamical Theories of Beams, Plates and Shells, Springer Verlag, 1987, pp. 17 – 27.
- [5] Romashov Yu.V., Sobol V.N. Mathematical formulations and numerical solutions of initial-boundary-value problem of creep theory // Contemporary problems of mathematics, mechanics and computing sciences / N.N. Kizilova, G.N. Zholtkevych (eds.). – Kharkov: Publishing house PPB Virovec' A.P. Publishing house is a group "Apostrophe", 2011. – 396 p. – pp. 120-129.

**МОДЕЛЮВАННЯ ЩОРІЧНИХ МАКСИМАЛЬНИХ ПАВОДКОВИХ
ВИТРАТ ВОДОСХОВИЩ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ**

**SIMULATION OF YEARLY MAXIMAL FLOOD DISCHARGES OF
RESERVOIRS OF DNIPRO CASCADE**

*д-р техн. наук А.О. Мозговий,
канд. техн. наук К.В. Спіранде, канд. техн. наук С.В. Бутнік
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*A.O. Mozgovyi, Dr. Sc. (Tech.),
K.V. Spirande, PhD (Tech.), S.V. Butnik, PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Імовірнісні методи розрахунку гідротехнічних споруд набувають поширення, що регламентовано нормативними документами [1–3]. Вагомим фактором впливу на гідротехнічні споруди є гідрологічний режим водотоку, у зв'язку із чим постає потреба у моделюванні щорічних максимальних паводкових витрат водосховищ, моделюванні імовірнісного характеру природно-кліматичних факторів впливу на гідротехнічні споруди [4], урахуванні кореляційного взаємозв'язку між щорічними максимальними паводковими витратами при переході від одного гідровузла до іншого. У даному дослідженні моделювання щорічних максимальних паводкових витрат водосховищ Дніпровського каскаду здійснено методами багатфакторної кореляції і регресії.

Алгоритм моделювання щорічних максимальних паводкових витрат передбачає наступне:

1. За допомогою відповідних підстановок закони розподілів щорічних максимальних паводкових витрат Q , m^3/c перетворюються в умовні нормальні закони $Q_{ум}$, m^3/c .

2. Будується система нормальних рівнянь для n ($n = 3$) незалежних змінних $X_{1,i}$, $X_{2,i}$, $X_{n,i}$, які представляють ряди статистичних даних щорічних максимальних паводкових витрат у пунктах спостережень (м. Вишгород, м. Київ, м. Кременчук).

3. Із розв'язання системи нормальних рівнянь визначаються емпіричні коефіцієнти a_0 , a_1 , a_2 , a_3 .

4. Відгук системи Yr_i представляє очікувану величину щорічних максимальних паводкових витрат у пункті спостереження (с.м.т. Лоцмано-Кам'янка), яка визначається за виразом лінійного поліному.

5. Обчислюються значення парних коефіцієнтів кореляції пар рядів статистичних даних.

6. Визначаються значення часткових коефіцієнтів кореляції між двома змінними при постійній величині третьої змінної.

7. Обчислюються значення часткових коефіцієнтів кореляції між двома змінними при двох постійних величинах третьої та четвертої змінних.

8. Перевіряється значимість парних і часткових коефіцієнтів кореляції.

9. Умовні нормальні розподіли щорічних максимальних паводкових витрат $Q_{ум}, м^3/с$ перетворюються у вихідні розподіли.

Результати моделювання щорічних максимальних паводкових витрат водосховища Дніпровського каскаду візуалізовано на рисунку 1.

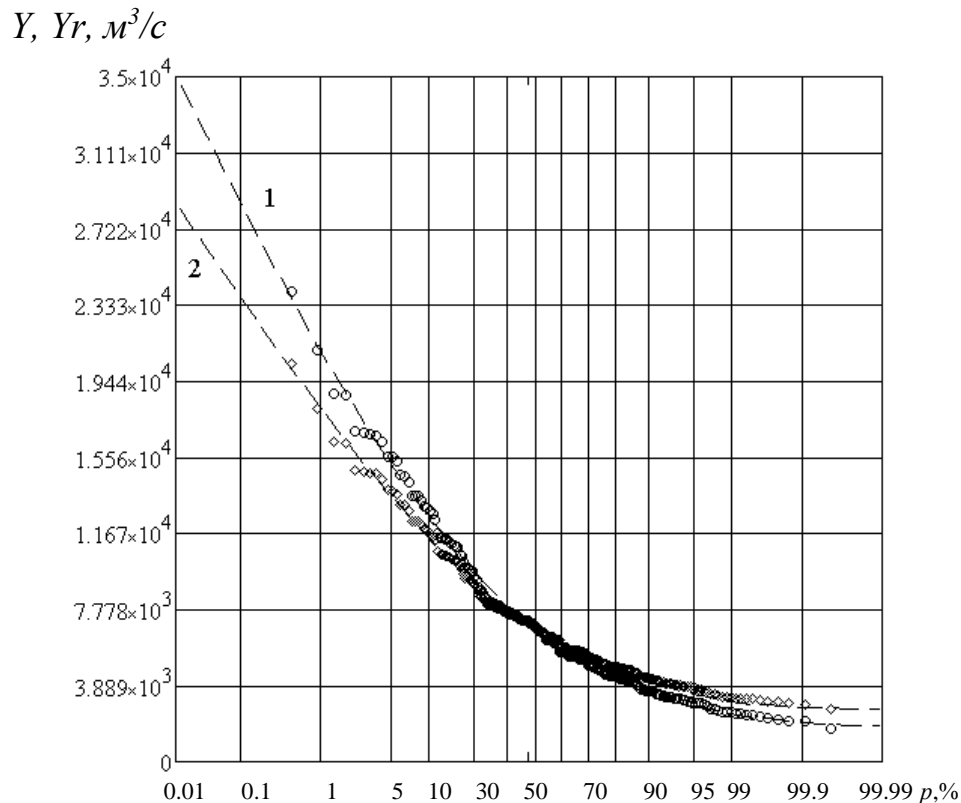


Рис.1 Порівняння результатів розрахунків імовірності щорічних максимальних витрат р. Дніпро: О – зафіксовані витрати біля с.м.т. Лоцмано-Кам'янка (крива 1); \diamond – графік лінійної функції регресії витрат біля с.м.т. Лоцмано-Кам'янка (крива 2); p , % – імовірність

Найбільші відхилення точок за графіком лінійної функції регресії щорічних максимальних витрат р. Дніпро (крива 1) від зафіксованих щорічних максимальних витрат (крива 2) спостерігаються при $p = 99.95\%$, $\sigma = 933 м^3/с$; $p = 0.5\%$, $\sigma = 3687 м^3/с$, а середнє квадратичне відхилення складає $\sigma = 780 м^3/с$.

[1] ДБН В.2.4–3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. [Чинний від 2011-01-01]. Київ : ДП "Укрархбудінформ", 2010. 37 с. (Державні будівельні норми України).

[2] FEMA P–1025. Federal Guidelines for Dam Safety Risk Management : Catalog №14353–1. Dewberry : RAMPP, URS Corporation, 2015. 49 p. (Federal Guidelines for Dam Safety Risk Management).

[3] Guide to the basis of structural reliability and risk engineering related to Eurocodes, supplemented by practical examples 1990 and to application and use of Eurocodes : Handbook 2. Prague, 2005. 254 p. (Reliability backgrounds).

[4] Mozgovyi A. Simulation of two-dimensional distribution laws of random correlated quantities of natural-climatic factors in context of probabilistic assessment of reliability of hydraulic structures of cascades of hydroschemes // Andrii Mozgovyi, Karina Spirande. E3S Web Conf., 280 (2021) 03007.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ ЧЕРЕЗ
ВІКОННИЙ ПРОРІЗ БУДИНКУ З ГОРЮЧИМ ФАСАДОМ НА
ЕЛЕМЕНТИ СУМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE IMPACT OF FIRE THROUGH
THE WINDOW OPENING OF A HOUSE WITH A FLAMMABLE FACADE
ON ELEMENTS OF ADJACENT OBJECTS**

д-р техн. наук Ніжник В.В.¹,

д-р техн. наук Поздєєв С.В.¹,

д-р техн. наук Шналь Т.М.²,

канд. техн. наук Фещук Ю.Л.¹, Некора В.С.¹

¹*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (Київ)*

²*Національний університет "Львівська політехніка" (Львів)*

V.V. Nizhnyk¹, Dr.Sc. (Tech.),

S.V. Pozdeev¹, Dr.Sc. (Tech.),

T.M. Shnal², Dr.Sc. (Tech.),

Yu.L. Feshchuk¹, PhD (Tech.), V.S. Nekora¹

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection (Kyiv)*

²*Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Для встановлення вимог до нормування протипожежних відстаней по принципу визначення цілей та параметрів безпеки з визначенням конкретних критеріїв, діапазону допустимих вимог забезпечення пожежної безпеки (параметричний підхід) одним із можливих варіантів є дослідження процесів теплопередачі з використанням сучасних програмних комплексів. На базі таких комплексів досліджувалися методи математичного моделювання в роботах [1 – 3], однак при цьому не досліджено теплопередачу як критерій критерій визначення протипожежних відстаней між спорудами.

Мета роботи – дослідження температурного впливу пожежі через віконний проріз будинку з горючим фасадом на елементи суміжних об'єктів за методами газодинаміки на основі створення математичної моделі та її валідація з експериментальними даними.

Для проведення валідації математичної моделі проведено експериментальні дослідження щодо зміни температури на поверхні експериментальних зразків залежно від відстані їх розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу. Зразки розташовувались на одній лінії на відстані 2 м від осередку горіння та один відносно одного. Результати подано у графічному вигляді (рис. 1).

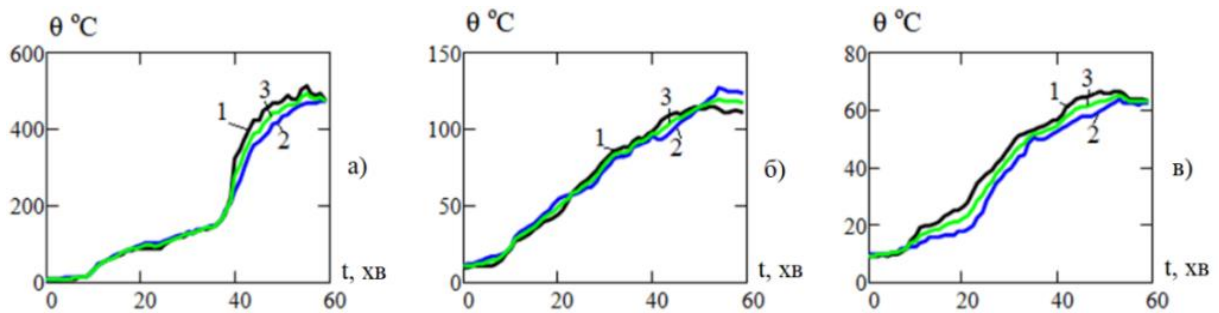


Рис. 1 Залежність температури на поверхні експериментальних зразків від відстані їх розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу: а) зразок Т2, б) зразок Т5, в) зразок Т8, (1, 2 – дані окремого експерименту), (3 – усереднені дані)

Визначено дисперсії температур від тривалості теплового впливу для кожного зразка.

За методами газодинаміки на основі стандартизованих значень параметрів: пожежного навантаження деревини та інших матеріалів, виділення газу, розроблено математичну модель процесів теплового впливу факелу пожежі на елементи суміжних об'єктів.

Результати математичного моделювання порівняно із результатами експериментальних досліджень та зображено у вигляді графіків в одній системі координат для термопар Т3, Т5, Т8 (рис. 2).

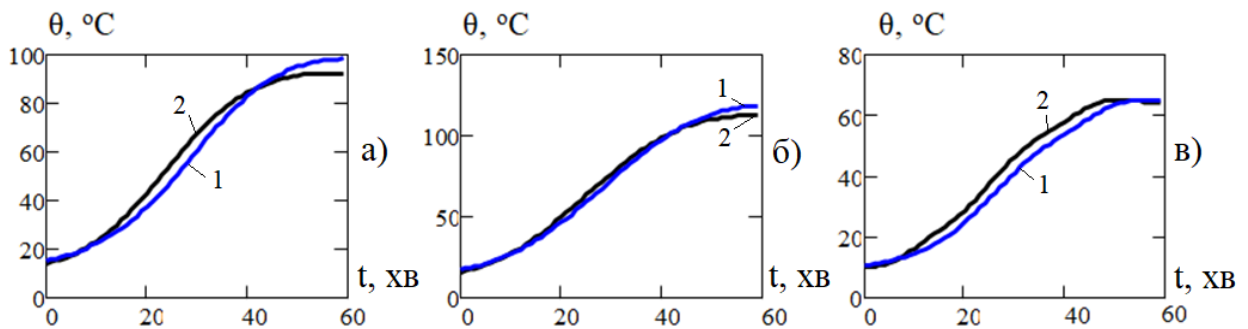


Рис. 2 Порівняння математичного моделювання з результатами експериментальних досліджень: 1 – моделювання, 2 – експеримент

Здійснено перевірку адекватності за такими критеріями: абсолютні відхилення, відносні відхилення, середньоквадратичні відхилення.

Отже, абсолютні відхилення між результатами математичного моделювання та усередненими експериментальними дослідженнями не перевищують $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, що у відсоткових показниках не перевищує 20% , середньоквадратичні відхилення становлять в межах $3\div 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, що вказує на те, що дані математичного моделювання максимально наближені до усереднених даних експерименту.

[1] Olenick S. M. An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke / S. M. Olenick, D. J. Carpenter // Journal of Fire Protection Engineering. – 2003. – № 13. – p.87 – 110.

[2] Табунщиков Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродяч. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.

[3] Егоров В. И. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности: учебное пособие / В. И. Егоров. – СПб. : СПб ГУ ИТМО, 2006. – 77 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ ВІБРОАРМОВАНИХ ҐРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬ

THE VIBROREINFORCED SOIL-CEMENT PILES IMPLEMENTATION

канд. тех. наук **О.П. Новицький**

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

O.P. Novytskyi, PhD (Tech.)

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)

Бурозмішувальна технологія влаштування ґрунтоцементних основ і фундаментів без виймання ґрунту є ефективним методом фундаментобудування в умовах ущільненої міської забудови. Завдяки ній можливе влаштування підсилених основ, укріплення схилів та бортів котлованів, виконання роздільних стінок, а також влаштування ґрунтоцементних паль.

Недоліком ґрунтоцементних паль є порівняно нижча несуча здатність за матеріалом чим несуча здатність по ґрунту.

Автором статті проведено серію лабораторних та натурних випробувань, результатом котрих стало можливе збільшення несучої здатності ґрунтоцементних паль.

В першу чергу було застосовано глибинне віброущільнення з частотою 220 Гц при влаштуванні трьох ґрунтоцементних паль на будівельному об'єкті, випробування проводилися з відбором зразків та неруйнівним методом.

Таблиця 1 - Усереднені результати визначення характеристик матеріалу ґрунтоцементних паль влаштованих з використання глибинного віброущільнення

№ палі	Неруйнівний метод		Руйнівний метод		
	Міцність, МПа	Коеф. варіації v	Щільність ρ , т/м ³	Міцність, МПа	Коеф. варіації v
1 (без вібрації)	2,99	0,26	2,162	3,08	0,312
2	5,1	0,069	2,283	5,46	0,126
3	4,88	0,047	2,213	5,17	0,096

Отримані результати показують позитивний вплив віброущільнення на міцність та щільність ґрунтоцементу. Показники міцності матеріалу паль, що були провібровані на 63-77%, а щільність зросла на 2,4-5,6 %. Звертаючи увагу на коефіцієнт варіації можна відмітити більш стабільну міцність матеріалу ущільнених паль.

На другому етапі впровадження було влаштовано неармовану ґрунтоцементну палю, а також дві палі при влаштуванні яких вдавлювалися арматурні каркаси за допомогою глибинної вібрації.

На рис. 1 зображено графік осідання неармованої ґрунтоцементної палі та віброармованих ґрунтоцементних паль (ВАГЦП) №1 та №2 при виконанні випробувані статичним вертикальним навантаженням.



Рис. 1 Графіки залежності осідань паль від вертикальних навантажень: 1 – неармована ґрунтоцементна палі; 2 – ВАГЦП №1; 3 – ВАГЦП №2

Основними ефективними способами підвищення несучої здатності ґрунтоцементних паль за матеріалом є глибинне віброущільнення та армування арматурними каркасами. Експериментально встановлено зростання несучої здатності за матеріалом ґрунтоцементних паль при використанні високочастотного глибинного вібрування для занурення арматурного каркасу. Таким чином отримані віброармовані ґрунтоцементні палі. Пальові фундаменти з влаштуванням віброармованих ґрунтоцементних паль впроваджені в будівництво.

[1] Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко. – Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. – 94 с. Іл.: 59, табл.: 36, бібліогр. 59 назв, додаток 1.

[2] Зоценко М.Л. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі / М.Л. Зоценко, І.М. Сухоросов, Л.М. Зоценко // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. пр. (будівництво) / Держ. наук.-дослід. ін-т будівельних конструкцій Мінбуду України. – К. : НДІБК, 2007. – Вип. 66. – С. 405–409.

[3] Ларцева І.І. Економічна ефективність використання ґрунтоцементних паль як фундаментів будівель і споруд / І.І. Ларцева, Р.В. Петраш, С.С. Петраш // Економіка і регіони. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – №1 (8). – С. 118–121.

[4] Нестеренко Т. М. Ґрунтоцементні основи і фундаменти, які виготовлені з використанням вібрування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.02 «Основи і фундаменти» / Т. М. Нестеренко. – Полтава, 2013. – 21 с.

[5] Петраш О. В. Ґрунтоцементні палі, виготовлені за бурозмішувальною технологією: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондаратюка. – Полтава: ПНТУ, 2013. – 23 с.

[6] Новицький О. П. Віброармовані ґрунтоцементні палі, виготовлені за бурозмішувальним методом: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондаратюка. – Полтава: ПНТУ, 2015. – 23 с.

МАЙБУТНЄ ПРОЄКТУВАННЯ. ПЕРЕВАГИ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ
THE FUTURE OF DESIGNING. BENEFITS BUILDING INFORMATION MODELING

В.Ю. Олійник

*Президент Асоціації «Українська Асоціація проектних організацій», Радник Голови
Державного агентства автомобільних доріг України (УКРАВТОДОР)*

V. Oliinyk

*President of the Association "Ukrainian Association of Design Organizations", Advisor to the Head
of the State Road Agency of Ukraine (UKRAVTODOR)*

Мета: Вдосконалення галузі проектування. Розвиток інформаційного моделювання. Впровадження сучасних технологій проектування в Україні.

Зміст:

Визначення BIM-моделювання британського Комітету інформації про будівельні проекти (CPIc) є наступним:

«... Цифрове подання фізичних і функціональних характеристик об'єкта будівництва, що створює загальну базу знань для отримання інформації про нього, що утворить надійну основу для прийняття рішень протягом життєвого циклу, від концепції до виведення з експлуатації»

Четверта науково-технічна революція (з середини ХХ століття) охопила інтелектуальну діяльність, починаючи з інформаційних образів в економіці, штучного інтелекту у нових технологіях. І дала нам можливість оперувати не елементами, а вже об'єктами і системами, і не характеристиками, а взаємозв'язком, тож змінюється і суть проектування.

Тепер в процесі проектування створюється не сукупність креслень і описів майбутнього об'єкта, а його інформаційна модель, яка виступає в якості загального ресурсу знань і отримання інформації про об'єкт, забезпечуючи прийняття оптимальних рішень на всіх етапах його життєвого циклу

Інформаційна модель виступає в якості бази даних, в якій консолідується і інтегрується інформація про автомобільну дорогу і містить 3D моделі, паспорта об'єктів, архів документації та іншу інформацію по комплексу споруд, що входять до складу автомобільної дороги, мосту в структурованому і взаємопов'язаному вигляді.

Інформаційна модель є цифровим прототипом об'єкта, в якому однозначно визначено кожен його елемент і забезпечено їх логічний взаємозв'язок

- BIM модель дозволяє краще зрозуміти проектний задум
- BIM скорочує кількість помилок в проектних рішеннях, помилок через погану координацію, помилок будівельників
- можливості по аналізу і симуляції дозволяють вибрати кращий з можливих варіантів проекту

- BIM надає цінний внесок у скорочення термінів запуску об'єкта в експлуатацію

- BIM має суттєвий вплив на можливість контролювати вартість будівництва.

Інформаційна модель є цифровим прототипом об'єкта, в якому однозначно визначено кожен його елемент і забезпечено їх логічний взаємозв'язок

Проаналізувавши проблему впровадження інформаційних моделей в сфері проектування доріг Асоціація бачить вирішення проблеми в наступному:

аналіз і впровадження досвіду провідних західних країн в сфері інформаційного моделювання;

у взаємодії з проєктантами розробити правила і форму передачі моделей, характеристик об'єктів для можливості стикування моделей;

у взаємодії з проєктантами розробити правила оформлення BIM проєктів; запровадити базу даних моделей з можливістю двостороннього обміну інформацією.

Інформаційні моделі як окремі і непов'язані між собою об'єкти дають значно менше користі ніж ті, що можуть стикуватись і забезпечувати взаємозв'язок. Вирішення питання стикування моделей, їх інтеперабельність це складна багатокрітеріальна задача, вирішення якої призведе до повної автоматизації життєвого циклу транспортної інфраструктури. Інтеперабельні моделі дадуть змогу використовувати штучний інтелект для вирішення складних задач утримання і розвитку транспортної інфраструктури.

ВИСНОВКИ:

Для ефективного управління у будівельному виробництві необхідно, щоб інформація була систематизована, структурована, і стандартизована. Для досягнення максимального ефекту від впровадження ІМ необхідний охоплення максимуму стадій життєвого циклу будівельного об'єкта, більш широке використання інформації, вибудовування процесів таким чином, щоб введена інформація багаторазово використовувалася з різними цілями.

Організація колективної роботи з моделями доріг (Замовник - Проектувальник - Підрядник - будконтролю) - Середовище загальних даних):

1. Організація єдиного координатного простору
2. Обґрунтування переліку обмінних форматів даних (Інтеперабельність) і програмного забезпечення (ПО)
3. Класифікація моделей доріг (3D)
4. Обґрунтування рівнів деталізації моделей (LOD)
5. Розробка бібліотек типових елементів моделей
6. Розробка класифікаторів
7. Інтеграція моделей доріг і кошторисних розрахунків (4D)
8. Підготовка моделей для систем управління дорожньо-будівельними машинами
9. Конвертація САПР-моделей в ГІС-моделі на стадії експлуатації доріг.

Попереду у нас з Вами ще багато нових викликів, але лише спільними зусиллями з урахуванням міжнародного досвіду ми їх з впевненістю здолаємо.

**ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ЗМІЦНЕННЯ БЕТОНУ
ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІД ГЕОМЕТРИЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ**

**CONCRETE STRENGTHENING COEFFICIENT DEPENDENCE ON
GEOMETRIC PARAMETERS OF STEEL TUBULAR CONCRETE-FILLED
ELEMENTS**

*д-р техн. наук А.М. Павліков¹, д-р техн. наук Д.В. Кочкар'ов²,
канд. техн. наук О.В. Гарькава¹, К.І. Андрієць¹*

¹*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)*

²*Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)*

*A.M. Pavlikov¹, Dr.Sc. (Tech.), D.V. Kochkarov², Dr.Sc. (Tech.),
O.V. Harkava¹, PhD (Tech.), K.I. Andriiets¹*

¹*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic" (Poltava)*

²*National University of Water Management and Nature Resources Use (Rivne)*

Due to artificially created conditions of strain restriction of concrete by an external tube-shell the phenomenon of strengthening occurs in steel tubular concrete-filled elements. To take into account the strengthening of concrete in terms of its volumetric stress-strain state, a large number of methods for calculating the strength of compressed tubular concrete-filled elements were developed. But their empirical basis does not contribute to a deep understanding of the complex work of composites of tubular concrete-filled elements. The possibility of solving the existing problem in the theory of calculations of the strength of steel tubular concrete-filled elements on the basis of the introduced modern views on the work of concrete in combination with reinforcement and steel tube is covered in [1 – 3] and in many other works.

Summarizing the proposed recommendations, the aim of the article is to analyze an analytical expression for calculating the concrete strengthening coefficient of the core of a tubular concrete-filled element at the time of its complete destruction and to examine of its change depending on the geometric characteristics of the element.

The equation was obtained in [4] to check the bearing capacity of the steel tubular concrete-filled member under axial compression in the form:

$$N_{Rd} = k_{cs} A_c f_c + A_s f_y. \quad (1)$$

where A_c is the cross-sectional area of concrete, A_s is the cross-sectional area of the tube, f_c is the ultimate value of stress in the concrete at its destruction, f_y is an ultimate value of the stress in the steel tube at the ultimate state of the concrete-filled steel tubular member.

In equation (1) the coefficient

$$k_{cs} = 1 + \frac{4k}{k+1} \frac{f_y}{f_c} \frac{t}{D}. \quad (2)$$

is the coefficient of strengthening of concrete in the steel concrete-filled structure, taking into account the peculiarities of the conditions of Saint-Venant plasticity theory when applied to the modelling of this phenomenon.

The coefficient of strengthening of concrete k_{cs} in the concrete-filled steel structure, taking into account the peculiarities of the conditions of Huber-Mises-Genka plasticity theory when applied to the modelling of this phenomenon, was obtained in the form

$$k_{cs} = 1 + 4 \left(\frac{2k + 1}{\sqrt{k^2 + k + 1}} - 1 \right) \frac{f_y}{f_c} \frac{t}{D}. \quad (3)$$

Theoretical expressions for the coefficient k_{cs} according to formulas (2) and (3) were used for the analysis. The graphs in figures 1 and 2 show the change in the coefficient of strengthening with increasing of tube thickness (t) in the range of 3 to 8 and its diameter (D) in the range of 70 to 130 mm correspondingly. The following parameters of the steel tubular concrete-filled element are used: outer diameter of the tube is 102 mm, concrete grade is C50/60, yield strength of steel is $f_y = 287$ MPa.

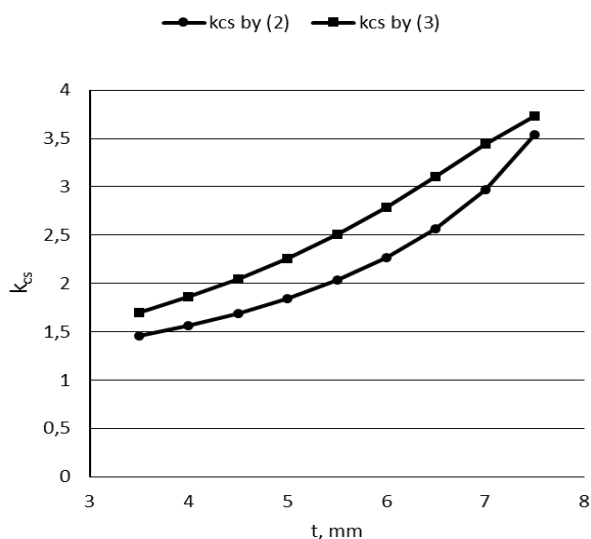


Fig. 1 Graphs of concrete strengthening coefficient values dependence on the tube wall thickness

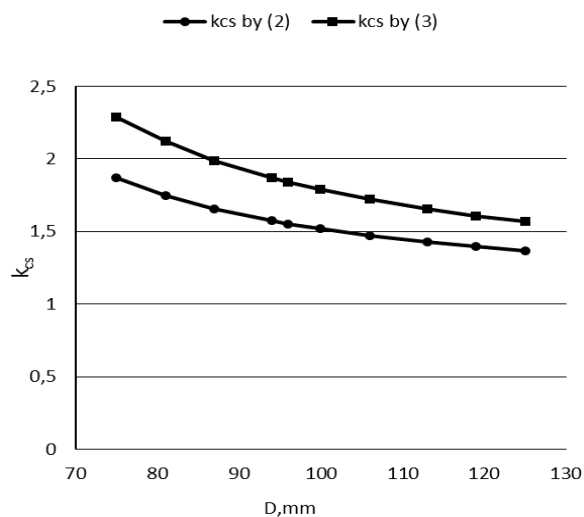


Fig. 2 Graphs of concrete strengthening coefficient values dependence on a yield strength of steel

As can be seen from the graphs, the thickness of the tube wall is more important for the coefficient of strengthening of concrete compared to the diameter of the tube. Doubling the thickness of the tube wall contributes to the same doubling of the coefficient k_{cs} . The increase in the diameter of the tube causes a slight decrease in the coefficient of strengthening of concrete.

[1] Mitrofanov V. P. Manual on the calculation of the strength of concrete-filled steel members under axial compression / V.P. Mitrofanov, A.Dergam. – Poltava: PoltNTU, 2008. – 98 p.

[2] Nesvetaev G. V. Strength assessment of concrete-filled steel tubes / G.V. Nesvetaev, I.V. Rezvan // Fundamental research, 2011. – No12-3. – P. 580–583.

[3] Pavlikov A. Calculation of reinforced concrete members strength by new concept / A. Pavlikov, D. Kochkarov, O. Harkava // CONCRETE. Innovations in Materials, Design and Structures : Proceedings of the fib Symposium 2019 held in Kraków, Poland 27-29 May 2019. – P. 820 – 827.

[4] Pavlikov A.M. Strength Analysis of Concrete-Filled Steel Tubes on the Basis of Plasticity Conditions / A. M. Pavlikov, D. V. Kochkarov and O. V. Harkava // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021/ – Volume 1079. – Chapter 4.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛІВ ТА
МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОГАБАРТИНОГО
ФРАГМЕНТУ**

**EXPERIMENTAL STUDY OF DISTRIBUTIONS AND STRENGTH
CHARACTERISTICS OF A SMALL-SIZED FRAGMENT BY THE**

*А.В. Перегін¹,
канд. техн. наук О.М. Нуянзін¹,
д-р. техн. наук Т.М. Шналь²,
канд. техн. наук С.Д. Щіпець¹,
д-р. техн. наук О.М. Мирошник¹*

¹*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного
університету цивільного захисту України (м. Черкаси)*

²*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*A.V. Perehin¹,
O.M. Nuianzin¹, PhD (Tech.),
T.M. Shnal², Dr.Sc (Tech.),
S.D. Shchipets¹, PhD (Tech.),
O.M. Myroshnyk¹, Dr.Sc (Tech.)*

¹*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil
Protection of Ukraine (Cherkassy)*

²*Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Будівельні конструкції виконують важливу роль у забезпеченні протипожежного захисту будівель, тому визначення вогнестійкості будівельних конструкцій належить до актуальних питань [1].

Було поставлено завдання удосконалити визначення точності та ефективності проведення випробувань вогнестійкості будівельних конструкцій за допомогою запровадження постійного контролю температури та підтримання на одному рівні проведення випробувань у вогневій печі, що дозволить порівнювати за певні проміжки часу та інтенсивність теплової дії на зразок, що випробовується.

Для випробувань використовувалась вогнева піч. Дана піч здатна забезпечити стандартні умови впливу вогню щодо термічного впливу і тиску.

Лінійна швидкість нагрівання камери печі склала 15 °С/хв. При досягненні значення 760 С було встановлено стаціонарний режим за допомогою регулювання потужності нагріву печі. Випробування тривало 60 хвилин (рис. 1).

Для вимірювання температури в печі використовувалися термопари ТХА-2388 з діаметром дроту 1,25 мм (рис. 6), які можна використовувати для вимірювання температури в діапазоні від 0 до 1300 С.

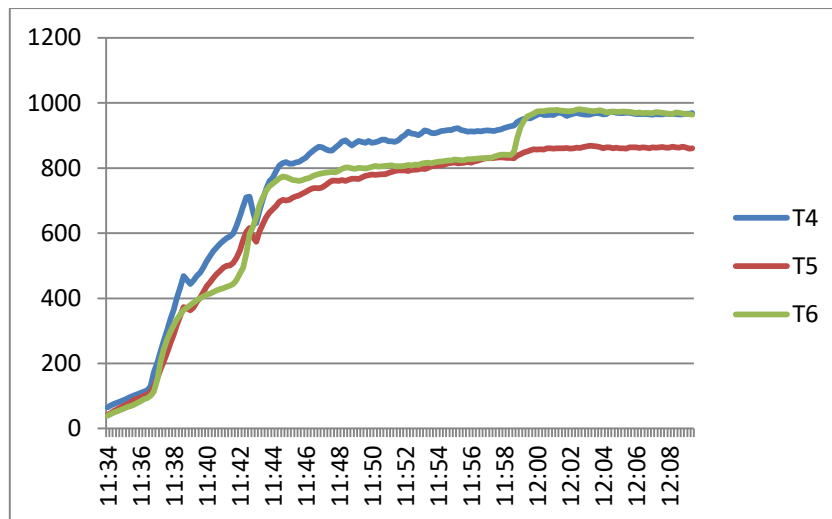


Рис. 1 Лінійна швидкість нагрівання камери печі: температурно-часова залежність в камері вогневої печі. T4 – T6 – термопари всередині камери печі.

Для зняття цифрових значень температури в місцях установки термопари використовувався модуль аналого-цифрового перетворення (АЦП) сигналу термопари що було розроблено в інституті), і дозволяє проводити вимірювання температури з чутливістю в 0,25 °C. (Рис. 2).

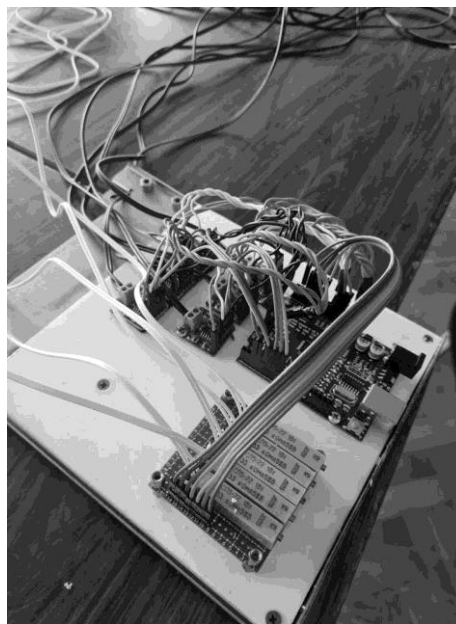


Рис. 2 Модуль аналого-цифрового перетворення

Модуль побудовано на базі мікросхеми Max. 31855, яка дозволяє перетворювати аналоговий цифровий сигнал термопар в цифровий з максимальним значенням температури до 1350 °C.

Було отримано залежності результати, що доцільно використовувати при подальших дослідженнях в галузі випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій.

[1] Ройтман В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / Владимир Миронович Ройтман. – М. : Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. – 382 с.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ АГРЕСИВНОГО
СЕРЕДОВИЩА**

**IMPROVING THE SERVICEABILITY OF REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS**

*канд. техн. наук В.В. Погрібний,
канд. техн. наук О.О. Довженко,
канд. техн. наук В.А. Кириченко*

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

*V.V. Pohribnyi, PhD (Tech.),
O.O. Dovzhenko, PhD (Tech.),
V.A. Kyrychenko, PhD (Tech.)*

National University Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic (Poltava)

Станція нейтралізації, котра обстежувалася, представляє собою блок цехів водоканалізації, призначений для попередньої нейтралізації кислих та лужних виробничих рідин. Будівля 2-х поверхова з підвалом, в якому розташовані ємності для продуктів нейтралізації та здійснюється очищення виробничих рідин. Конструкції 1-го та 2-го поверхів збірні залізобетонні, конструкції підвалу: стіни, днище, колони, перекриття – монолітні залізобетонні. Технологічні рідини містять хлориди (800 мг/л), сульфати (600 мг/л), вуглекислоту (700 мг/л). Водневий показник рідкого середовища $pH < 5,0$. Вологісний режим приміщення підвалу у зимовий період – мокрий.

За матеріалами обстеження встановлені схеми армування конструкцій, ступень пошкоджень та фактичні характеристики міцності бетону й арматури.

Найбільш спрацьованими виявилися конструкції підвалу, котрі знаходяться під впливом агресивного середовища, а саме:

- колони зі зниженням міцності бетону на 20 %, розтріскуванням та відшаруванням захисного шару бетону, глибина пошкодження шару бетону до 50 мм, порушена структура бетону з ослабленням поперечного перерізу та корозійними пошкодженнями поздовжньої арматури на 15 %; інтенсивне замочування на окремих ділянках, пов'язане з недостатньою гідроізоляцією та високим рівнем ґрунтових вод. Для умов експлуатації підвалу характерно постійне зволоження нижньої частини колони виробничими рідинами, до складу яких входять сульфати та хлориди, дія вуглекислоти повітря при його високій вологості понад 80%, а також періодичне зволоження верхньої частини колони. Глибини карбонізації бетону визначена величиною водневого показника [1];

- днище та стіни мають пошкоджені ділянки бетону: наявні раковини, пори, нещільно вкладений бетон. В якості гідроізоляції проектом була передбачена обмазка стін бітумною мастикою. В результаті тривалої експлуатації ґрунтови

води піднялися до рівня на 0,5 м вище підлоги підвалу.

Розрахунок несучої здатності конструкцій засвідчує, що їх технічний стан задовільний, але наявні пошкодження суттєво знижують довговічність та експлуатаційну придатність станції нейтралізації. Для підвищення експлуатаційної придатності об'єкта необхідно виконати заходи із захисту [2], насамперед залізобетонних конструкцій приміщення підвалу.

Перед влаштуванням гідроізоляції проникаючої дії видалити продукти корозії арматури та бетону стін механічним способом. У місці найбільшого проникнення ґрунтової вологи тріщини розчистити, продути стиснутим повітрям, зволожити та заповнити їх тампонажним цементом фірми «Drizoro» (Іспанія) або його аналогом.

Виконати захист пошкоджених ділянок бетону днища і стін шляхом створення адгезійного шару між старим та новим бетоном та відновити ослаблений переріз із заповненням раковин, пор, ділянок нещільно вкладеного бетону. Для цього використати ремонтний розчин фірми «Drizoro» на протязі 20 хвилин з моменту його заготовки. У місці примикання стін до днища влаштовуються перехідні бортики. На очищену та зволожену поверхню днища і стін жорсткою щіткою наноситься перший шар гідроізоляційного розчину «Vandex» компанії Vandex Int (Швейцарія). Наступний шар наноситься в напрямку перпендикулярному до попереднього. Загальна товщина покриття 1,5 – 3,0 мм. Приблизно через 5 – 7 діб матеріал, реагуючи на вологу в порах і капілярах старого бетону, створює кристалічні новоутворення, котрі ущільнюють структуру бетону й унеможливають фільтрацію ґрунтової води. Для механічного та хімічного захисту гідроізоляції підлоги через 1 – 2 доби влаштовується покриття із кислотостійких плиток. Пошкоджений шар замінюється новим із дрібнозернистого бетону. Нанесення нового шару виконується на поверхню, очищену механічним способом від бетону порушеної структури, пилу та бруду, продуту стиснутим повітрям та зволожену, а також нейтралізовану від впливу кислотного середовища 5% розчином кальцинованої соди. Відкриту арматуру очищують від продуктів корозії механічним способом. Мінімальна товщина захисного шару складає 30 мм. Ремонтний бетон виготовляється із високоякісного цементу, добавок і заповнювачів. Рекомендуються матеріали компанії «Полірем» (Україна). Для створення адгезійного шару між старим та новим бетоном і захисту арматури застосовують двокомпонентні матеріали Полірем СГи622+, які наносяться щіткою тонкими шарами на підготовлену поверхню арматури та бетону. Від дії рідкого середовища колони до висоти 1,5 м від рівня підлоги захищаються кислотостійкими керамічними плитками, котрі вкладаються на розчині Полірем СГи625 «Екстра». Гідроізоляція кріпиться до заґрунтованої поверхні. Відремонтована поверхня колони підвалу вище 1,5 м та конструкцій перекриття підвалу захищається від впливу газового середовища лакофарбовим покриттям.

[1] Коверніченко Л.М. Довговічність і визначення ступеня корозії залізобетону. *Вісник Криворізького національного університету*. Вип. 45, 2017. С.16-22.

[2] ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги. К.: Мінрегіонбуд, 2010.77 с.

**ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК НА
ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ
КРИВИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖІ**

**EVALUATION OF FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE
BEAMS ON THE BASIS OF USE OF PARAMETRIC TEMPERATURE
CURVES OF FIRE MODES**

*д-р техн. наук, С.В. Поздєєв,¹ д-р техн. наук Т.М. Шналь²,
канд. техн. наук П.Ф. Холод², С.М. Федченко¹, І.А. Неділько¹*

*¹Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України(Черкаси)*

*²Інститут будівництва та інженерних систем
Національного університету «Львівська політехніка»(Львів)*

*S.V. Pozdieiev¹, Dr.Sc. (Tech.), T.M. Shnal², Dr.Sc. (Tech.),
P.F. Kholod², PhD (Tech.), S.M. Fedchenko¹, I.A. Nedilko¹*

*¹Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of the National University of Civil Defence of Ukraine(Cherkasy)*

*² Institute of Civil Engineering and Building Systems
of Lviv Polytechnic National University(Lviv)*

В останні десятиліття проведено велику кількість досліджень по розвитку пожеж, у приміщеннях на моделях повного масштабу [1], що дало змогу розробити методики температурних режимів пожеж максимально наближених до реальних. Оцінка вогнестійкості залізобетонних балок з використанням розрахункових методів за умови параметричного температурного режиму пожежі передбачає побудову діаграм граничних пластичних моментів за параметричного вогневого впливу та за температурним режимом, що відповідає стандартній кривій температура – час.

Для вивчення розподілень температури по перерізу залізобетонних балок при тепловому впливі на них пожежі із режимом, що наближений до реального була використана розрахункова методика, що заснована на розв'язку нестационарного рівняння теплопровідності [2]. Відповідно до перерізу залізобетонної балки були проведенні розрахунки та отримані температурні розподілення по перерізу конструкції у контрольні моменти часу, що відповідають стандартному ряду класів вогнестійкості R 30 – R 120.

Для порівняння були проведені подібні розрахунки [3 – 6] за умови стандартного температурного режиму пожежі. Результати розрахунку у вигляді температурних розподілів по перерізу залізобетонної балки 240×600 наведені на рис. 1.

30 хв 45 хв 60 хв 90 хв 120 хв 150 хв 180 хв

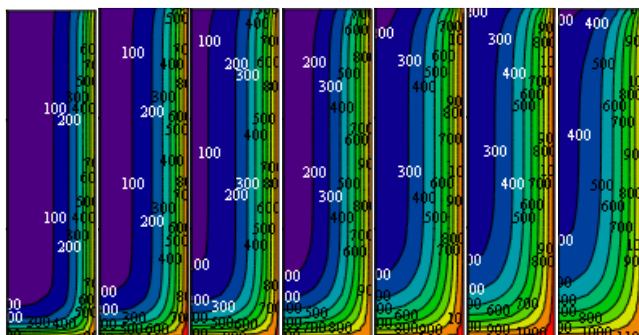


Рис.1 Розподіли температури по симетричній половині перерізу залізобетонної балки у різні моменти часу для стандартного температурного режиму пожежі.

Для визначення несучої здатності досліджуваної залізобетонної балки використано розрахункові процедури, що наведені у [2]. Після виконання розрахунків були визначені граничні пластичні моменти, що наведені у вигляді графіків на рис. 2.

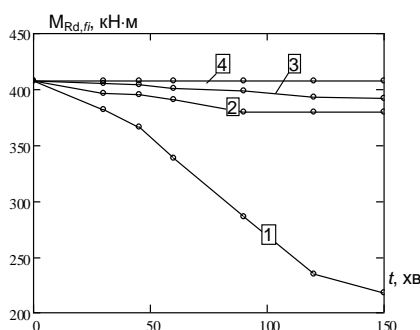


Рис. 2 Графіки залежностей граничних пластичних моментів від значення часу тривалості пожежі відповідно стандартним класам вогнестійкості для залізобетонної балки 240×600 мм при різних температурних режимах пожежі: 1 – стандартний температурний режим, 2 – температурний режим, розрахований при коефіцієнті прорізів $O = 0.0045 \text{ м}^{0.5}$ та щільності пожежного навантаження $q_{t,m} = 1200 \text{ МДж/м}^2$; 3 – температурний режим, розрахований при коефіцієнті прорізів $O = 0.0045 \text{ м}^{0.5}$ та щільності пожежного навантаження $q_{t,m} = 850 \text{ МДж/м}^2$; 4 – температурний режим, розрахований при коефіцієнті прорізів $O = 0.0045 \text{ м}^{0.5}$ та щільності пожежного навантаження $q_{t,m} = 500 \text{ МДж/м}^2$.

Графіки, зображені на рис. 2 показують, що стандартний температурний режим пожежі є найбільш жорстким і призводить до постійного зменшення граничного моменту на відміну від інших, що мають горизонтальні гілки, зумовлені спадною гілкою розрахованого температурного режиму пожежі за параметрами приміщення.

[1] Shnal, T., Pozdieiev, S., Yakovchuk, R., Nekora, O. Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests// Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, 100 LNCE, pp. 419–428.

[2] ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Дії на конструкції під час пожежі.

[3] I. Fletcher, S. Welch, Behaviour of concrete structures in fire// Environmental Science, Physics doi:10.2298/TSCI0702037F

[4] Dao Duy Kien; Do Van Trinh; Khong Trong Toan; Le Ba Danh Fire Resistance Evaluation of Reinforced Concrete Structures// 2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD), DOI: 10.1109/GTSD50082.2020.9303102.

[5] Shnal, T., Pozdieiev, S., Nuianzin, O. Sidnei, S. Improvement of the assessment method for fire resistance of steel structures in the temperature regime of fire under realistic conditions // Materials Science Forum, 2020, 1006 MSF, pp. 107–116.

[6] Шналь Т. М. Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу параметричних температурних режимів пожеж : дис. докт. техн. наук : 21.06.02 / Шналь Тарас Миколайович – Львів, 2019. – 395 с.

**ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСПЕРСНО АРМОВАНИХ
БЕТОНІВ В ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇНАХ ТА США ДЛЯ
ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА**

**PREREQUISITES FOR THE APPLICATION OF DISPERSED
REINFORCED CONCRETE IN EUROPEAN AND USA FOR ROAD
CONSTRUCTION**

*канд. техн. наук В.О. Процюк,
канд. техн. наук О.В. Андрійчук
Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)*

*V.O. Protsiuk, PhD (Tech.), O.V. Andriichuk, PhD (Tech.)
Lutsk Nation Technical University (Lutsk)*

Відомо, що основними типами дорожніх покриттів є дорожні одяги нежорсткого типу (асфальтобетонні) і жорсткого типу (цементобетонні монолітні покриття, збірні залізобетонні покриття). Будівництво автомобільних доріг із жорстким покриттям розпочалося в кінці XIX століття у США, Шотландії, Німеччині та Франції.

За даних XXI Світового дорожнього конгресу протяжність мережі цементобетонних доріг у США складає 35% від загальної протяжності та 60% від протяжності магістральних доріг. Крім країн Північної Америки, бетонним автомагістралям віддали перевагу і європейські країни – Німеччина (31% від загальної протяжності), Бельгія (41%), Австрія (46% від протяжності магістральних доріг), Чехія, Польща, Франція, Швейцарія та азіатські країни – Китай, Японія [1].

Температурі коливання спричиняють розширення та звужування монолітного покриття, що призводить до виникнення напружень у бетонні, що сприяє утворенню тріщин. Для попередження утворення тріщин, в покритті нарізають поперечні та поздовжні шви, а також проводять армування покриття.

Критерій надійності і довговічності бетону дорожнього покриття визначається здатністю елементів структури перерозподіляти та гасити локальні напруження в нестійких тріщинах в період раннього твердіння і експлуатації.

Процес армування бетонів призводить до підвищення міцності матеріалу на розтяг. Оскільки застосування залізобетону здійснюється в широких масштабах, постає проблема максимального скорочення витрат металу та найраціональнішого його використання в конструкціях.

Для покращення техніко-економічного рівня та індустріалізації будівництва доцільно використання нових ефективних та недорогих матеріалів. Досвід будівельних організацій Італії, США, Великобританії, Німеччини, Японії та Франції показує, що перспективним напрямком розвитку будівельної індустрії є застосування бетонів, що армовані синтетичними волокнами (фібробетони), для конструкцій різного призначення [2].

Історія розвитку фібробетону розпочинається з кінця ХІХ століття. В 1874 році англійський будівельник А. Берард запатентував добавку до бетону, яка представляла собою неоднорідну суміш різних матеріалів. [3].

Перші роботи по отриманню дисперсно армованих бетонів сталевую фібри, пов'язують з ім'ям В.П. Некрасова в 1907 році провівши комплекс робіт. Він також описав результати випробувань бетонних матеріалів, що були регулярно і хаотично дисперсно армовані відрізками дроту малих діаметрів [2].

Дослідженням дисперсно армованого бетону присвячені роботи американського вченого Г.Ф. Портера (1910 рік), британця В. Фейкліна (1914 рік), а також французького вченого Х. Альфсена. В 1918 році Альфсен винайшов метод армування за допомогою сталевих або дерев'яних волокон.

Застосування фібробетону для влаштування дорожніх одягів в США вперше було виконано в 1971 році в штаті Огайо [4]. Відтоді було влаштовано значну кількість покриттів дисперсно армованих фіброю, що показує практичність фібробетону та його здатність щодо застосування практично замість будь-якого бетонного покриття.

За останні 30 років було проведено широкомасштабні лабораторні дослідження покриття із бетону армованого сталевую або синтетичною фіброю [5, 6]. Під час цих досліджень було встановлено, що гранична міцність покриття із фібробетону збільшується відносно звичайних бетонних плит, залежно від типу та дозування фібри.

Крім цього було встановлено, що додавання 0,32% та 0,48% від об'єму одного типу синтетичної фібри до бетону, збільшило навантаження на покриття від згинальних навантажень на 25% та 32% відповідно та їх кінцеву навантажувальну здатність на 20% та 34% відповідно [7].

Варто зазначити, що для нашої держави дуже важливим є вирішення загальних проблем створення транспортної інфраструктури, а саме зниження затрат при будівництві та збільшення терміну безремонтної експлуатації жорстких покриттів на автомобільних дорогах.

Отже, застосування фібри у цементобетоні для дорожнього покриття дозволяє зменшити ймовірність виникнення температурних тріщин в процесі експлуатації дорожнього покриття, що призводить до збільшення довговічності дорожнього одягу.

[1] В.О. Процюк, О.В. Андрійчук, І.В. Швець. Використання цементобетону і фібробетону в дорожніх і аеродромних покриттях. *Перспективи інституційного розвитку земельних відносин в Україні: Збірник наукових праць за матеріалами ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції 21 – 22 травня 2019 року.* – Полтава: Полтавський НТУ, 2019. – С.124-125.

[2] О.О. Довженко, І.А. Юрко, В.В. Кравченко. Застосування фібробетону в Україні. Властивості дисперсно армованих бетонів. *Научно-технічний збірник "Коммунальное хозяйство городов".* Випуск 90. Серія: "Архитектура и технические науки" – 2009. – С.267-272.

[3] Зотов А.Н. Структура и свойства модифицированных меклозернистых бетонов с полипропиленовой фиброй : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05. Кострома, 2016. 22 с.

[4] ACI Committee 544. 2008. *Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete.* ACI 544.3R-08. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

[5] Beckett, D. 1990. Comparative Tests on Plain, Fabric Reinforced and Steel-Fibre Reinforced Concrete Ground Slabs, *Concrete*, Vol. 24, No. 3, pp. 43–45.

[6] Beckett, D. and J. Humphreys. 1989. *Comparative Tests on Plain, Fabric Reinforced and Steel Fibre Reinforced Concrete Ground Slabs.* Thames Polytechnic School of Civil Engineering, Dartford.

[7] Roesler, J. R., S. A. Altoubat, D. A. Lange, K.-A. Rieder, and G. R. Ulreich. 2006. Effect of Synthetic Fibers on Structural Behavior of Concrete Slabs-On-Ground, *ACI Materials Journal*, Vol. 103, No. 1, pp. 3–10.

**ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЕВОГО УТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ТРІЩИН
В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ ЗА ОСЬОВОГО РОЗТЯГУ**

**STUDY OF LEVEL EDUCATION OF NORMAL CRACKS IN STRETCHED
REINFORCED CONCRETE ELEMENTS**

*д-р техн. наук В.М. Ромашко, канд. техн. наук О.В. Ромашко-Майструк,
Д.О. Троцьковець*

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

*V.M. Romashko, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Romashko-Maistruk, PhD. (Tech.),
D.O. Trotskovets*

National University of Water and Environmental Engineering (Rivne)

Питання тріщиностійкості залізобетонних елементів і конструкцій завжди залишатимуться одними із визначальних в теорії залізобетону, оскільки процеси утворення та розвитку тріщин суттєвим чином впливають на збереження їх експлуатаційних властивостей. До того ж, запровадження в сучасну практику проектування деформаційних моделей опору залізобетонних елементів силовим впливам надає можливості для більш точного відтворення реального напружено-деформованого стану вказаних елементів в процесі їх деформування.

Водночас загальновідомо, що утворення і розвиток тріщин в залізобетонних елементах є наслідком порушення зчеплення арматури з розтягнутим бетоном. Однак побудова загальної методики розрахунку утворення та розкриття нормальних тріщин з безпосереднім залученням визначальних закономірностей зчеплення арматури з бетоном і досі стикається з серйозними труднощами. Зокрема, розрахунок ширини розкриття нормальних тріщин за гіпотезою Томаса [1] у більшості випадків залишається декларативним через значні складнощі прямого інтегрування виразу взаємних зміщень бетону і арматури, який не може бути описаний єдиною універсальною функцією [2].

В даній роботі безпосереднє інтегрування виразу взаємних зміщень бетону і арматури пропонується замінити навіть не числовим інтегруванням зазначеного виразу, а послідовним (ступеневим) накопиченням вказаних зміщень [3]. А тому експериментально-теоретичні дослідження авторів саме і спрямовані на вивчення реального механізму їх накопичення. Пошук відповідних рішень розпочато з найпростішого випадку деформування залізобетонних елементів з утворенням в них тріщин. Для цього було виготовлено по три призмових зразки двох типів ПАЗ та ПАР (рис. 1).

В призмах ПАЗ центральний стержень серпоподібного профілю $\varnothing 10$ мм з арматури класу А500С був розрізаний посередині. Залізобетонна обойма навколо нього створювалася за допомогою просторового каркасу з 4-х поздовжніх стержнів гладкого профілю $\varnothing 6$ мм класу А240С та гнутих замкнених хомутиків $\varnothing 4$ мм класу Вр-І, розміщених з кроком 90 мм. Всі призми армувалися одним центральним розташованим в поперечному перерізі елемента стержнем $\varnothing 10$ мм

класу А500С. В даних дослідженнях призміві зразки розглядалися в якості фрагментів центрально розтягнутих елементів.

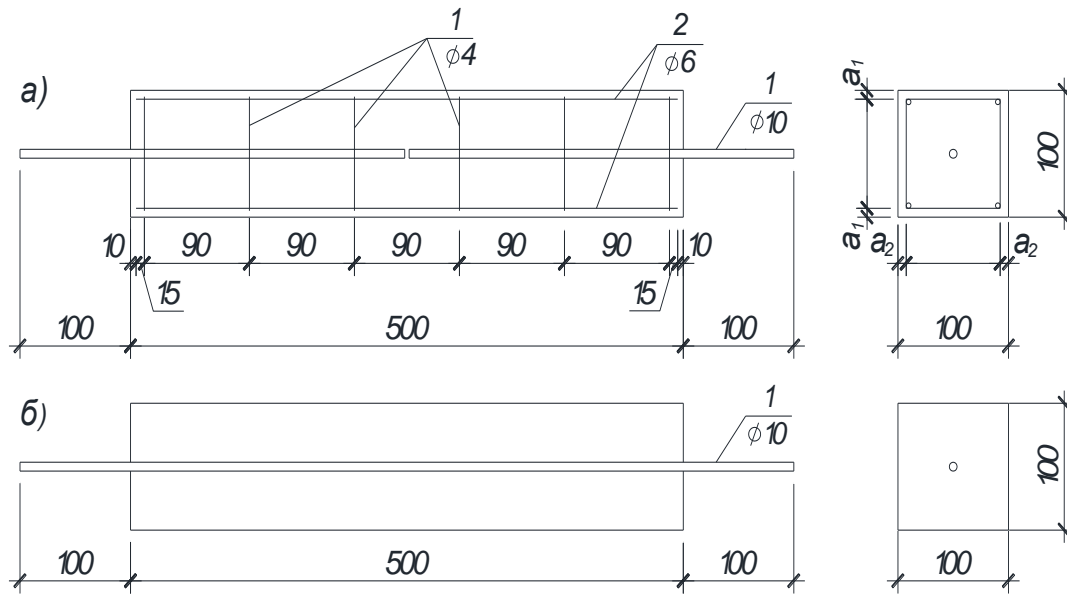


Рис.1 Конструкція та схеми армування призмових зразків типу:
а) - ПАз; б) – Пар

Експериментально підтверджено, що утворення нормальних тріщин в обох випадках носило рівневий характер. В призмах ПАз тріщини 1-го рівня утворювалися за навантажень $N_{w,1} \approx 0,45 N_{tu}$. Відстані між ними коливалися в достатньо широких межах – 120...250 мм. Утворення тріщин другого рівня, відстань між якими зменшувалась до 70...120 мм, відбувалося за навантажень $N_{w,2} \approx (0,8...0,9)N_{tu}$. При цьому ставало помітним проковзування гладких арматурних стержнів $\varnothing 6$ мм та порушення зчеплення центрального арматурного стержня $\varnothing 10$ мм з бетоном. У призмах Пар, через відсутність обрамлювального просторового каркасу, тріщини першого рівня почали появлятися за навантажень $N_{w,1} \approx 0,36 N_{tu}$. Крок між ними коливався в межах 170...250 мм. Тріщини другого рівня, відстань між якими зменшувалася те ж практично вдвічі до 70...130 мм, появлялися за навантажень, трохи більше експлуатаційних $N_{w,2} \approx (0,75...0,85)N_{tu}$. Для тріщин 3-го рівня характерним було те, що вони починали утворюватися за текучості арматури і відстань між ними вже складала 40...80 мм.

Розроблені загальна та спрощена методики, які дозволяють з достатньою точністю розраховувати як крок утворення, так і ширину розкриття нормальних тріщин на будь-яких ступенях деформування залізобетонних елементів.

[1] Thomas F. G. Cracking in Reinforced Concrete. *The Structural Engineer (London)*. 1936. Vol. 14, № 7. P. 298-320.

[2] Ромашко В. М., Ромашко О. В. Розрахунок тріщиностійкості залізобетонних елементів з урахуванням рівнів утворення нормальних тріщин. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*. 2018. Вип. 181. С. 58-65.

[3] Ромашко-Майструк О. В. Опір залізобетонних елементів багаторівневному утворенню нормальних тріщин: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / НУВГП. Рівне, 2021. 217 с.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ САМОНАПРУЖЕНОЇ
НЕРОЗРІЗНОЇ ТРИПРОЛІТНОЇ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ**

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF SELF-STRESSED CONTINUOUS
THREE SPAN STEEL-REINFORCED CONCRETE PLATE**

*д-р техн. наук О.В. Семко, канд. техн. наук А.В. Гасенко,
канд. техн. наук Н.М. Магас*

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

*A.V. Semko, Dr.Sc. (Tech.), A.V. Hasenko, PhD (Tech.), N.M. Mahas PhD (Tech.)
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)*

У сталезалізобетонних перекриттях складові матеріали – сталь та бетон – ефективно використовують свою несучу здатність: сталеві балки перекриття, виконані із зварних чи прокатних профілів, працюють переважно на розтяг, а залізобетонна монолітна плита сприймає в основному стискаючі напруження. Крім цього, бетонна плита розкріплює з площини стиснутий пояс сталевих балок та створює жорсткий диск у горизонтальній площині всієї будівлі чи споруди. Завдяки цьому сталезалізобетонні прогонові конструкції широко розповсюджені як в багатоповерхових будівлях, так і в інженерних спорудах мостів на залізничному транспорті.

У роботах [1, 2] наведені результати експериментальних і теоретичних досліджень, проведених під керівництвом Лапенко О.І., роботи однопролітних залізобетонних плит по незнімній опалубці із профільованого настилу, що виконує одночасно функцію зовнішнього армування. У роботі [3] наведені результати експериментальних досліджень, проведених під керівництвом Семко В.О., роботи сталевих профільованих настилів за одно-, дво- та трипролітними схемами завантаження, розташованих у положеннях широкими та вузькими полицками догори та із різними шляхами забезпечення нерозрізності багатопролітних зразків.

В опублікованих результатах досліджень [1-3] відсутні випробування нерозрізних багатопролітних залізобетонних плит по незнімній опалубці із профільованого настилу при однаковому чи змінному кроці розташування опор.

Метою експериментальних досліджень є визначення характеру роботи та руйнування трипролітних залізобетонних плит по незнімній опалубці із профільованого настилу при одно- та двостадійній технології бетонування монолітної полицки.

Завдяки нерозрізній схемі роботи згинаних конструкцій, можливо зменшити значення як прольотного, так і опорного розрахункових згинаючих моментів. Так, для трипролітної нерозрізної схеми роботи досліджуваних сталезалізобетонних плит (див. рис. 1, а), розрахунковий момент в крайніх прольотах зменшується на 35%, в середньому прольоті в 5 разів, а на опорах – на 20% у порівнянні із

розрахунковим прольотним моментом однопролітної схеми балки (див. рис. 1, б). Відповідно стріла прогину в прольотах теж зменшується: в крайніх в два рази, а в середньому в 20 раз (див. рис. 1, в). Тут числові значення порівняння зменшення згинаючого моменту та стріли прогину наведені приблизно. Проте із наведеного вище порівняння значень згинаючих моментів та стріли прогину видно (див. рис. 1, б-в), що використання несучої здатності крайніх прольотів є значно більшим у порівнянні із середнім прольотом. Хоча розрахунковим перерізом (якби це була однорідна конструкція) є переріз на середніх опорах.

З метою вирівнювання рівня використання несучої здатності крайніх та середнього прольотів можливо збільшити величину середнього прольоту, а крайніх прольотів зменшити, залишивши загальну довжину постійною.

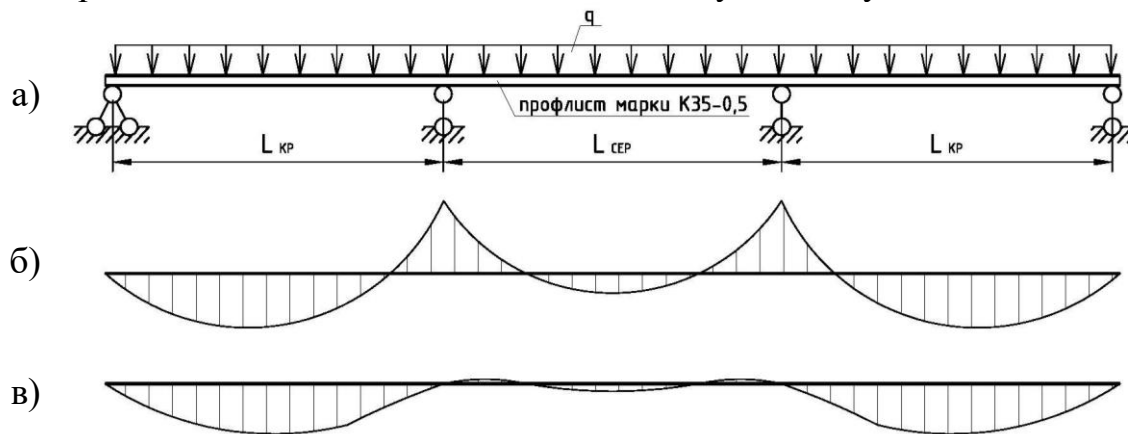


Рис. 1 Розрахункова схема (а) експериментально досліджених зразків СЗБ плит; ескізи епюр згинаючих моментів (б) та прогинів (в) для такої схеми

Однак для вирішення описаної вище проблеми, авторами роботи запропоновано альтернативу: було досліджено вплив двостадійної технології бетонування трипролітних сталезалізобетонних плит на їх несучу здатність. У першу чергу бетонувався середній проліт, а після набором бетону першого етапу бетонування міцності, бетонувалися крайні прольоти. Було виготовлено та випробувано два ідентичні дослідні зразки, що відрізнялися технологією бетонування – в один чи два етапи. Габаритний розмір зразків в плані становив $6,0 \times 1,06$ м. Зовнішньою незмінною опалубкою слугував сталевий профільований настил марки К35-0,5.

Таким чином, експериментально підтверджено, що використовуючи запропоновану авторами двостадійну технологію бетонування сталезалізобетонних нерозрізних конструкцій з однаковою відстанню між опорами можливо вирівняти рівень використання несучої здатності крайніх та середніх прольотів.

[1] Баранецька Д. С. Напружено-деформований стан сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Національний авіаційний університет. Київ, 2019. 170 с.

[2] Лапенко О. І. Залізобетонні конструкції з робочим армуванням незмінною опалубкою. Полтава : АСМІ, 2009. 360 с.

[3] Семко В. О. Сталеві холодноформовані тонкостінні конструкції : монографія. Полтава : АСМІ, 2017. 325 с.

**ХАРАКТЕРНІ ДЕФЕКТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
ПОКРИТТЯ ПІД ВПЛИВОМ ВОЛОГИ**

**CHARACTERISTIC DEFECTS OF REINFORCED CONCRETE
STRUCTURAL COATING UNDER THE INFLUENCE OF MOISTURE**

*д-р техн. наук. О.В. Семко, д-р техн. наук О.І. Філоненко,
канд. техн. наук О.І. Юрін, канд. техн. наук. Ю.О. Авраменко,
канд. техн. наук Н.М. Магас*

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

*O.V. Semko, Dr.Sc. (Tech.), O.I. Filonenko, Dr.Sc. (Tech.),
O.I. Yurin, PhD (Tech.), Y.O. Avramenko, PhD (Tech.),
N.M. Mahas, PhD (Tech.)*

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Poltava)

Експлуатація залізобетонних плит покриття в будівлях 60-80 років будівництва має характерні особливості, які можна узагальнити та розробити стандартизовані методи підсилення. Як правило, це ребристі панелі 6×1,5 (1,2) м з висотою поздовжнього ребра 300 (350) мм та поперечними ребрами висотою 80 (100) мм і армованою сіткою полицею товщиною 30 (40) мм. По плитах влаштовувалася вирівнююча цементна стяжка товщиною 20-40 мм та рубероїдна покрівля.

За час експлуатації на панелі діяли температурно-вологісні впливи та експлуатаційні пошкодження. До експлуатаційних пошкоджень можна віднести:

- пробивку непроекtnих отворів під вентиляційні або каналізаційні мережі;
- відбивку захисного шару бетону та приварювання до арматури електричних мереж, підвісок, тощо;
- недостатня довжина майданчика спирання (монтажний дефект);
- відсутність площини чотирьох точок спирання (монтажний дефект, що веде до скручування та тріщиноутворення);
- неприварені в трьох точках закладні деталі (монтажний дефект);
- мала товщина захисного шару бетону (дефект виготовлення).

До температурно-вологісних впливів відносяться:

- протікання покрівлі (особливо по єндовах);
- утворення конденсату (через недостатню товщину бетону);
- зволоження технологічними рідинами, проливами, бризками.

Всі ці впливи ведуть до розвитку корозії в бетоні та арматурі (рис. 1). Корозія бетону фіксується по висолах (в місцях протікання або технологічного проливу). Корозія арматури в першу чергу виникає в місцях з недостатньою товщиною захисного шару (до 10 мм) і веде до утворення місць деформування бетону («дутики»), руйнування захисного шару бетону, що додатково пришвидшує корозію арматури.

Продукти корозії арматури мають в 2-3 рази обсяг більший, ніж початкова сталь виробу. Такий фізико-хімічний процес веде до руйнування бетону, випадіння шматків захисного шару бетону ребер, що може привести до травмування людей під пошкодженими панелями. Після руйнування захисного шару бетону в вологій атмосфері або під дією проливів повна корозія арматури може відбутися за 2-3 роки, що веде до руйнування покриття.



Рис. 1 Характерні дефекти залізобетонних ребристих панелей покриття під впливом вологи: а, б – поздовжні тріщини на поздовжніх та поперечних ребрах панелей, відрив захисного шару бетону, оголення арматури, корозійне пошкодження арматури; в – висоли та «дутики» на панелях.

Підсилення таких ребристих панелей, як правило, виконується підведенням сталевих балок [3], а для подальшої безаварійної експлуатації після підсилення рекомендуються наступні заходи:

- відновлення захисного шару бетону;
- відновлення пароізоляції;
- влаштування нової теплоізоляції;
- відновлення покрівельного килиму;
- ліквідація місць протікання (біля отворів, виводів мереж, тощо).

При зносі 80% арматури рекомендовано демонтаж пошкоджених панелей покриття.

[1] Semko O.V. MOISTURE EFFECTS ON THE BUILDINGS ENCLOSING STRUCTURES / O.V. Semko, N.M. Mahas, A.R. Mishchenko, R.R. Mishchenko // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 1 (50). – С. 278-284. – <https://doi.org/10.26906/znp.2018.50.1086>

[2] Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель: посібник / Авраменко Ю. О., Лещенко М. В., Магас Н. М. [та ін.]; за ред. О. В. Семка. – Полтава: ТОВ «Астроя». – 238 с.

[3] Мальганов А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / А.И. Мальганов, В.С. Плевков, А.И. Полишук. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1992. – 456 с.

**ПОСИЛЕННЯ СТОВПЧАСТИХ ОПОР ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

**REINFORCEMENT OF COLUMNAR SUPPORTS OF ENGINEERING
STRUCTURES OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE**

*канд. техн. наук О. В. Синьковська,
канд. техн. наук А.В. Ігнатенко, М.К. Тімченко
Харківській національній автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

*O.V. Synkovska, PhD (Tech.),
A.V. Ihnatenko, PhD (Tech.), M.K. Timchenko
Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

На підставі невтішної статистики останніх років, пов'язаної з руйнуванням штучних споруд, що є в експлуатації, в наслідок зносу або невідповідності сучасним нормативним вимогам [1] важливим питанням транспортної інфраструктури є збереження існуючих мостових споруд в цілому, чи окремих їх елементів. Враховуючі масштабність даного питання в даній роботі розглянуто посилення стоек проміжних опор мостових споруд, які мають значний перелік розповсюджених дефектів, що потребують капітального ремонту.

Аналіз існуючих методів усунення дефектів стовпчастих мостових опор, показав, що є значний перелік заходів які мають як свої переваги, так і недоліки. Наприклад найбільш розповсюджені, прості в виконанні та бюджетні методи усунення дефектів та посилення стовпів опор це [1]: встановлення тяжів та каркасів; улаштування залізобетонних поясів; улаштування залізобетонних «сорочок» (оболонки).

Слід відмітити спосіб підсилення залізобетонних елементів, зокрема стояків опор мостів, з метою збільшення їх несучої здатності, жорсткості та стійкості, який запропоновано Квашою В.Г. [2]. Спосіб підсилення залізобетонних стояків забезпечує ефективне використання металу для підсилення та його економію, а також надійну сумісну роботу елементів підсилення з існуючими стояками.

В даній роботі нами пропонується методика посилення оболонкою нового типу – сітчастою обіймою, відмінністю є те, що в якості металевої обійми використовується не суцільний лист чи окремі металеві пластини (тяжі чи хомути), а просічений лист (рис.1). Ця методика одночасно вбирає в себе позитивні сторони металевої обійми, є економічно ефективною та містить низку нових матеріалів та технологій.

Запропонована обійма нового типу являє собою композитний матеріал, де роль армування виконує просічено-втяжний лист (рис.1), виготовлений з цілісного сталевих листа заготовки. Чим кардинально відрізняється від зовні схожих структур досліджених Васильєвим В.В., Вільдеманом В.Е., Єлпатьєвським А.М., М.З. Saiidi та ін. [3], виготовлених шляхом пошарового

намотування сталевих ниток у вигляді сітки або спіралей.

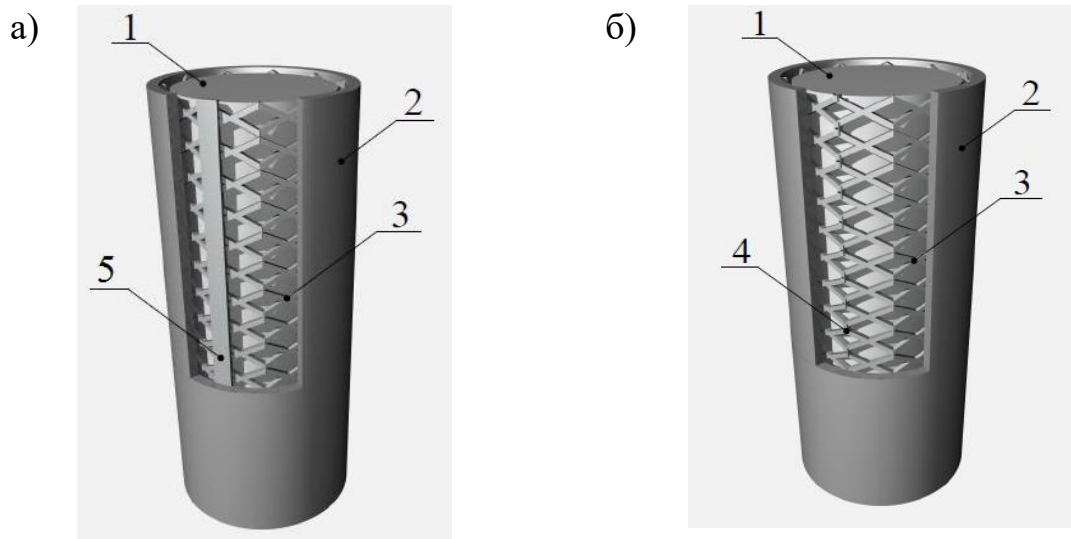


Рис. 1 Посилення стовпів опор мостових:

1 –тіло пошкодженого стовпа опори; 2 – бетонна суміш нанесена торкретуванням на сітчасту обойму; 3 – сітчаста обойма; 4 – зварний шов обойми, виконаний в стик;
5 – зварний шов обойми виконаний за допомогою накладної пластини

Раціоналізація внутрішніх параметрів, дозволяє створити посилюючу оболонку для стовпів стовпчастих проміжних мостових опор з оптимальним використанням матеріалів. Така оболонка має знижену витрату матеріалу в порівнянні з суцільною металевою оболонкою аналогічних матеріалів до 60% [5].

Таким чином, використання для посилення стовпів проміжних стовпчастих опор мостових споруд транспортної інфраструктури запропонованих оболонок нового типу з сітчастою обоймою дозволяє знизити матеріальні витрати, зберігаючи при цьому необхідні показники міцності.

Така обойма служить одночасно додатковим армуванням, що збільшує несучу здатність опори мостової споруди та каркасом для торкретування; зменшує трудомісткість процесів зведення запропонованої конструкції. В наслідок спрощення арматурних, зварних робіт та збереження всіх переваг металевих конструкцій, в плані монтажу; поліпшує зчеплення бетонного масиву оболонки і сталевій обойми без створення спеціальних анкерів, за рахунок об'ємних чарунок.

[1] Утримання мостових споруд на автомобільних дорогах загального користування: ВБН В.3.1-218-190-2004 – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2004. – 54с.

[2] Пат. на винахід UA 109088 С2 Україна, МПК Е04С 3/30 (2006.01) Спосіб підсилення залізобетонних колон і стояків. / Кваша В.Г., Салійчук Л.В., Тузяк А.А., Горбачевський Р.Р.– а 2014 05989; заявник і патентовласник Національний університет «Львівська політехніка». заявка 02.06.2014; публікація 10.07.2015, Бюл. №13.

[3] Синьковська О.В. Ефективні сталобетонні циліндричні опори будівель та споруд: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / О.В. Синьковська; Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Харків, 2015. – 267с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПРИ
ТЕПЛОВОМУ ВПЛИВІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ
ПАРАМЕТРИЧНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖІ**

**INVESTIGATION OF FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE
SLABS UNDER THERMAL INFLUENCE BASED ON THE USE OF
PARAMETRIC TEMPERATURE FIRE MODES**

*канд. техн. наук С.О.Сідней¹,
канд. техн. наук В.М. Гвоздь¹, канд. техн. наук О.М.Тищенко¹,
д-р техн. наук Т.М. Шналь², д-р техн. наук С.В. Поздєєв¹*

*¹Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України(Черкаси)*

*² Інститут будівництва та інженерних систем Національного університету «Львівська
політехніка» (Львів)*

*S.O. Sidnei¹, PhD (Tech.),
V.M. Hvozdi¹, PhD (Tech.), O.M. Tishchenko¹, PhD (Tech.),
T.M. Shnal², Dr.Sc. (Tech.), S.V. Pozdieiev¹ Dr.Sc. (Tech.)*

*¹Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of the National University of Civil Defence of Ukraine (Cherkasy)*

² Institute of Civil Engineering and Building Systems of Lviv Polytechnic National University (Lviv)

Для здійснення розрахункової оцінки вогнестійкості залізобетонних плит має бути визначена температура прогріву елементів даних конструкцій у будь-який момент часу розвитку пожежі.

При розрахунку температури прогрівання внутрішніх шарів перерізу плоских плит використовувався математичний апарат [1], а також універсальна розрахункова схема одностороннього нагріву [2] за умови, що плита не має шарів штукатурки, або додаткового оздоблення. Розрахункова схема для розрахунку температури прогріву внутрішніх шарів залізобетонних плит наведена на рис. 1.



Рис. 1 Розрахункова схема до теплового розрахунку залізобетонних плит.

Після проведення розрахунку були отримані температурні розподілення по товщині плити у контрольний момент часу, що відповідають стандартному ряду

класів вогнестійкості REI 30 – REI 120.

Для розв'язку міцнісної задачі використовувався зонний метод [2].

Потім отримане значення порівнюється із моментом, що діє у плиті згідно з розрахунковою схемою. Якщо обчислене значення моменту більше, це значить межа вогнестійкості не досягається.

Після виконання розрахунків [2 – 6] були визначені граничні пластичні моменти, що наведені у вигляді графіків їхніх залежностей від значення часу тривалості пожежі відповідним класам вогнестійкості (рис. 2).

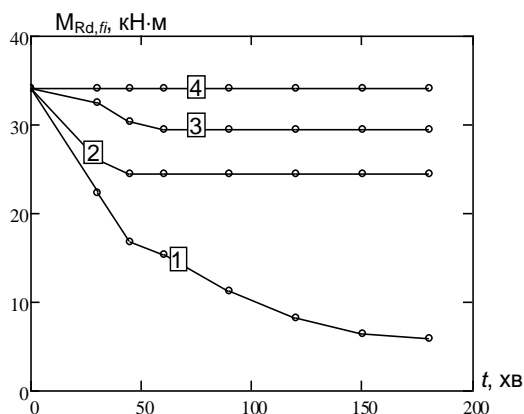


Рис. 2. Графіки залежностей граничних пластичних моментів від значення часу тривалості пожежі відповідним класам вогнестійкості для залізобетонної плити товщиною 200 мм при різних температурних режимах пожежі: 1 – стандартний температурний режим, 2 – температурний режим, розрахований при коефіцієнті прорізів $O = 0.0045$ м^{0.5} та щільності пожежного навантаження $q_{t,m} = 1200$ МДж/м²; 3 – температурний режим, розрахований при коефіцієнті прорізів $O = 0.0045$ м^{0.5} та щільності пожежного навантаження $q_{t,m} = 850$ МДж/м²; 4 – температурний режим, розрахований при коефіцієнті прорізів $O = 0.0045$ м^{0.5} та щільності пожежного навантаження $q_{t,m} = 500$ МДж/м².

Графіки, зображені на рис. 2 показують, що стандартний температурний режим пожежі є найбільш жорстким і призводить до постійного зменшення граничного моменту на відміну від інших, що мають горизонтальні гілки, зумовлені спадною гілкою розрахованого температурного режиму пожежі за параметрами приміщення.

[1] Шналь Т. М. Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу параметричних температурних режимів пожеж : дис. докт. техн. наук : 21.06.02 / Шналь Тарас Миколайович – Львів, 2019.

[2] ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2010 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.

[3] Dao Duy Kien; Do Van Trinh; Khong Trong Toan; Le Ba Danh Fire Resistance Evaluation of Reinforced Concrete Structures// 2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD), DOI: 10.1109/GTSD50082.2020.9303102.

[4] A. Vasilchenko, E. Doronin, O. Chernenko, I. Ponomarenko, Estimation of fire resistance of bending reinforced concrete elements based on concrete with disperse fibers, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 708 (1) (2019) p. 012075.

[5] Shnal, T., Pozdieiev, S., Nuianzin, O. Sidnei, S. Improvement of the assessment method for fire resistance of steel structures in the temperature regime of fire under realistic conditions // Materials Science Forum, 2020, 1006 MSF, pp. 107–116.

[6] I. Fletcher, S. Welch, Behaviour of concrete structures in fire// Environmental Science, Physics doi:10.2298/TSCI0702037F.

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА РОБОТУ
ДВОТАВРОВИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОДИФІКОВАНИХ
БАЛОК**

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS FOR THE
WORK OF I-BEAMS FROM COMPOSITE STEEL AND CONCRETE
MODIFIED BEAMS**

*канд. техн. наук К.В. Спіранде, канд. техн. наук Р.М. Шемет,
канд. техн. наук М.В. Якименко, К.Д. Шемет
Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*K.V. Spirande, PhD (Tech.), R.M. Shemet, PhD (Tech.),
M.V. Iakymenko, PhD (Tech.), K.D. Shemet
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

В умовах сучасного розвитку будівельної галузі значно підвищуються вимоги до ефективності конструкцій що застосовуються. Зазначене спричиняє необхідність вдосконалення існуючих та створення прогресивних конструкторсько-технологічних рішень, побудованих на використанні сучасних матеріалів та конструкцій, що є актуальним і важливим для будівництва.

Класичні сталезалізобетонні згинальні конструкції достатньо вивчені [1] та доведена їх ефективність завдяки розподілу напружень в складових частинах перерізу сталезалізобетонних елементів. Підвищення ефективності таких конструкцій відбувається за рахунок зниження матеріалоемності без значного зменшення геометричних характеристик та несучої здатності елементів що згинаються. Також вважається доцільною оптимізація напружено-деформованого стану поперечного перерізу [2].

Для досягнення поставлених цілей пропонується новий тип двотаврової сталезалізобетонної балки (рис. 1), яка складається із залізобетонної полицки та сталевго елемента таврового профілю з перфорованою стінкою [3]. В запропонованому конструктивному рішенні напруження стиску сприймає залізобетонна плита, а напруження розтягу нижня полицка сталевго прокатного профілю. Таке конструктивне рішення дозволяє перерозподілити матеріал перерізу, концентруючи його як найближче до периферійних волокон. Таким чином, виконується оптимізація перерізу згідно особливостей його роботи. Існування даної схеми роботи можливе при надійному забезпеченні сумісної роботи залізобетонної частини та сталевго елемента.

Сталевий прокатний профіль з перфорованою стінкою отримують шляхом розрізання стінки балки по зигзагоподібній ламаній лінії [4]. Найбільш придатними для виготовлення перфорованих елементів є широкополичні двотаври з паралельними гранями полиць, оскільки їх полицки ширше, ніж у звичайних двотаврових балок. Це дозволяє використовувати менший вихідний переріз двотавра в порівнянні з початковим перерізом звичайного двотавру зі значною економією стали.

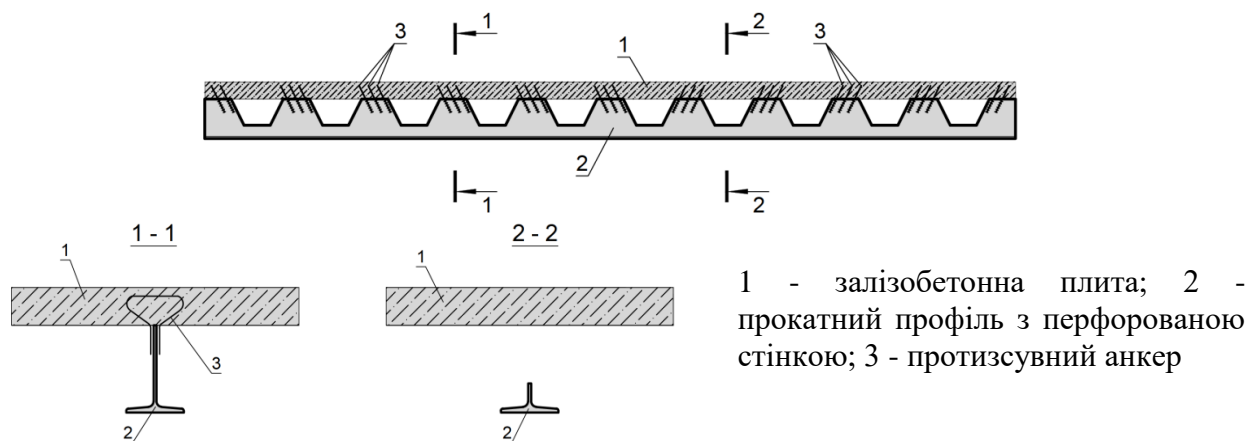


Рис.1 Сталезалізобетонна модифікована балка з перфорованою стінкою

Вельми важливим для побудови розрахункового апарату згинального елемента, що поєднує в сумісній роботі залізобетонну плиту і сталеву модифіковану балку, є справедливість гіпотези плоских перерізів. Її дотримання може бути забезпечено спільністю деформування залізобетонної плити і сталевого прокатного профілю по площині зсуву. Зазначене досягається встановленням уздовж площини їх контакту спеціальних анкерів, що сприймають зсув, а в деяких випадках і відрив.

Чисельне дослідження напружено-деформованого стану сталезалізобетонних двотаврових балок виконано з використанням програмного комплексу ЛІРА-САПР. В одній з розрахункових моделей полички і стінка балки моделювалися плоскими скінченими елементами. Жорстке сполучення залізобетонної полички і сталеві стінки забезпечувалося об'єднанням вузлів в абсолютно жорсткі тіла. Розрахунок виконувався за деформаційною моделлю з врахуванням фізичної нелінійності матеріалів [3].

Також, виконано чисельне дослідження впливу конструктивних параметрів, а саме, ширини і товщини залізобетонної полички, відсотка її армування та класу бетону, на напруження в максимально стиснутих волокнах залізобетонної частини перерізу і максимально розтягнутих волокнах сталеві полички. В даному випадку переріз моделювався об'ємними скінченими елементами з врахуванням реальних діаграм стану бетону та сталі.

Аналіз напружено-деформованого стану дозволив виконати оптимізацію поперечного перерізу, що дає змогу максимально використати властивості матеріалів з яких складається сталезалізобетонна балка та забезпечити ефективність розподілу напружень в складових частинах перерізу.

[1] Шагин А.Л., Избаш М.Ю., Шемет Р.Н. Повышение несущей способности сталежелезобетонных балочных конструкций // Науковий вісник будівництва. Вип. 33. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. С.85-90.

[2] Стороженко Л.І. Особливості роботи сталезалізобетонних двотаврових балок із залізобетонним верхнім поясом / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, О.А. Крупченко // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. праць. Л.: Каменяр, 2007. Вип. 7. С. 546 – 550.

[3] Спіранде К.В., Шемет Р.Н., Шемет Р.Н. Чисельне дослідження напружено-деформованого стану сталезалізобетонних двотаврових модифікованих балок // Науковий вісник будівництва. Вип. 104(2). Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2021. С.212-220.

[4] Ольков, Я.И. Балки с перфорированными стенками : руководство по проектированию / Я.И. Ольков. Свердловск : Изд-во УПИ, 1972. 34 с.

**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ПАРАМЕТРІВ РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТОВЩИНИ
ОБВУГЛЮВАННЯ**

**RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF PARAMETERS OF
REGRESSION DEPENDENCES OF CARBONING THICKNESS**

*канд. тех. наук А.В. Субота¹,
М.І. Змага², канд. тех. наук О.В.Некора²,
канд. тех. наук Я.В. Змага², д-р. техн.наук Є.О. Тищенко³*

¹ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (м. Ужгород)

*²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного
університету цивільного захисту України (м. Черкаси)*

*³Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності
Черкаської області (м. Черкаси)*

*A.V. Subota¹, PhD (Tech.),
M.I. Zmaha², O.V. Nekora², PhD (Tech.),
Y.V. Zmaha², PhD (Tech.), E.O. Tischenko³, PhD (Tech.)*

¹Uzhhorod National University

*²Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl
Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine*

³Educational and methodological Centre for Civil Protection and Life Safety of the Cherkasy Region

Пожежну небезпеку вогнезахисної фанери розкриває термічний процес вигорання матеріалу, поширення фронту полум'я його поверхнею.

В процесі вогневих випробувань при стандартній кривій, нами досліджувалися процеси, які відбуваються в площині матеріалу під час розповсюдження полум'я поверхнею вогнезахисної фанери.

Процес займання і горіння в глибину целюлозовмісних матеріалів [1-4], а також поширення полум'я поверхнею [5] – досліджено краще, на відміну від досліджень присвячених займанню і горінню вогнезахисних матеріалів [6, 7].

Отримані [4 – 6] залежності швидкості обвуглювання від часу змінювались були апроксимовані поліноміальними регресійними залежностями.

Таким чином, нами були визначені температурні розподіли у перерізі фрагменту дерев'яної балки, який був підданий випробуванням з використанням рекомендацій, що містять відповідний стандарт [8] щодо розрахункових методів оцінки вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій.

Отримані експериментальні дані залежностей швидкості обвуглювання від часу дії теплового потоку були апроксимовані у вигляді поліномів.

Параметри регресійних залежностей наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Залежності товщини обвуглювання від часу експонування

Параметри регресійних залежностей бокової товщини обвуглювання				
Коефіцієнти регресії $d(t) = b_1 + b_2t + b_3t^2 + b_4t^3$	b_1 , мм	b_2 , мм·хв. ⁻¹	b_3 , мм·хв. ⁻²	b_4 , мм·хв. ⁻³
без вогнезахисту	0.662	0.673	$-6.01 \cdot 10^{-3}$	0
з облицюванням вогнезахисною фанерою 10 мм	0	0,585	-0,013	1,111
з облицюванням вогнезахисною фанерою 20 мм	0.47	0.384	$-3.648 \cdot 10^{-3}$	0
Параметри регресійних залежностей торцевої товщини обвуглювання				
Коефіцієнти регресії $d(t) = b_1 + b_2t + b_3t^2 + b_4t^3$	b_1 , мм	b_2 , мм·хв. ⁻¹	b_3 , мм·хв. ⁻²	b_4 , мм·хв. ⁻³
без просочення	1.536	0.353	$9.192 \cdot 10^{-3}$	0
з облицюванням вогнезахисною фанерою 10 мм	0.718	0.336	$1.448 \cdot 10^{-3}$	0
з облицюванням вогнезахисною фанерою 20 мм	0	1.031	-0.022	$1.687 \cdot 10^{-4}$

Проведені дослідження визначають закономірності зміни температури у внутрішніх шарах фрагментів дерев'яної балки облицьованої вогнезахисною фанерою, що залежить від часу їх експонування за стандартним температурним режимом пожежі. Крім того, визначено закономірності зміни бокової та торцевої товщини обвугленого шару, відповідних швидкостей обвуглювання фрагментів зразків з облицюванням вогнезахисною фанерою дерев'яних балок залежно від часу їх експонування за стандартним температурним режимом пожежі. Визначено регресійні залежності бокової та торцевої товщини обвугленого шару.

[1] Бехта П.А., Бринь О.І., Чернецький М.Л. патент на винахід «Спосіб виготовлення вогнезахисної фанери» 99076 публікація 10.07.2012 бюл. №13.

[2] Патент України на корисну модель № 8987. Спосіб виготовлення вогнебіозахисної фанери підвищеної водостійкості /Жартовський В.М., Жартовський С.В., Грабовський О.В. Заявл. 01.07.2005, Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8.

[3] Buikis A. Themathematicalmodeloftheplywoodproduction / A. Buikis, J. Cepitis, S. Kostjukova // Proceedingsofthe 13th WSEAS InternationalConferenceonAppliedMathematics. – Spain, 2008.

[4] Горбаченко Я.В. Исследования поведения деревянных балок с огнезащитой при пожаре / Я.В. Горбаченко, С.В. Поздеев, О.В. Некора, М.А. Кропива // Весник Командно-инженерного інститута МЧС Республіки Беларусь. – Минск: КИИ, 2015. – №2 (22). – С. 12-19.

[5] Нуянзін О.М. Дослідження адекватності математичної моделі тепломасообміну випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій / О.М. Нуянзін, С.В. Поздеев, В.М. Андрієнко // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2013. – № 13. – С. 91–100.

[6] Цапко Ю.В. Перспективи підвищення ефективності вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів / Ю.В. Цапко // Зб. наук. праць ЛДУБЖД. – 2006. – Вип. 8. – С. 206-210.

[7] Горбаченко Я.В. Метод математичного моделювання геометрії обвугленої зони при пожежі дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням / Я.В. Горбаченко // Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2014 – № 18. – С. 47-54.

[8] EN 1995-1-2:2004. Eurocode 5: Design of timber structures.-Part 1-2: General-Structural fire design.

**МОДЕЛЮВАННЯ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ОБОЛОНКУ У
ФОРМІ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ПАРАБОЛОЇДА**

**SIMULATION OF SNOW LOAD ON A SHELL IN THE FORM OF A
HYPERBOLIC PARABOLOID**

*д-р техн. наук М.Г. Сур'янінов, Шаріф Жгаллі,
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

*M.G. Surianinov, Dr.Sc. (Tech.), Sharif Jgalli,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)*

Гіперболічні параболоїди (гіпари) відносяться до оболонок негативної гауссової кривизни. Гіпари набули поширення завдяки архітектурним і конструктивним особливостям форм, великої твердості та несучої здатності, гарним економічним і експлуатаційним якостям, можливості формоутворення різних систем, які використовуються при проектуванні об'ємних композицій [1].

Великопролітні конструкції досить чутливі до нерівномірно розподілених снігових навантажень, особливо легкі конструкції з низькою жорсткістю. У цьому випадку нерівномірні снігові й вітрові навантаження можуть викликати досить великі локальні деформації даху, що викликають жолоблення конструкції даху, що часто приводить до структурних ушкоджень або навіть обваленню.

Вимоги до снігового навантаження в різних національних нормах передбачені тільки для проектування будівель із простими дахами, а для великопролітних конструкцій вони практично відсутні. Тому набуває особливої важливості комп'ютерне моделювання та чисельний аналіз, як один з ефективних методів оцінки розподілу снігового навантаження.

Метою даної роботи є дослідження величини й характеристик розподілу висоти снігового покриву на гіперболічному параболоїді із прямими краями з урахуванням зміни геометричних параметрів форми даху й величини вектора вітру, які є вхідними параметрами для моделювання.

Для реалізації теорії двофазного потоку в спеціалізованих програмах використовуються два методи, засновані на чисельному моделюванні: метод Ейлера – Лагранжа й метод Ейлера – Ейлера.

Метод Ейлера – Лагранжа припускає, що фаза снігу в повітрі дискретна. Закон руху Ньютона використовується для одержання траєкторії одиночної частки снігу, а потім обсяг снігу розподіляється шляхом інтегрування.

Метод Ейлера-Ейлера припускає, що і повітряна, і сніжна фази є безперервними, і він реалізується шляхом додавання основного рівняння сніжної фази до рівняння повітряної фази. У більшості сучасних чисельних моделей сніжного замету, викликаного вітром, частіше використовується метод Ейлера – Ейлера.

У данім дослідженні модель суміші в FLUENT [2, 3] заснована на методі

Ейлера-Ейлера в теорії багатофазних потоків.

Враховуючи властивості симетрії конструкції, для оцінки несприятливого варіанта навантаження розглядаються тільки три напрямки вітру (0° , -45° , 45°).

Розмір розрахункової області досить великий, він обраний як $X \times Y \times Z = 10L \times 21B \times 7H$, що дозволяє зневажити впливом границі розрахункової області на поле внутрішнього потоку, де L, B, H – проліт, ширина й висота даху відповідно (рис. 1).

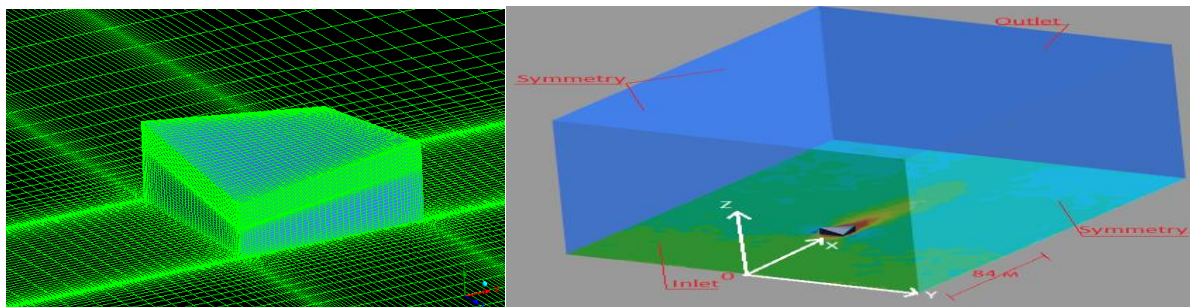


Рис. 1 Конфігурації сітки навколо гіпару з кількістю термінальних осередків 3,41 мільйона та обчислювальною областю

У розрахунковій області дах моделюється як грань, а не як об'єм. Розрахункова область являє собою сітку, що містить 3,41 мільйона осередків. Поблизу поверхні даху сітка складається з надувного шару з розміром осередків, що поступово збільшується, із мінімальною висотою 0,005.

На підставі метеорологічних даних, наданих Українською системою обміну метеорологічними даними, середня швидкість вітру й максимальна швидкість вітру (середня швидкість за 10 хвилин на висоті 10 м) в Одесі становить 3,4 м/с і 5,9 м/с.

Отже, еталонна швидкість вітру u_0 вибирається від 3 до 6 м/с для створення значного замету. У даній роботі тривалість формування замету Δt прийнята рівної 24 години.

Проведене комп'ютерне моделювання й чисельний аналіз показали, що вага снігового покриву на покритті при $\alpha = 0^\circ$ мало залежить від змін у геометричній конфігурації гіпару, але в цілому знижується зі збільшенням підйому оболонки. У той же час при $\alpha = -45^\circ$ або $\alpha = +45^\circ$, підйом оболонки суттєво впливає на кінцеву сумарну вагу снігового покриву. Потрібно відзначити, що при $\alpha = -45^\circ$ вага снігового покриву збільшується зі зростанням підйому гіпару.

Загальна сумарна вага снігу на покритті при $\alpha = +45^\circ$ приблизно в 8 раз менше, чим при $\alpha = -45^\circ$ або $\alpha = 0^\circ$.

При $\alpha = 0^\circ$ ступінь асиметрії розподілу снігових мас на покриттях для всіх форм збільшується в міру зростання підйому оболонки, у той час як при $\alpha = +45^\circ$ ступінь асиметрії знижується в міру зростання підйому гіпару.

[1] Милейковский И.Е., Купар А.К. Гипары. Расчет и проектирование пологих оболочек в форме гиперболических параболоидов. М.: Стройиздат, 1978, 222 с.

[2] Миньков Л.Л., Моисеева К.М. Численное решение задач гидродинамики с помощью вычислительного пакета Ansys Fluent: учеб. пособие. Томск: STT, 2017. 122 с.

[3] Ansys Fluent Tutorial Guide / ANSYS Inc. – Southpointe, 2011. P 1146.

**МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ
БАГАТОПУСТОТНИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ**

**MODAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE AND FIBER
CONCRETE MULTI-HOLLOW FLOOR SLABS**

*д-р техн. наук М.Г. Сур'янінов,
канд. техн. наук І.Б. Корнеєва,
Д.О. Кіріченко,*

Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)

*M.G. Surianinov, Dr.Sc. (Tech.),
I.B. Korneeva, PhD (Tech.),
D.O. Kirichenko*

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)

Робота залізобетонних конструкцій, в тому числі і плит, при статичних навантаженнях вивчена досить добре. А питання динаміки плит висвітлені набагато гірше. При цьому акцент у дослідженнях робиться на короткочасні навантаження – імпульс, удар, вибух. Тим часом, при вирішенні практично будь-якого завдання динаміки виникає необхідність у визначенні власних частот і форм коливань, оскільки ці параметри визначають поведінку системи і при інших видах динамічних впливів.

Метою даної роботи є аналітичне, експериментальне і чисельне визначення власних частот і форм коливань залізобетонних та фібробетонних пустотних плит.

Виготовлена серія моделей багатопустотних плит перекриття (рис. 1) з армуванням стрижневою арматурою класу А III. Геометричні розміри моделі зменшені в два рази по відношенню до розмірів серійної плити. При цьому з технологічних міркувань (розміри фібри), модельні плити мають 5 пустот, а не 6, як у серійних плит. Серійні плити (бетонна та сталеві фібробетонна) виготовлені на заводі ЗБК відповідно до нормативних документів.

Аналітично власні частоти визначаються за відомими [1] формулами.

Експериментальні динамічні випробування плити проведені в лабораторії кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Комп'ютерне моделювання та скінчено-елементний модальний аналіз пустотних плит були виконані у двох пакетах – ANSYS [2] і SOFiSTiK [3].

У табл. 1, 2 з метою порівняння зведені результати скінчено-елементного, експериментального та аналітичного визначення частот у модельних та серійних пустотних плитах з шарнірним обпиранням по двох сторонах.

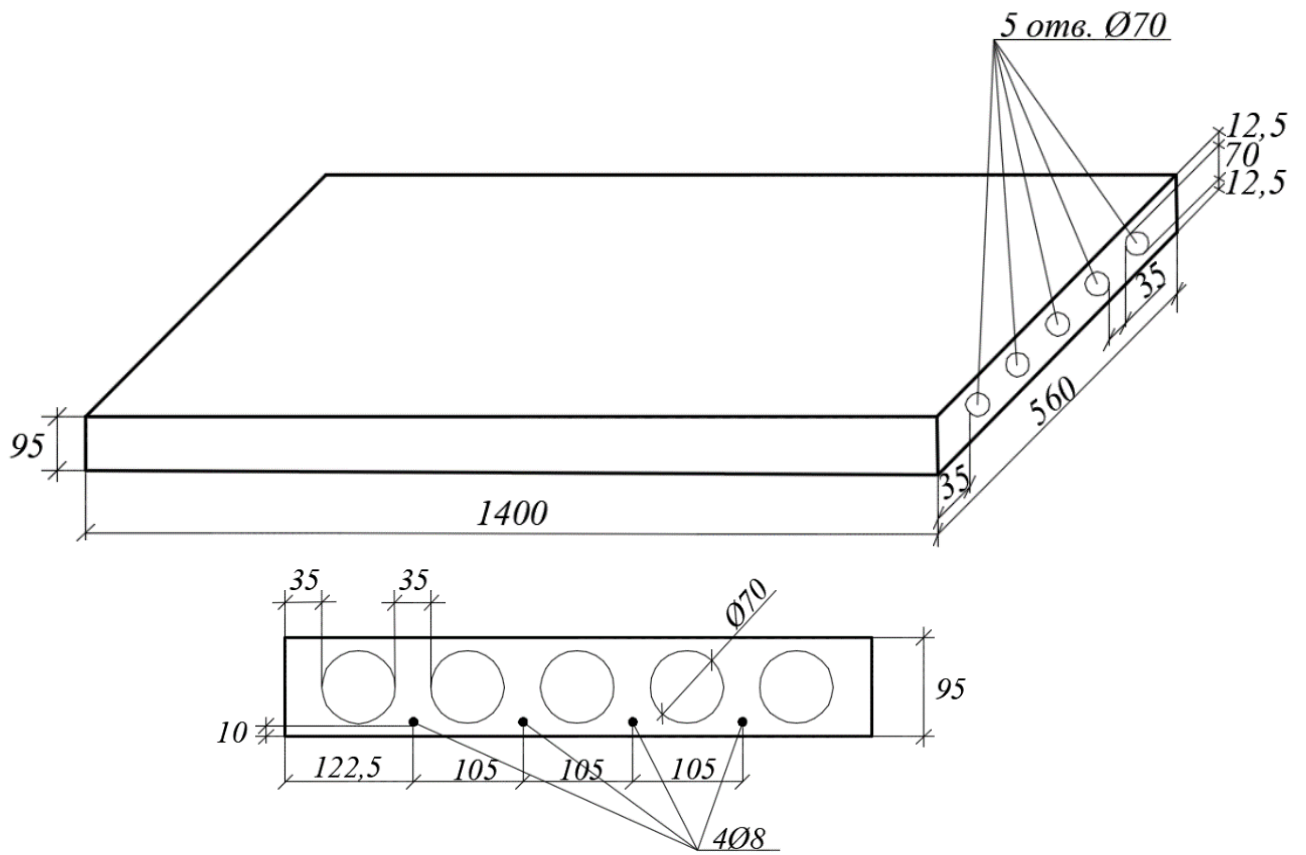


Рис. 1 Модель залізобетонної багатопустотної плити перекриття

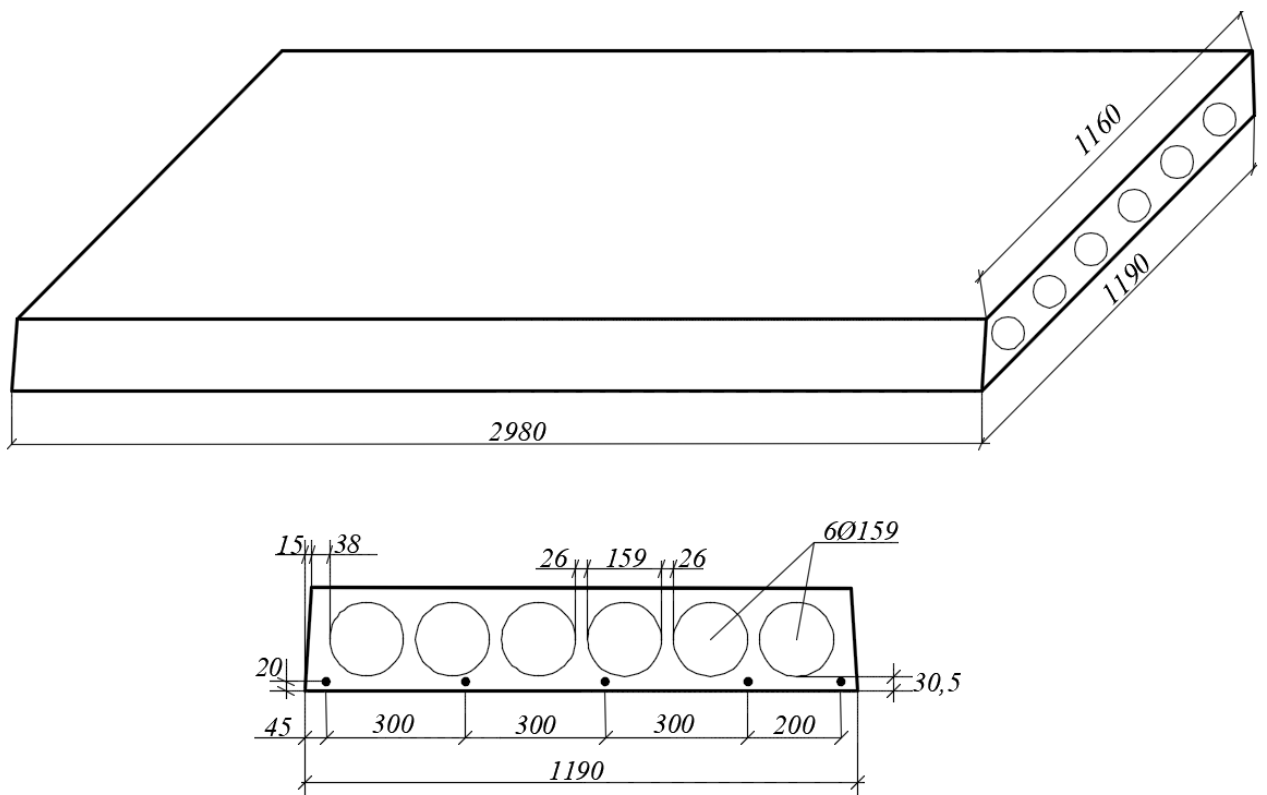


Рис. 2 Серійна багатопустотна плита перекриття

Таблиця 1 Порівняння частот власних коливань модельних плит з шарнірним обпиранням по двох сторонах

Плита	Частота	ANSYS	SOFiSTiK	Експеримент	Розрахунок
Залізобетонна	1	427,5	423,1	496,6	442,5
	2	1441,2	1430,7	1722,2	1498,3
	3	1714,1	1675,9	2051,9	1764,6
	4	3233,9	3145,4	3905,0	3323,2
	5	6749,6	6459,8	Не визначалася	
Фіробетонна	1	451,7	446,7	528,3	469,7
	2	1531,6	1520,3	1824,7	1582,0
	3	1817,1	1769,1	2166,7	1867,7
	4	3398,6	3307,4	4111,8	3490,9
	5	6819,2	6504,1	Не визначалася	

Таблиця 2 Порівняння частот власних коливань серійних плит з шарнірним обпиранням по двох сторонах

Плита	Частота	ANSYS	SOFiSTiK	Експеримент	Розрахунок
Залізобетонна	1	218,6	216,6	245,8	222,2
	2	732,2	726,4	844,0	742,7
	3	868,4	860,1	1005,7	881,0
	4	1596,3	1579,1	1891,9	1636,5
	5	3749,6	3689,1	Не визначалася	
Фіробетонна	1	231,1	229,1	262,4	235,9
	2	777,7	779,7	892,0	788,5
	3	921,1	912,6	1060,5	935,4
	4	1697,2	1662,1	1997,2	1737,6
	5	3789,2	3724,4	Не визначалася	

Наведені вище результати розрахунків були отримані при початковому модулю пружності, тобто відповідають стану плит без зовнішнього навантаження.

[1] Василенко М. В. Теорія коливань і стійкості руху / М. В. Василенко, О. М. Алексейчук. К.: Вища школа, 2004. 525 с.

[2] Лазарева Д.В. Прийоми роботи з ПК ANSYS при розв'язанні задач механіки. Під редакцією М.Г. Сур'янінова: монографія / Д.В. Лазарева, М.М. Сорока, О.С. Шилієв. Одеса: ОДАБА, 2020. 432 с.

[3] Кухтин В.Н. Применение расчетного комплекса SOFiSTiK для расчета мостовых конструкций: учебное пособие / В.Н. Кухтин, И.В. Булаев, И.С. Баранов. М.: МАДИ, 2015. 136 с.

**ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ
АЕРОДРОМНИХ ПЛИТ**

**FREE VIBRATIONS OF REINFORCED CONCRETE AND FIBER-
REINFORCED CONCRETE AIRFIELD SLABS**

*д-р техн. наук М.Г. Сур'янінов, д-р техн. наук Ю.С. Крутій,
З.О. Головата, канд. техн. наук І.В. Корнеєва
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

*M.G. Surianinov, Dr.Sc. (Tech.), Y.S. Krutii, Dr.Sc. (Tech.),
Z.O. Holovata, I.V. Korneeva, PhD (Tech.)
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)*

При вирішенні практично будь-якого завдання динаміки виникає необхідність у визначенні власних частот і форм коливань, що природно, оскільки ці параметри визначають поведінку системи і при інших видах динамічних впливів.

Метою даної роботи є аналітичне, експериментальне і чисельне визначення власних частот і форм коливань залізобетонних та фібробетонних аеродромних плит. В процесі роботи були розв'язані наступні завдання: проаналізовані сучасні аналітичні, чисельні та експериментальні методи дослідження динаміки залізобетонних та фібробетонних аеродромних плит; розв'язано аналітично задачу визначення власних частот і форм коливань залізобетонних та фібробетонних аеродромних плит; виконане комп'ютерне моделювання розглянутих конструкцій і розроблено методику їх модального аналізу на базі методу скінчених елементів; виконано експериментальні дослідження вільних коливань розглянутих конструкцій та порівняльний аналіз усіх отриманих результатів.

В лабораторії кафедри будівельної механіки проводились статичні і динамічні випробування аеродромних плит з бетону і фібробетону з дисперсним армуванням 1% анкерної сталеві фібри. Досліджувалися дві повнорозмірних плити, виготовлених на заводі ЗБК, одна з яких - зі звичайної заводської серійної продукції, а друга - з тим же армуванням стрижневою арматурою, але додатково посилена сталеві фіброю. Крім того, досліджувалася серія модельних плит, виготовлених в лабораторних умовах. У всіх випадках використовувався бетон класу С16/20.

В процесі випробувань спочатку були визначені фізико-механічні характеристики двох матеріалів (бетону та фібробетону), в тому числі, і ті, які необхідні для динамічних розрахунків – щільність, початковий модуль пружності, коефіцієнт Пуассона. Ці величини були використані в аналітичних розрахунках і при чисельному моделюванні.

Відповідно до діючих в Україні норм [1, 2], аеродромні плити (як і дорожні) розраховують по двох схемах навантаження - при навантаженні зосередженою силою у середині прольоту (надалі схема I, рис. 1) та на консолі (надалі схема II, рис. 2).

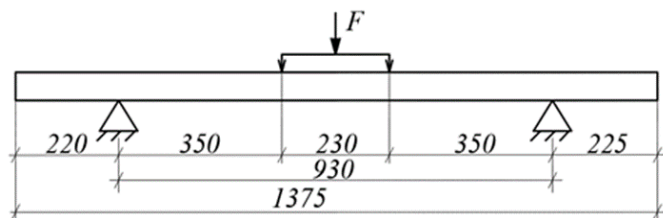


Рис. 1 Навантаження зосередженою силою у середині прольоту

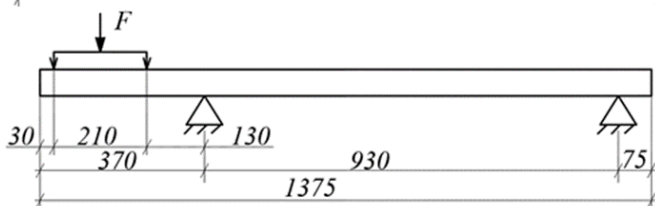


Рис. 2 Навантаження зосередженою силою на консолі

Для аналітичного визначення частот і форм коливань плит за вказаними схемами використані відомі формули [3, 4]. Комп'ютерне моделювання та скінчено-елементний модальний аналіз виконані у трьох програмних комплексах – SOFiSTiK, ЛИРА-САПР, ANSYS.

Експериментальне визначення частот і форм власних коливань аеродромних плит виконувалася на спеціально виготовленому для цього стенді *MODAL-2* [5].

Слід тільки відзначити, що модельні плити випробували за схемами I та II (рис. 1, 2), а серійні плити – тільки за схемою I.

З початком утворення тріщин деформування стає нелінійним, при цьому істотно змінюється модуль пружності. Наші дослідження показали, що в пустотних і аеродромних плитах це явище спостерігається при постійному статичному навантаженні, що змінюється в інтервалі $(0,5 \div 0,9)F_{ult}$. При реальному практичному використанні плит такий рівень зовнішнього навантаження досягається досить рідко, тому його розгляд в даній роботі представляється недоцільним. Однак в разі потреби можна скористатися всіма викладеними в роботі методиками з тією лише різницею, що досліджувана плита повинна бути завантажена постійним статичним навантаженням, величина якого буде продиктована практичними умовами завдання при відповідному значенні модуля пружності, визначеному в ході статичних випробувань.

Здійснений порівняльний аналіз всіх отриманих теоретичних, експериментальних і комп'ютерних результатів показав наступне: спектр частот, обчислений методом скінчених елементів (ANSYS) приблизно на 4% нижчий, чим обчислений аналітично; результати розрахунку в SOFiSTiK на 2% відрізняються від результатів, отриманих в ANSYS; розбіжність з експериментальними даними досягає 15%, причому, усі частоти, обчислені експериментально, більші частот, обчислених аналітично або методом скінчених елементів.

Отриманий спектр частот фібробетонних аеродромних плит вищий, ніж у бетонних, що дає підставу рекомендувати фібробетон для виготовлення конструкцій, які будуть працювати в умовах динамічних впливів.

[1] ДСТУ Б. В.2.6–137:2010 (ГОСТ 25912.2–91, MOD). Конструкції будинків і споруд. Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ–18 для аеродромного покриття. Конструкція. [Чинний від 2011–07–01]. ТОВ НТК "Будстандарт", 2011. 8 с. (Інформація та документація).

[2] Плити залізобетонні з ненапруженою арматурою для покриття міських доріг. ДСТУ Б.В.2.6-122:2010. – [чинний від 2011-07-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 23 с. (Національний стандарт України).

[3] Бабаков И.М. Теория колебаний: учеб. пособие / И.М. Бабаков. – 4-е изд., испр. М.: Дрофа, 2004. 591 с.

[4] Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Том 3. Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. Москва, издательство "Машиностроение", 1968. 567 с.

[5] Сур'янінов М.Г. Аналітичні і експериментальні дослідження вільних коливань сталевібробетонних балок / М.Г. Сур'янінов, Т.С. Маковкіна // Наукові Нотатки, Вип. 66. Луцьк, 2019. С. 351 - 355.

**МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ
БАЛОК**

**MODAL ANALYSIS OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE
BEAMS**

*д-р техн. наук М.Г. Сур'янінов,
канд. техн. наук С.П. Неутов,
канд. техн. наук О.М. Чучмай,
Д.О. Кіріченко,*

Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)

*M.G. Surianinov, Dr.Sc. (Tech.),
S.P. Neutov, PhD (Tech.),
O.M. Chuchmai, PhD (Tech.),
D.O. Kirichenko*

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)

Вивченню поведінки залізобетонних конструкцій при статичній дії зовнішніх навантажень присвячена велика кількість як теоретичних, так і експериментальних робіт вітчизняних і зарубіжних вчених. Питання динаміки балок, втім, як і інших залізобетонних конструкцій, висвітлені набагато гірше.

Такий стан, очевидно, пояснюється тим, що динамічні розрахунки залізобетонних конструкцій пов'язані з рішенням цілого комплексу питань: визначення параметрів динамічних навантажень; граничних станів і способів їх нормування; облік зміни характеристик міцності та деформативних характеристик бетону та арматури; визначення зусиль в конструкціях і ін.

Істотний внесок в характер зміни динамічних параметрів залізобетонних конструкцій вносить характер армування. Цей факт добре відомий, але до сих пір не вивчений досконально ні кількісно, ні якісно.

Метою даної роботи є аналітичне, експериментальне і чисельне визначення власних частот і форм коливань залізобетонних та фібробетонних балок.

У лабораторії кафедри будівельної механіки ОДАБА було виготовлено серію залізобетонних та сталеві фібробетонних балок з однаковим армуванням стрижневою арматурою (рис. 1).

Аналітичні значення частот обчислені за відомими формулами класичної динаміки [1, 2].

Для проведення експериментальних досліджень розроблено випробувальний стенд MODAL-2 загальна схема якого та принцип дії докладно описані в наших попередніх роботах [3, 4].

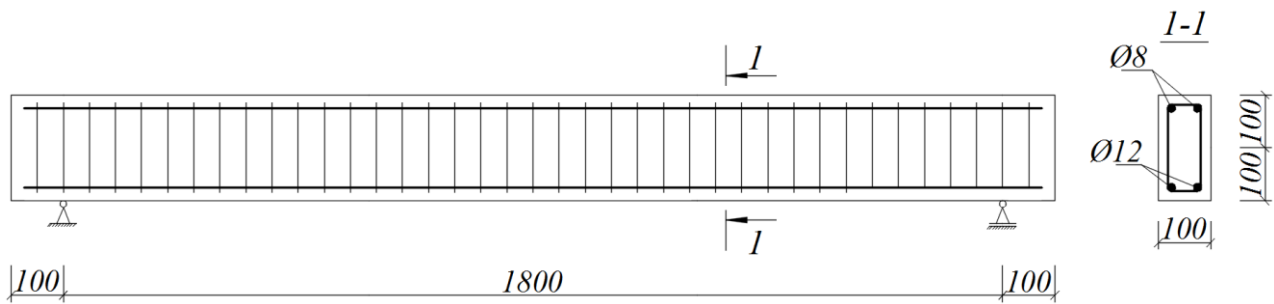


Рис. 1 Армування балок стрижневою арматурою

Аналітичні значення частот обчислені за відомими формулами класичної динаміки [1, 2].

Для проведення експериментальних досліджень розроблено випробувальний стенд MODAL-2 загальна схема якого та принцип дії докладно описані в наших попередніх роботах [3, 4].

Для комп'ютерного моделювання залізобетонних та фібробетонних балок і подальшого визначення власних частот і форм коливань в роботі використані чотири програмних комплекси – ЛІРА-САПР, SCAD, ANSYS і SOFiSTiK.

Комп'ютерне моделювання та чисельні розрахунки з урахуванням нелінійної діаграми деформування матеріалу виконані у двох програмах.

Незважаючи на те, що всі чотири програмних комплекси реалізують метод скінчених елементів, процес розв'язання задачі в кожному з них має свої особливості, які незначно, але все ж таки впливають на результат. Основні з них: по-перше, в різних програмах задіяні різні скінчені елементи; по-друге – відрізняються процеси побудови скінчено-елементної сітки и, як наслідок, кількість скінчених елементів при однаковій геометричній моделі конструкції.

Усі задіяні комплекси визначають уявну частоту і уявну форму коливань. Такий ефект відзначений у роботах багатьох дослідників як один з недоліків методу скінчених елементів.

Аналіз результатів аналітичного розрахунку і експериментальних даних показує наступне: спектр частот, обчислений методом скінчених елементів (ПК ЛІРА) приблизно на 4% нижчий, чим обчислений аналітично; результати розрахунку в SOFiSTiK на 2% відрізняються від результатів, отриманих в ПК ЛІРА; розбіжність з експериментальними даними досягає 20%, причому, усі частоти, обчислені експериментально, більші частот, обчислених аналітично або методом скінчених елементів.

[1] Бабаков И.М. Теория колебаний: учеб. пособие / И.М. Бабаков. – 4-е изд., испр. М.: Дрофа, 2004. 591 с.

[2] Василенко М. В. Теорія коливань і стійкості руху / М. В. Василенко, О. М. Алексейчук. К.: Вища школа, 2004. 525 с.

[3] Аналітичні і експериментальні дослідження вільних коливань сталеві фібробетонних балок / Сур'янінов М.Г., Маковкіна Т.С. // Наукові Нотатки, Вип. 66. Луцьк, 2019. С.351-355.

[4] Экспериментальные исследования свободных колебаний железобетонных и фибробетонных балок / Сурьянинов Н.Г., Маковкина Т.С. // Вісник ОДАБА, Збірник наукових праць, вип.74, березень 2019. С. 75-81.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМАХ НАВАНТАЖЕННЯ

INVESTIGATION OF DEFORMATIVE CHARACTERISTICS OF CONCRETE UNDER DIFFERENT LOAD MODES

канд. техн. наук С.В. Філіпчук

Національний університет водного господарства та природокористування (м Рівне)

S.V. Filipchuk, PhD (Tech.)

National University of Water Management and Nature Resources (Rivne)

За останні роки, завдяки, впровадженню комп'ютерної техніки в процеси розрахунку і проведення експериментів, істотно розширилися можливості дослідників в пізнанні різних, точних процесів, у тому числі і характеру роботи бетону на низхідній вітці деформування. Сучасні методи вимірів дозволяють фіксувати, наприклад, деформації, з точністю до 0,0001 мм, що дозволяє глибше проникнути в суть явища руйнування. Широке поширення отримали так звані "жорсткі" випробувальні машини, в яких зміна навантаження йде за зміною деформацій, на відміну від традиційного експерименту, коли навантаження збільшується постійно аж до руйнівної величини. Подібні машини дозволили уперше отримати точний вид кривої "напруження - деформації" і побудувати низхідну ділянку вітки [1, 2, 3].

Дослідження виконувалася у Варшавському університеті природничих наук (SGGW, Warszawa, Polska) та в Національному університеті водного господарства та природокористування. Для досягнення поставленої мети й реалізації задач були забетоновані 6 призм розмірами 10×10×40 см та 6 кубів розмірами 10×10×10 см. Випробування зразків проводили у віці бетону 28 діб та були отримані наступні результати: $f_{cm, cube} = 41,1$ МПа та $f_{cm, prism} = 27,5$ МПа.

Вперше, був виконаний експеримент по дослідженню деформування бетону одночасно на двох різних пресах: з жорстким режимом навантаження (прес INSTRON 8806) та шляхом приросту навантаження (прес ПГ- 250). Завдяки жорсткій формі навантаження вдалося спостерігати і зафіксувати повний характер роботи бетону при стиску.

Перевірка достовірності удосконаленої методики здійснювалася на призмі, що була випробувана при м'якому режимі навантаження. Була порівняна її діаграма деформування отримана аналітичним шляхом з реальною діаграмою деформування. Для даного типу бетону був побудований графік деформування, що зображений на рис. 1. Також в таблиці 1 представлені результати згідно методики та експериментальні значення. Максимальне розходження в даних склало 9%, що підтверджує ідентичність експериментального та аналітичного графіку. Крім того необхідно виділити сам характер деформування експериментальної призми. В реальності крива деформування не закінчується в

точці де обривається лінія побудована за ДБН [4].

Якщо ж розглянути максимальні відносні деформації для бетону то вони за удосконаленою методикою на основі ДБН 2.6-98-2009 склали $\varepsilon_{cl}=128,3 \times 10^{-5}$, а з експерименту при жорсткому режимі навантаження $\varepsilon_{cl}=130,7 \times 10^{-5}$.

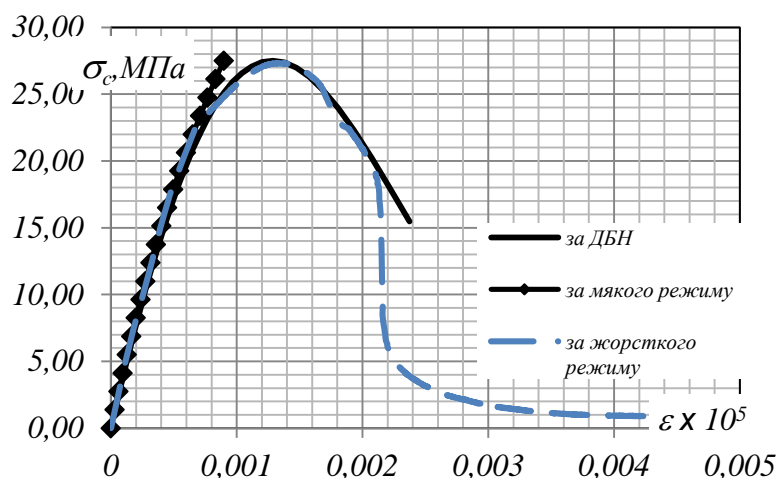


Рис. 1 Діаграми деформування для експериментальної призми

Таблиця 1. Порівняння відносних деформацій бетону ε_{ci}

№ п/п	Напруження σ_c , МПа	Деформації $\sigma_{сдбн} \times 10^5$	Деформації $\sigma_c \times 10^5$	$\sigma_c \sigma / \sigma_{сдбн}$
1	7,65	19,85	18,70	0,94
2	10,34	27,50	26,48	0,96
3	13,05	35,77	34,20	0,96
4	15,74	44,74	41,65	0,93
5	18,38	54,51	50,42	0,92
6	20,88	65,18	60,44	0,93
7	23,16	76,89	75,21	0,98
8	25,10	89,79	95,09	1,06
9	26,57	104,08	113,48	1,09
10	27,39	120,00	130,67	1,09
11	27,50	128,66	131,00	1,02
12	26,97	147,58	152,10	1,03
13	25,28	169,01	169,37	1,00
14	22,27	193,49	190,00	0,98
15	17,98	221,70	211,68	0,95

[1] Берг, О. Я. Исследование напряженного и деформированного состояния бетона при трехосном сжатии [Текст] / О. Я. Берг, Г. Г. Соломенцев // Труды Всесоюзного НИИ транспорта, строительства. – М., 1969. – Вып. 70. – С. 106–123.

[2] Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия // А.Н. Бамбура, В.Я. Бачинский, Н.В. Журавлева, И.Н. Пешков. – К.: НИИСК, 1987. – 25 с.

[3] Бамбура А.М., Сазонова А.І., Дорогова О.В., Войцехівський О.В. Проектування залізобетонних конструкцій. Посібник. – Київ – 239 с.

[4] ДБН В.2.6–98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.:Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

**МАТЕМАТИЧНА ТЕОРІЯ ДІАГРАМИ «НАПРУЖЕННЯ-
ДЕФОРМАЦІЇ» БЕТОНУ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ ТА ПРИ ВИСОКИХ
ТЕМПЕРАТУРАХ**

**THE MATHEMATICAL THEORY STRESS-DEFORMATION DIAGRAM
OF CONCRETE IN FIRE CONDITIONS AND AT HIGH TEMPERATURES**

*д-р техн. наук С.Л. Фомін,
канд. техн. наук С.В. Бутенко,
канд. техн. наук І.А. Плахотнікова,
С.М. Колєсніков*

Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

*S.L. Fomin, Dr.Sc. (Tech.),
S.V. Butenko, PhD (Tech.),
I.A. Plakhotnikova, PhD (Tech.),
S.M. Koliesnikov*

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

Механічні властивості бетону в умовах підвищених, високих температур та пожежі не можна вважати достатньо вивченими. Хоча вони викладені в нормах проектування [1-3] і базуються на експериментальних випробуваннях, але, як показують останні дослідження, мають місце значні неточності, що приводять в свою чергу до отримання неточних результатів при розрахунках вогнестійкості не тільки окремих конструкцій, а й будівель в цілому [4]. На сучасному етапі розвитку будівельної науки математичний апарат, що описує напружено-деформований стан бетону при підвищених, високих температурах і в умовах пожежі не є досить розвиненим і потребує подальшої теоретичної та математичної розробки.

В чинних нормах проектування [1-3] така характеристика бетону як зниження максимального напруження стиску $f_{c,\theta}$ подана як відношення максимального напруження стиску при заданій температурі $f_{cm,\theta}$ до максимального напруження при нормальній температурі f_{ck} . Деформація максимального напруження $\epsilon_{c1,\theta}$ при даній температурі вказана чисельна. В той час, як даних про зміну початкового модуля пружності $E_{c,\theta}$ при заданій температурі не наведено зовсім, в нормах проектування [5] при нормальних температурах такі дані наведені для різних класів бетону. Також не наведені теоретичні залежності, що описують зміну вищевказаних параметрів з температурою.

В нормах проектування [5], які розповсюджуються виключно на нормальні температурні умови, повна діаграма «напруження-деформації» для бетону описується наступною формулою:

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \quad (1)$$

де

$$\eta = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \quad (2)$$

$$k = \frac{1.05 E_{cm} \varepsilon_{c1}}{f_{cm}} \quad (3)$$

ε_c – поточна деформація; σ_c – поточне напруження; f_{cm} – максимальне напруження стиску; ε_{c1} – деформація максимального напруження при стиску; E_{cm} – початковий модуль пружності бетону.

Фізичний зміст величини k можна сформулювати як величину нелінійності деформації бетону або ступінь відхилення від лінійної деформації.

Використавши відомі діаграми «напруження-деформації» для бетону [6] та виконавши обчислення f_{cm} , ε_{c1} та E_{cm} отримуємо, що коефіцієнт k є величиною постійною, не залежить від температури, а залежить виключно від класу бетону.

$$k = \frac{1.05 E_{cm, \theta} \varepsilon_{c1, \theta}}{f_{cm, \theta}} = const \neq f(\theta) \quad (4)$$

де $f_{cm, \theta}$ – максимальне напруження стиску при температурі θ ; $\varepsilon_{c1, \theta}$ – деформація максимального напруження стиску при температурі θ ; $E_{cm, \theta}$ – модуль пружності бетону при температурі θ .

З рівняння (4) отримуємо

$$\frac{E_{cm, \theta} \varepsilon_{c1, \theta}}{f_{cm, \theta}} = const \quad (5)$$

Виразимо вище наведені величини через добуток значення при нормальній температурі на відповідний температурний коефіцієнт.

$$f_{cm, \theta} = f_{cm} \cdot K_{f, \theta} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{c1, \theta} = \varepsilon_{c1} \cdot K_{\varepsilon, \theta} \quad (7)$$

$$E_{cm, \theta} = E_{cm} \cdot K_{E, \theta} \quad (8)$$

Враховуючи початкові умови при нормальних температурах отримуємо:

$$\frac{K_{E, \theta} \cdot K_{\varepsilon, \theta}}{K_{f, \theta}} = 1 \quad (9)$$

Таким чином формула (9) встановлює зв'язок між температурними коефіцієнтами максимального напруження стиску, деформаціями максимального напруження стиску і січним модулем пружності бетону.

[1] ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 Національний стандарт України. Настанова з проектування залізобетонних балок Розрахунок на вогнестійкість. Мінрегіон України. Київ 2015.

[2] ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014 Національний стандарт України. Настанова з проектування залізобетонних колон Розрахунок на вогнестійкість. Мінрегіон України. Київ 2015.

[3] ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).

[4] Scientific approach to fire resistance calculation of reinforced concrete beams and columns SL Fomin, YV Bondarenko, SV Butenko and SM Koliesnikov. Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1021, International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) 18th-20th November, Kharkiv, Ukraine <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1021/1/012013>.

[5] ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT+ EN 1992-1-1:2004/AC:2010, IDT+NA:2013).

[6] DD ENV 1992-1-2:1996 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1.2 General rules – Structural fire design – (together with United Kingdom National Application Document).

**ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЗЧЕПЛЕННЯ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ
КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ HARD+ З БЕТОНОМ**

**RESEARCH OF THE ADHESION LEVEL OF FIBERGLASS COMPOSITE
REINFORCEMENT HARD+ WITH CONCRETE**

*д-р техн. наук В.С. Шмуклер¹, канд. техн. наук П.М. Фірсов¹,
канд. техн. наук А.В. Набока¹, О.О. Акіменко²*

*¹Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова (м. Харків)*

²ТОВ "Імператив ЮА" (м. Харків)

*V. Shmukler¹, Dr.Sc (Tech.), P. Firsov¹, PhD (Tech.),
A. Naboka¹, PhD (Tech.), O. Akimenko²*

¹O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

²LLC "Imperativ UA" (Kharkiv)

FRP арматура не поводитья так само, як сталева арматура, оскільки в деяких випадках їх механічні властивості суттєво відрізняються. FRP арматура має вищу міцність, але менший модуль пружності, тому безпосередня заміна сталі не завжди можлива згідно з конструкційними нормами FRP [1]. Отже, відсутність вичерпної інформації про зчеплення даного типу арматури з бетоном, а також недосконалість будівельних норм в Україні обумовлює необхідність подальших лабораторних досліджень різних видів FRP арматури.

Композитна арматура з піском HARD+ виготовляється зі скловолокна на основі стандартних епоксидних зв'язуючих. В процесі виробництва наноситься спеціальний шар абразиву або піску для підвищення адгезії з бетоном, що збільшує ефективність взаємодії бетону і арматури.

Балочний метод випробувань [2, 3] на зчеплення арматури з бетоном передбачає випробування спеціальних зразків бетонних балок на згин. Балка складається з двох половинок з поперечним армуванням, з'єднаних між собою в розтягнутій зоні випробовуваним арматурним стрижнем, а в стиснутій зоні через закладні деталі - сталевим циліндром. Випробовуваний арматурний стрижень на середній ділянці половинок балки довжиною $10d$ (d - діаметр арматурного стрижня) має зчеплення з бетоном, а на інших ділянках половинок балок укладається в спеціальні полівінілхлоридні трубки і не має зчеплення з бетоном. Після установки балки на прес та її центрування верхній зоні до неї прикладаються дві зосереджені сили (моделювання двоосного згину).

В процесі випробувань вимірюється зміщення розташованого на торці балки вільного кінця досліджуваного стрижня. Дотичні напруження зчеплення з бетоном на довжині $10d$ обчислюються в залежності від осьового зусилля в стрижні в перерізі з'єднання половинок балки. В якості дослідних зразків армування для проведення випробувань були прийняті стрижні склопластикової

арматури діаметром 12 мм періодичного профілю (з піщаним покриттям та без нього) і металевої арматури класу А400С аналогічного діаметру. Дослідні зразки (балки) для проведення випробувань мали прямокутний поперечний переріз 120×220 мм, повна довжина балки - 1230 мм, довжина половинок - 600 мм, зазор між половинками балки - 30 мм. Плече внутрішньої пари (відстань від осі стрижня до осі циліндра) - 157 мм.

Згідно чисельних розрахунків, навантаження зразків здійснювалось ступенями по 5 кН від передбачуваного граничного навантаження. Зсув вільних кінців досліджуваного арматурного стрижня вимірювався індикаторами годинникового типу із точністю 0,01 мм. На кожному ступені навантаження витримувалось 15 секунд, під час яких фіксувались показання індикаторів.

Зміщення вільних кінців для зразків металевої арматури починалось в середньому при навантаженні 30 кН і доходило до максимального руйнівного зусилля 90 кН. Зміщення вільних кінців для зразків склопластикової арматури з піщаним покриттям та без нього починалось при навантаженні 25 кН і доходило до максимальної відмітки 80 кН. Узагальнені результати проведених досліджень представлені у вигляді графіка залежності дотичних напружень - зміщення вільного кінця для склопластикової і металевої арматури (рис. 1).

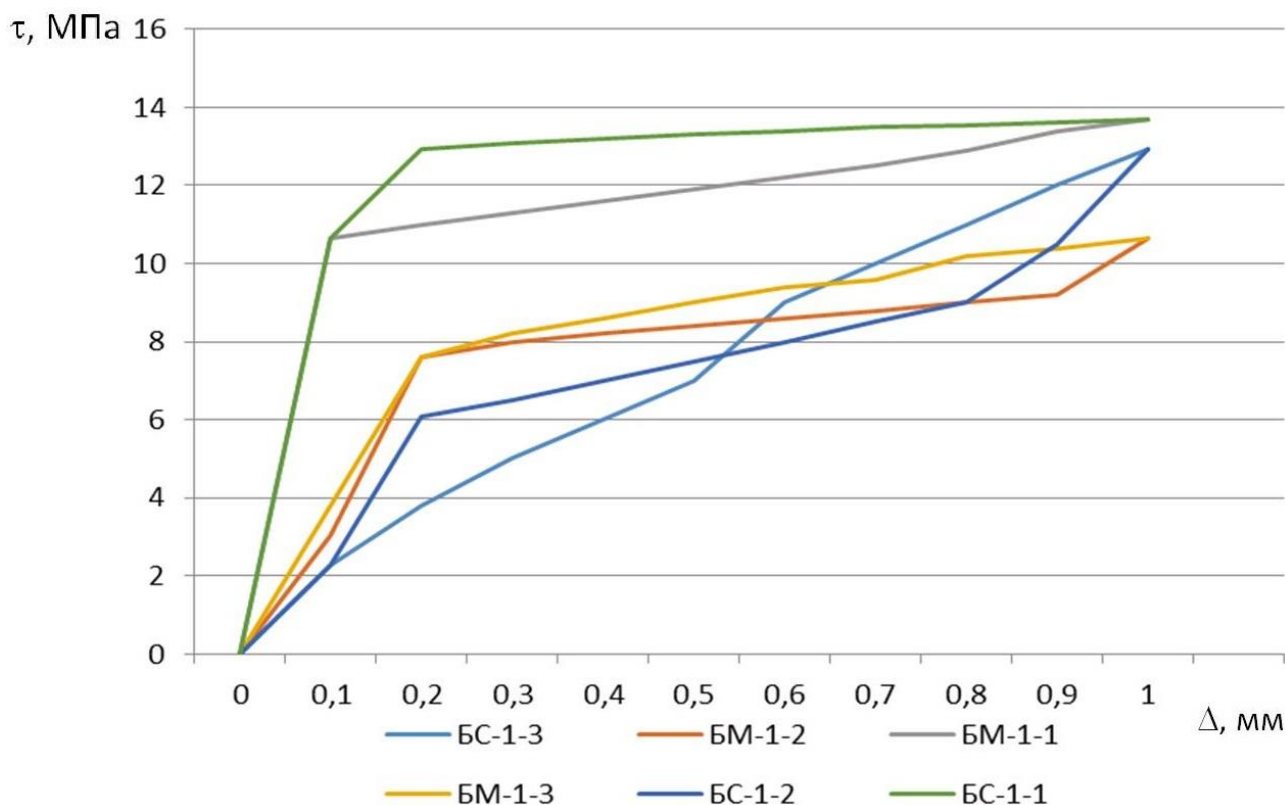


Рис. 1 Графік залежності дотичних напружень - зміщення вільного кінця для відповідних типів армування

[1] Климов Ю.А. Экспериментальные исследования сцепления композитной неметаллической арматуры с бетоном / Ю.А. Климов, О.С. Солдатченко, Д.О. Орешкин // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів: НУ "ЛПІ", 2010. - № 69. – С. 237-241.

[2] Эффективные железобетонные конструкции: монография / В.Н. Бабаев, Ю.А. Климов, А.И. Адилходжаев, А.И. Лантух-Лященко, В.И. Кондращенко / Ташкент: "INFO CAPITAL GROUP", 2019. – 416 с.

[3] ДСТУ 9062:2020. Арматура неметаллева композитна для дорожніх та мостових конструкцій. Методи випробувань. – Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2021. – 20 с.

Секція
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАХИСТ І РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЙ ТА
СПОРУД

UDK 67.03

RADIATION CONTROL OF NATURAL BUILDING RAW MATERIALS

*M. Chyrkina¹, PhD (Tech.), R. Ponomarenko¹, Dr.Sc. (Tech.),
E. Slepuzhnikov¹, PhD (Tech.), D. Kozodoi², PhD (Tech.)*

¹*National University of Civil Defense of Ukraine (Kharkiv)*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

It is known that the largest contribution to the effective dose (about 70%) is made by man-made sources of natural origin. Among them, ionizing irradiation of natural radionuclides (PRN) in building materials of enclosing structures and in soils under buildings are dominant. Since the impact of ionizing sources of construction production is exposed to almost the entire population, special attention is paid to the issue of radiation safety of building materials and construction sites [1].

Radiation control and assessment is an integral part of quality control of construction products in Ukraine. It ensures reliability, as well as proper compliance with sanitary and hygienic standards in buildings and structures during their operation and at the design stage.

All building materials of Ukraine are divided according to radioactivity into three classes, for each of which the areas of possible use in construction are defined [2, 3].

The system of radiation control of construction production includes: regulated radiation parameters at each stage of construction production and their permissible values, organization and control.

Radiation control covers all stages of the technological cycle of construction, namely: extraction of construction raw materials and materials; manufacture of construction products and structures; construction of buildings and structures; zero stage of works - laying the foundation and foundation of the building on the territory allocated for construction; execution of construction and installation works on construction of the building and finishing works [1].

Today, more than 50% of all building materials on the domestic market cannot be called safe for health. Therefore, using quartz-feldspar raw materials in the ceramic industry [4] and as the main component in the production of building materials, it is necessary to determine the content of natural radionuclides. This will allow at the design stage to establish the level of their safety and determine their use in construction.

In order to conduct input radiation control and study the radiation properties of quartz feldspar raw materials of Ukraine, the radiation properties of domestic natural raw materials were experimentally studied. Studies of the radiation properties of natural raw materials were performed using gamma spectrometric analysis. The radiation properties of the following quartz-feldspar rocks were studied: pegmatite of

the Lozuvatskoye deposit, as well as Anadolian and Kremenovsky granites, which are located within the Azov crystalline massif.

For comparative assessment of radioactivity of natural raw materials, the indicator of effective specific activity (A_{ef}) is used. The values of this indicator for the experimental quartz feldspar materials were calculated by the equation:

$$A_{ef} = A_{Ra-226} + 1,31A_{Th-232} + 0,085A_{K-40} + 0,31A_{Cs-137} + 0,874A_{Cs-134},$$

where A_{Ra-226} , A_{Th-232} , A_{K-40} , A_{Cs-137} , A_{Cs-134} , ($Bq \cdot kg^{-1}$) – specific activities ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{134}Cs ; 1,31, 0,085, 0,31 та 0,874 – coefficients for ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{134}Cs respectively in relation to ^{226}Ra .

Analysis of experimental data revealed that the highest specific activity of ^{232}Th (A_{Th}) is characterized by granite of the Anadolian deposit, while Lozuvatsky pegmatite has a higher specific activity of ^{40}K (A_K) and ^{226}Ra (A_{Ra}). Flint granite is distinguished by the presence of the radionuclide ^{137}Cs (A_{Cs}) and the absence of ^{226}Ra (A_{Ra}).

It is established that quartz-feldspar materials in terms of radiation safety belong to class 1, for which the indicator of effective specific activity $A_{ef} \leq 370 Bq \cdot kg^{-1}$ [2]. The ecological safety of the experimental quartz-feldspar rocks has been experimentally confirmed: the amount of natural radionuclides in them does not exceed the permissible norm. Thus, they can be used in the construction industry without restrictions ($A_{ef} \leq 370 Bq / kg$) and without any significant radiological threat to the population.

[1] Запрудин В. Ф., Беликов А. С., Пилипенко А. В., Савицкий Н. В., Гупало О. С. Радиационная безопасность зданий с учетом инновационных направлений в строительстве: учебн. / под ред. А. С. Беликова. Днепропетровск: Баланс-Клуб, 2009.

[2] Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97 (Державні гігієнічні нормативи). № 62. (1997).

[3] Kustov M.V., Kalugin V.D., Deineka V.V., Shabanova G.M., Korohodska A.M., Slepuzhnikov E.D., Deyneka D.M. Radioprotective cement for long-term storage of nuclear waste. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2020. №2, 2020. P. 73 - 81.

[4] Fedorenko, E.Y., Ryshchenko, M.I., Daineko, E.B., Chirkina, M.A. Energy-saving technology for household porcelain. *Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika)*, 2013. № 70(5-6),2013. С 219-222.

**МОДИФІКУВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛАМИ НЕОРГАНІЧНИХ
В'ЯЖУЧИХ ТА БЕТОНИХ СУМІШЕЙ НА ЇХ ОСНОВІ**

**MODIFIED BY NANOMATERIALS OF INORGANIC VISCOUS AND
CONCRETES OF DRYNESS ON THE BASIS OF**

*канд. техн. наук А.О. Атинян, канд. техн. наук О.М. Пустовойтова,
канд. техн. наук С.В. Шаповал, канд. техн. наук А.А.Жигло,
канд. техн. наук О.Ю. Супрун*

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова
(м. Харків)*

*A. Atynian, PhD (Tech.), O. Pustovoitova, PhD (Tech.),
S. Shapoval, PhD (Tech.), A. Zhyhlo, PhD (Tech.), O. Suprun, PhD (Tech.),
O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)*

В даний час передовий вітчизняний і зарубіжний досвід демонструє ефективність технологій наномодифікування в будівельних матеріалах. Доведено, що застосування первинних наноматеріалів (вуглецевих трубок) дозволяє підвищити експлуатаційні властивості залізобетона. Також численними дослідженнями встановлено ефективність застосування полімерно-цементних в'язучих, які відрізняються від звичайного портландцементу поліпшеними показниками фізико-механічних властивостей та довговічністю. В Україні так само як і в країнах Європи проводилися дослідження щодо поліпшення експлуатаційних властивостей бетону, введенням в цемент волокнистих добавок, таких як полімерні волокна, базальтова фібра й введення золашлакових відходів. [1]

Більш високі показники міцності, водо- і морозостійкості мають бетони з введенням базальтової фібри та компонентів отриманих із золи-винесення теплоелектростанцій. Таким чином, розробка нових науково-обґрунтованих технічних рішень по створенню модифікованого вуглецевими нанотрубками мінерального портландцементного в'язучого з додаванням суперпластифікатора, що забезпечує покращені експлуатаційні властивості і довговічність бетону на його основі є актуальним питанням.

На розвиток і вдосконалення технологічного процесу виробництва бетонних сумішей, формування з них залізобетонних конструкцій впливають два ключові чинники: з одного боку, отримання міцного і довговічного бетону, з іншого - зниження трудових і енергетичних витрат при його виробництві. Протягом тривалого періоду ці два фактори залишались суперечливими, так як для отримання високоміцних, довговічних бетонів їх склади проектували з низьким значенням водоцементного відношенням, що обумовлює отримання жорстких бетонних сумішей, що вимагають підвищених енергетичних витрат як при перемішуванні, так і при укладанні й вібраційном ущільненні в формах. Останнє істотно підвищує трудомісткість технологічного процесу. У той же час,

можливість отримання високорухливих бетонних сумішей забезпечувалася, в основному, за рахунок збільшення витрати води замішування, що, в свою чергу призводить, до зниження міцності і довговічності бетону. Самі нанотрубки, які використовувалися в дослідженнях в 50-60 разів міцніші за сталь і мають набагато меншу щільність. Модуль Юнга (модуль пружності) у вуглецевих нанотрубок вище ніж у звичайних вуглецевих волокон. Нанотрубки відрізняються підвищеною міцністю та гнучкістю. Під дією критичних напружень нанотрубки не рвуться і не ломаються, а перебудовуються. При цьому введення нанотрубок в структуру бетону схоже з введенням фібри. Але на відміну від фібри йде заповнення більш щільне міжпакетного простору і йде підсилення всієї системи. Введення вуглецевих нанотрубок призводить до структуривання гідросилікатів кальцію в цементному камені з формуванням щільної структури новоутворень по поверхні наповнювачів і частинок цементу.

Застосування вуглецевих нанотрубок, які відрізняються гарною сумісністю з портландцементом для наномодифікування бетону, є один із шляхів розширення асортименту застосовуваних наномодифікаторів з одночасним забезпеченням високих характеристик міцності і експлуатаційних характеристик бетонів. [2]

Проведені експерименти показують, що різні технологічні завдання - забезпечення високої початкової рухливості або її тривала збереженість, можуть бути забезпечені застосуванням наномодифікаторів на основі вуглецевих нанотрубок. Такі наномодифікатори інтенсивно адсорбується мінералами клінкеру і продуктами гідратації, що призводить до втрати рухливості в необхідні терміни. Також дослідження показали, що введення наномодифікаторів дозволяє часткову заміну портландцементу шлаками (до 35%) при цьому відбувається збільшення міцності бетону на стиск як на ранніх, так і на пізніх строках твердіння, що дає можливість не тільки економити витрати портландцементу, а й скорочувати строки будівництва.

[1] Usage of vermiculite in industry and construction / Pustovoitova Oksana, Armen Atynian, Liudmyla Trykoz, Svetlana Kamchatnaya. - Innovations in science: the challenge of our time ; Monograph Volume 2. Varna free university "Chernorizets Hrabar" (Bulgaria) p 318-327

[2] Effects of colloidal nanosilica on rheological and mechanical properties of fly ash-cement mortar / P. Hou, S. Kawashima, K. Wang [et al.] // Cement and Concrete Composites. – 2013. – Vol. 35. – P. 12-22.

**ВИКОРИСТАННЯ САМОУЩІЛЬНЮЮЧОГО БЕТОНУ З ДОБАВКАМИ
ПОЛІКАРБОКСИЛАТНОГО ТИПУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ
ДОВГОМІРНИХ ЗБК**

**USE OF SELF-COMPRESSING CONCRETE WITH ADDITIVES OF
POLYCARBOXYLATE IN THE PRODUCTION OF LONG-TERM
CONCRETE**

*канд. техн. наук О.Ю. Бердник, канд. техн. наук Н.О. Амеліна,
канд. техн. наук А.А. Майстренко, канд. техн. наук Є.М. Петрикова
Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)*

*O.Yu. Berdnyk, PhD (Tech.), N.O. Amelina, PhD (Tech.),
E.M. Petrikova, PhD (Tech.), A.A. Maystrenko PhD (Tech.)
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

У сучасному будівництві для підвищення технологічної забезпеченості проектних рішень широко застосовуються бетони нового покоління з високими технологічними і експлуатаційними властивостями, гарантованими показниками якості, яким відводиться важлива роль у складних інженерних спорудах. Враховуючи ці чинники, широкого впровадження у сучасному будівництві набув самоущільнюючий бетон (Self-compacting concrete – SCC), особливістю якого є здатність ущільнюватися без механічного впливу, заповнювати форми під дією власної ваги без вібрації і сегрегації, що передбачає максимальне уникнення трудомістких та енергозатратних операцій [1].

Самоущільнюючий бетон має ряд переваг, таких як швидкість монтажу, відсутність дефектів, довговічність матеріалу, зменшення трудових витрат і відсутністю ущільнення, зчеплення цементу з арматурою для підвищення міцності, можливість проникнення цементно-піщаного розчину в важкодоступні ділянки конструкції, зменшення витрат на оплату праці робочої бригади, безпечний процес виготовлення матеріалу, відсутня можливість розшарування розчину. Також не менш важливою перевагою є межа міцності при розтягуванні у самоущільнюючих бетонів вище, ніж у звичайного бетону.

Для поліпшення якості цементно-піщаної суміші з можливістю самоущільнення при виробництві довгомірних виробів використовують такі впровадження: використання піску, щебеню дрібних фракцій (гранітний відсів) дозволяє виготовити бетон високої міцності, а також збільшується міцність, корозійна стійкість і зниження утворення тріщин [2].

Обов'язковою умовою для самоущільнюючих бетонів є застосування неорганічних матеріалів з високою питомою поверхнею, що сприяють більшій водоутримувальній здатності суміші (мікрокремнезем, зола виносення) і суперпластифікаторів, що регулюють технологічні властивості бетонної суміші, а саме забезпечення високої текучості і високої в'язкості тіста для запобігання

розшаруванню. Точний контроль текучості без явних змін в якості можна досягти з використанням певних суперпластифікаторів [3,4].

Результати досліджень показують, що самоущільнююча бетонна суміш має найнижче водовиділення - 0,1%. Виявлено, що рухливість бетонної суміші з суперпластифікатором на основі полікарбоксилату та золи-винесення з РК = 750 мм зменшується через 3 год до РК=650мм, рухливість бетонної суміші з суперпластифікатором без золи-винесення з РК=750 мм протягом 3 год зменшується до РК=570 мм, в то й же час, рухливість бетонної суміші, лише з золою-виносу з РК=740 зменшується протягом 3 годин до РК=610 мм, Таким чином, комплексне використання в складі самоущільнюючого бетону суперпластифікатора на основі полікарбоксилатів та золи-винесення дозволяє одержувати однорідні, високорухливі, в'язкотекучі бетонні суміші з маркою за легкоукладальністю P5 [5].

Таким чином, при виробництві довгомірних конструкцій з метою покращення технічних і технологічних характеристик (відсутність вібрації, і, відповідно, обладнання для вібрування, а також тепловологісної обробки в камерах), використовують сучасний бетон, що самоущільнюється з добавками-пластифікаторами.

[1] ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.

[2] Саницький М.А., Позняк О.Р., Кіракевич І.І., Русин Б.Г. Самоущільнюючі бетони зі швидким наростанням міцності. Теорія і практика будівництва: Вісник НУЛП. Львів, 2012 №737 с.153-158.

[3] Болотських О.М. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика. Бетонный завод и его диагностика №1.2007 с.36-4.

[4] Кабусь О.В., Буцька Л.М. Проблеми збереження рухливості товарної бетонної суміші під час транспортування. Науковий вісник будівництва. 2018. Т.92 №2 С.214-219.

[5] Кабусь О.В., Буцька Л.М., Латорець К.В., Гуркаленко В.А. Дослідження складів самоущільнюючих бетонів для виготовлення мостових балок. – Науковий вісник будівництва, 2019, Т.2 №2(96).

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ПОЛІМЕРНОГО МОДИФІКАТОРА В
РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІПШЕНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
АКРИЛОВИХ КЛЕЙОВИХ КОМПОЗИЦІЙ**

**RESEARCH OF THE POLYMER MODIFIER FUNCTIONS IN THE
REALIZATION OF IMPROVED OPERATIONAL PROPERTIES OF
ACRYLIC ADHESIVE COMPOSITIONS**

*к.х.н. П.А. Білим, к.т.н. С.М. Золотов,
к.т.н. П.М. Фірсов, Шахін Амір, Хусайн Каіс
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М.Бекетова (м. Харків)*

*Pavlo Bilym, PhD (Chem.), Serhiy Zolotov, PhD (Tech.),
Pavlo Firsov, PhD (Tech.), Shahin Amir, Husain Kais
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

За рахунок ряду переваг найбільш раціональними для використання в будівництві, з метою забезпечення надійної сумісної роботи бетону і сталі, є епоксидні та акрилові клеї. У цьому питанні дуже добре себе зарекомендували промислові акрилові смоли, з яких виробляють технічні самотверднучі пластичні маси типу “порошок-рідина” [1]. Але для надання необхідної технологічності при з’єднанні (склеюванні) різнорідних матеріалів і реалізації допустимих експлуатаційних характеристик клейового шва будівельних конструкційних елементів доводиться мати справу з додатковим введенням в полімерну основу мінеральних наповнювачів. До основного недоліку зазначених складів відносять утворення при полімеризації реакційної системи великої кількості внутрішніх дефектів (пор, бульбашок тощо). Основною причиною цього є підвищена швидкість полімеризації мономера, яка в умовах градієнтного розподілу порошку (полімеру) і мінерального наповнювача, особливо при великій товщині (обсязі) реакційної системи, призводить до інтенсивного тепловиділення [2]. Крім цього залишається відкрите питання про можливе регулювання життєздатності реакційної акрилової системи, що в умовах допустимої технології отримання клейових будівельних з’єднань дозволяє значно спростити процес суміщення з компонентом і безпосередньо нанесення адгезійного складу на субстрат.

Один з варіантів розв’язання проблеми - це попереднє введення і розчинення в мономері модифікаторів (полівінілхлоридних смол, суспензійного або емульсійного полістиролу), а також, різних марок поліакрилатів. В результаті були отримані полімерні композиції і досліджені їх релаксаційні характеристики, що дозволило надалі здійснити розробку і удосконалення даних матеріалів при використанні в якості заливних герметиків і клеїв для з’єднання будівельних конструкцій [3].

Оскільки умови нанесення, полімеризації і подальшого структурування полімеру при склеюванні будівельних конструкцій здійснюються при контакті з різними матеріалами, особливу увагу слід приділяти не тільки питанню адгезійної взаємодії реального сполучника до реальних підложок, з урахуванням енергетичного стану поверхні, якими вони володіють, а й впливу мінеральної добавки.

У зв'язку з проявом певних особливостей структурування модифікованих акрилових систем в даній роботі поставлена задача по дослідженню дії мінерального наповнювача і його кількості на технологічність і реалізацію адгезійної міцності з металевим субстратом. В процесі проведення випробувань, що мають вирішальне значення для вибору рецептури наповнених клейових систем, були встановлені залежності адгезійних і в'язкопружних властивостей, коефіцієнта об'ємного термічного розширення, температури скління і щільності полімерного сполучника на основі метилметакрилата, що полімеризується в присутності окисно-відновлювальної системи і мінерального наповнювача.

За результатами проведених динамічно-механічних випробувань встановлено, що поліпшеною модифікуючою дією володіє полімерна добавка - сополімер полістиролу з метилметакрилатом (ПСМ). Композиції цього виду володіють особливим видом прояву життєздатності в залежності від наявності в них полімерного модифікатора. Поєднання реалізованих фізичних показників з умовами отримання даної композиції стало предметом для її розгляду в якості полімерної основи при розробці наповнених клейових композицій. Для більш детального дослідження клейової здатності наповненої акрилової композиції були проведені випробування адгезійної міцності з урахуванням площі контакту полімерного адгезиву до металевого субстрату. За експериментальними даними встановлено, що мінеральний наповнювач при кількостях до 30 мас. ч. може виконувати роль активного інгредієнта в акриловій системі і здатний до збереження допустимого рівня адгезійного контакту з металом.

При введенні в акрилову систему мінерального наповнювача формуються елементи надмолекулярної структури з характерним адсорбційним шаром, який додатково впливає на зміну пружно-в'язких характеристик клейового матеріалу (підвищення динамічного модуля зсуву від 1,6 до 2,4 ГПа). Тому мобілізація до збереження ресурсу адгезійного контакту (не менше 18 МПа), при допустимих кількостях наповнювача і товщині клейового шару, відбувається завдяки загальному внеску дисперсної фази в зміцнення полімеру.

[1] Pocius V.A. Adhesion and adhesives technology: an introduction / V. A. Pocius. – Munich: Hanser Publications, 2012. – 108 p.

[2] Золотов С.М. Реологічні дослідження та визначення адсорбції модифікованих наповнювачів метилметакрилату / С.М. Золотов, П.М. Фірсов, К.А. Кліщенко // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 161. – С. 157 -169.

[3] Золотов С.М. Влияние различных факторов на жизнеспособность акриловых клеев / С.М. Золотов, О.Ю. Супрун, А.Х. Дауд, М.С. Золотов // Научно-технический сборник “Коммунальное хозяйство міст”. – Харків: ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2014. – Вип. 116. – С. 60-63.

ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОУТВОРЕННЯ ШПІНЕЛЬНИХ СПОЛУК У СИСТЕМІ $MgO - Al_2O_3 - TiO_2 - FeO$

SPECIFICATIONS OF PHASE-SIZING SPINELS IN THE SYSTEM $MgO - Al_2O_3 - TiO_2 - FeO$

*канд. техн. наук О.М. Борисенко¹, докт. техн. наук С.М. Логвінков²,
канд. техн. наук І.А. Остапенко³, докт. техн. наук Г.М. Шабанова¹,
канд. сільськогосп. наук А.А. Івашура²*

¹ НТУ «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

² ХНЕУ ім. С. Кузнеця (м. Харків)

³ ТОВ «Дружківський вогнетривкий завод» (м. Дружківка)

***O.M. Borysenko¹, PhD (Tech.), S.M. Logvinkov², D.Sc. (Tech.),
I.A. Ostapenko³, PhD (Tech.), G.M. Shabanova¹, D.Sc. (Tech.),
A.A. Ivashura², PhD (Agr.)***

¹ National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)

² Simon Kuznets Kharkov National University of Economics (Kharkiv)

³ PSC «Druzhkovka Refractory Plant» (Druzhkivka)

Композиційний матеріали – це матеріали нового покоління, які за рахунок унікальних складу та властивостей можуть використовуватися в самих різних сферах: авіації, космічній техніці, автомобілебудуванні, гірничій промисловості, металургії, будівництві та інше.

Система $MgO - Al_2O_3 - TiO_2 - FeO$ може бути основою для створення різноманітних композиційних матеріалів з заданим складом та унікальними властивостями. В цій системі термодинамічно стабільними фазами є MgO , Al_2O_3 , TiO_2 , FeO , $MgAl_2O_4$ (алюмомагnezіальна шпінель), $FeAl_2O_4$ (герцинит), Fe_2TiO_4 (ульвошпінель), $FeTi_2O_5$ (псевдобрукіт), $MgTiO_3$ (гейкеліт), Mg_2TiO_4 (кванділіт), $MgTi_2O_5$ (карроїт), $FeTiO_3$ (ільменіт), Al_2TiO_5 (тіаліт). MgO та Al_2O_3 є основою для створення низки матеріалів з цінними властивостями.

В промисловості MgO використовують для виробництва вогнетривів, цементів, очистки нафтопродуктів, як наповнювач під час виробництва резини. Цінні властивості оксиду алюмінію забезпечують йому стійкий попит в різних галузях промислового виробництва. TiO_2 та FeO використовують в якості модифікаторів під час виробництва матеріалів різного призначення для підвищення фізико-технічних та експлуатаційних характеристик.

Цінним компонентом системи є титанат алюмінію Al_2TiO_5 (тіаліт), але його використовують з матеріалами, які з ним утворюють тверді розчини або сполуки, наприклад, $MgTi_2O_5$ (карроїт). Ці композиційні матеріали мають високу температуру плавлення, високу хімічну стійкість до кислого середовища і силікатних розплавів.

Титанат магнію (гейкеліт) є основним неорганічним діелектричним матеріалом з чудовими діелектричними властивостями.

Особливу увагу в системі MgO – Al₂O₃ – TiO₂ – FeO привертають шпінелі різного складу (табл. 1): MgAl₂O₄ (алюмомагнезіальна шпінель), FeAl₂O₄ (герцинит), Fe₂TiO₄ (ульвошпінель) та Mg₂TiO₄ (кванділіт).

Таблиця 1. Характеристика структури та властивості шпінельних фаз [1]

№	Фаза	Кристалічна решітка	Тип решітки	Щільність, г/см ³	T _{плавлення} , К	ТКЛР, К ⁻¹
1	MgAl ₂ O ₄	кубічна	шпінелі	3,58	2378	8,0 · 10 ⁻⁶
2	FeAl ₂ O ₄	кубічна	шпінелі	4,39	2053	9,0 · 10 ⁻⁶
3	Fe ₂ TiO ₄	кубічна	шпінелі	4,82	1668	–
4	Mg ₂ TiO ₄	кубічна	шпінелі	3,53	2005	11,2 · 10 ⁻⁶

Всі ці фази мають аналогічну кристалічну структуру шпінелі (табл. 1). MgAl₂O₄ та FeAl₂O₄ ще називають нормальними шпінелями, а Fe₂TiO₄ і Mg₂TiO₄ оберненими. Характерною особливістю сполук цього класу є здатність утворювати тверді розчини заміщення. Сполуки групи шпінелей утворюють широкий діапазон твердих розчинів, а з підвищенням температури область їх існування підвищується. Все це дозволяє використовувати шпінелі як модифікатори у виробництві композиційних матеріалів різного призначення для підвищення їх експлуатаційних характеристик.

Раніше проведені термодинамічні дослідження системи MgO – Al₂O₃ – TiO₂ – FeO [2] показали складність будови цієї системи. Вище температури 1141 К незмінними залишаються елементарні тетраедри: MgO – FeO – Mg₂TiO₄ – MgAl₂O₄, FeAl₂O₄ – Mg₂TiO₄ – FeO – Fe₂TiO₄, FeAl₂O₄ – Mg₂TiO₄ – MgAl₂O₄ – FeO та FeAl₂O₄ – MgTiO₃ – MgAl₂O₄ – Al₂O₃, до складу яких входять шпінельні фази.

У докладі ретельно розглянуті основні характеристики шпінелей системи MgO – Al₂O₃ – TiO₂ – FeO: MgAl₂O₄ (алюмомагнезіальна шпінель), FeAl₂O₄ (герцинит), Fe₂TiO₄ (ульвошпінель) та Mg₂TiO₄ (кванділіт). Приводиться термодинамічний аналіз співіснування різних видів шпінелей та наведено особливості фазоутворення цих шпінелей. Надано рекомендації щодо області застосування наведених шпінелей. Проаналізовано технологічні принципи створення периклазошпінельних композитів з термопластичною матрицею, що надає матеріалам адаптивні властивості, особливо, стійкість до циклічних змін температури з високим градієнтом.

[1] Бережной А. С. Многокомпонентные системы окислов. Киев: Издательство «Наукова думка», 1970. 544 с

[2] Borisenko O., Logvinkov S., Shabanova G., Mirgorod O. Thermodynamics of Solid-Phase Exchange Reactions Limiting the Subsolidus Structure of the System MgO – Al₂O₃ – FeO – TiO₂. Materials Science Forum. 2021. Vol. 1038. P. 177–184. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.177>.

**МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ В
ДОСЛІДЖЕННЯХ ВЛАСТИВОСТЕЙ САМОУЩІЛЬНЮЮЧОГО
БЕТОНУ**

**MATHEMATICAL PLANNING OF THE EXPERIMENT IN STUDY OF
THE SELF-COMPACTING CONCRETE PROPERTIES**

*канд. техн. наук С.О. Бугаєвський, канд. техн. наук В.В. Маляр,
аспірант А.Д. Чумакова, аспірант І.В. Назаренко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

*S.J. Buhaiievskiy, PhD (Tech.), V.V. Maliar, PhD (Tech.),
A.D. Chumakova, graduate student, I.V. Nazarenko, graduate student
Automobile and Highway National University*

На сьогоднішній день теорія раціонального планування експерименту включає планування багатофакторного експерименту на основі дисперсійного аналізу та пошук оптимальних умов [1].

Задача наших досліджень полягала в отриманні математичної моделі у вигляді рівняння регресії, де фактори впливають нелінійно. За об'єкт досліджень була обрана самоущільнююча бетонна суміш [2]. Під час досліджень вивчалася залежність основних технологічних показників бетонної суміші та бетону – розпливу конусу (Y_1 , Y_6), розрахунковий опір на стиск (Y_2 , Y_7), в'язкість t_{500} (Y_3 , Y_8), в'язкість $t_{\text{воронки}}$ (Y_4 , Y_9), здатність долати перешкоду з трьома стержнями (Y_5 , Y_{10}) від вхідних факторів – кількості піску і мінеральної добавки (склад бетону 1) та від кількості добавки суперпластифікатора і мінеральної добавки (склад бетону 2). У роботі було прийнято повний факторний експеримент типу ПФЕ 3^2 . Рівняння регресії визначалось у вигляді скороченого поліному [3]:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{12}X_1X_2 \quad (1)$$

Рівняння регресії у кодованих факторах мали наступний вигляд:

$$Y_1 = 58,89 + 7,17x_1 - 1,50x_2 - 2,17x_1^2 - 0,17x_2^2 - 2,0x_1x_2 \quad (2)$$

$$Y_2 = 39,47 - 4,25x_1 - 1,48x_2 - 0,05x_1^2 - 0,05x_2^2 + 0,9x_1x_2 \quad (3)$$

$$Y_3 = 8 - 2,67x_1 + 2,0x_1x_2 \quad (4)$$

$$Y_4 = 11,11 - 3,67x_1 + 3,83x_2 + 1,67x_1^2 + 0,17x_2^2 - 2,75x_1x_2 \quad (5)$$

$$Y_5 = 0,78 + 0,118x_1 - 0,035x_2 - 0,0483x_1^2 + 0,00167x_2^2 + 0,0225x_1x_2 \quad (6)$$

$$Y_6 = 59,39 + 3,0x_1 + 1,67x_2 - 5,17x_1^2 - 7,17x_2^2 - 0,25x_1x_2 \quad (7)$$

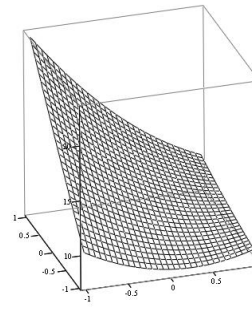
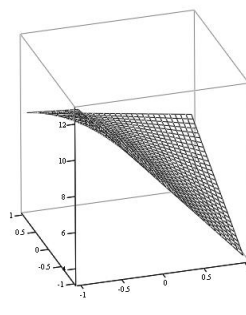
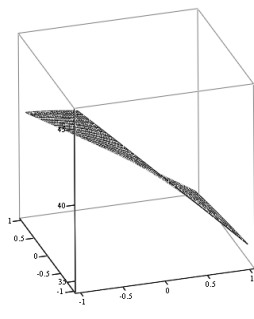
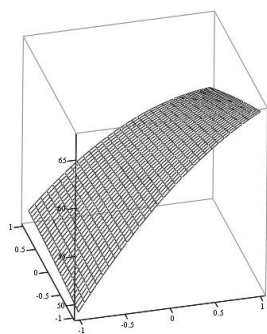
$$Y_7 = 39,06 + 2,87x_1 - 1,12x_2 - 4,77x_1^2 - 3,02x_2^2 - 0,6x_1x_2 \quad (8)$$

$$Y_8 = 7,89 - 1,83x_1 - 4,33x_2 + 5,83x_1^2 + 7,33x_2^2 + 1,5x_1x_2 \quad (9)$$

$$Y9 = 19,22 + 1,5x_1 - 4,17x_2 + 7,83x_1^2 + 15,83x_2^2 - 0,5x_1x_2 \quad (10)$$

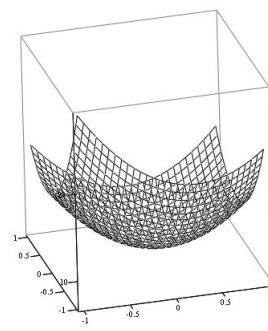
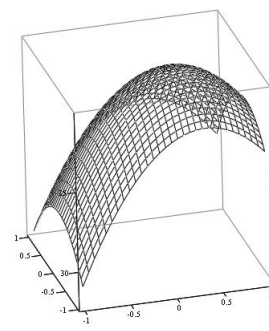
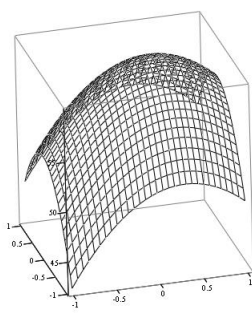
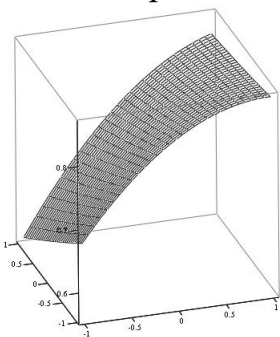
$$Y10 = 0,734 + 0,015x_1 + 0,015x_2 - 0,178x_1^2 - 0,138x_2^2 + 0,02x_1x_2 \quad (11)$$

Функції відгуку (2-11) представлені на рис. 1-5 у вигляді поверхні.



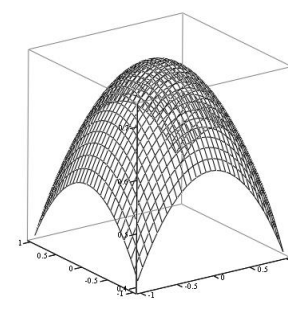
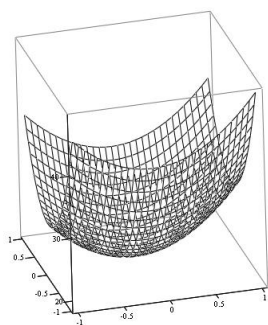
а) б)
Рис. 1. Поверхня відгуку: а) $Y1$; б) $Y2$

а) б)
Рис. 2. Поверхня відгуку: а) $Y3$; б) $Y4$



а) б)
Рис. 3. Поверхня відгуку: а) $Y5$; б) $Y6$

а) б)
Рис. 4. Поверхня відгуку: а) $Y7$; б) $Y8$



а) б)
Рис. 5. Поверхня відгуку: а) $Y9$; б) $Y10$

Отримані результати дозволять виробникам раціонально підбирати основні технологічні властивості самоущільнюючих бетонних сумішей.

[1] Вознесенский В.А. Современные методы оптимизации композиционных материалов / В.А. Вознесенский, В.Н. Выровой, В.Я. Керш и др. – Киев: Будівельник. 1983. – 144 с.

[2] The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Specification, Production and Use, 2005. 68 p.

[3] Мальяр В.В. Визначення температурної залежності модуля пружності асфальтополімербетону з використання методу регресійного аналізу / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції «Мости, тунелі і дороги: стан, проблеми утримання та перспективи підвищення довговічності». Харків: ХНАДУ, 2018. – С. 255-258.

ЧИ НАДІЙНА НАДІЙНІСТЬ...?

IS THE RELIABILITY RELIABLE...?

*д-р. техн. наук В.М. Вировой, д-р. техн. наук О.О. Коробко,
д-р. техн. наук В.Г. Суханов*
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)

*V.V. Vyrovoy, Dr.Sc (Tech.), O.O. Korobko, Dr.Sc (Tech.),
V.G. Sukhanov, Dr.Sc (Tech.)*
Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture (Odessa)

Накопичений досвід експлуатації будівельних об'єктів різних виду та призначення свідчить, що, навіть при забезпеченні всіх показників їх надійності можуть виникати критичні ситуації. Основою показників надійності є інтегральна кількісна оцінка сукупних властивостей. Так, історично склалося, що властивості у вигляді деякої усередненої характеристики назначалися незалежно від внутрішньої сутності об'єктів. Це дає підставу заключити, що використання таких уявлень про властивості не дозволяє повністю виключити ситуації, при яких об'єкт буде не «... здатен зберігати у часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих умовах застосування» [1]. Тому стає задача встановлення основних причин та механізмів, які здатні привести до передчасного виходу із функціонального стану будівельних об'єктів при збереженні їх базових властивостей в установлених межах.

В якості об'єкта аналізу прийнята будівельна конструкція-система. Уявлення конструкції у вигляді системи дозволяє використовувати прийоми та методи системного підходу, що робить можливим вивчати та аналізувати організацію структури, яка утворюється шляхом взаємодії, трансформації та взаємовпливу всього різноманіття індивідуальних елементів [2]. З цієї множини елементів особливої уваги заслуговують елементи, які не входять в якості компонентів у вихідний склад матеріалу, але які в значній мірі визначають поведінку матеріалу та конструкції при дії експлуатаційних навантажень – це пори, капіляри, поверхні розділу та тріщини.

Дослідження процесів організації структури матеріалів різної природи дозволило запропонувати гіпотезу багатоосередкового структуроутворення. Ідея багатоосередкового структуроутворення основана на спонтанному виникненні внутрішніх поверхонь розділу – принципово нових елементів структури в результаті самовільного групування складових навколо структуроутворюючих центрів (осередків). Нові елементи активно приймають участь в усіх подальших процесах структуроутворення, що дає підставу заключити про дискретно-еволюційний характер розвитку структури, при якому кожна послідовна подія не витикає із попередньої. На кожному такому етапі починає реалізовуватися

свій сценарій розвитку структури за принципом «від досягнутого». Виникнувши в результаті багатоосередкового структуроутворення, поверхні розділу стають універсальними елементами, які сприяють формуванню своєрідного портрета структури матеріалу і конструкції в цілому. Поверхні розділу контролюють всі процеси, пов'язані зі сприйняттям, передачею та дисипацією енергії деформацій, приймають участь та лімітують процеси масопереносу, зберігають мозаїчність будови, забезпечують взаємозв'язок між різними структурними рівнями та, що найголовніше, вони скидають принцип безперервності. Крім того, поверхні розділу здатні вироджуватися в пори, капіляри і тріщини. Вони підтримують індивідуальність кожного структурного блока на всіх рівнях неоднорідностей, забезпечуючи будову типу «структура в структурі». Внаслідок багатоосередкового структуроутворення, яке реалізується різними механізмами на різних рівнях неоднорідностей в структурі матеріалу конструкції-системи, утворюється набір елементів структури, які можна класифікувати на консервативні, метастабільні та активні за швидкістю реакції на внутрішні та зовнішні подразники. До активних елементів структури віднесені умовно «невидимі» елементи у вигляді поверхонь розділу, тріщин та залишкових локальних і інтегральних деформацій. Невидимість активних елементів зумовлена відсутністю інформації про їх участь при інтерпретації експериментальних результатів по формуванню властивостей конструкції-системи.

Відомо, що практично будь-яка система веде себе так, як їй дозволяють себе вести або найбільш слабкі, або найбільш активні елементи. Сам факт присутності тріщин в мозаїчній структурі матеріалу, створює неврівноважений та нестабільний стан окремих структурних неоднорідностей та конструкції в цілому. Повсюдність тріщин порушує суцільність матеріалу, що ускладнює та найчастіше робить неможливим оцінку властивостей за середніми характеристиками. В загальному випадку виділені тріщини-структуроутворювачі, які здатні, шляхом зміни власних параметрів, забезпечувати стабільність структури, та тріщини-руйнівники, які розвиваючись в локальних зонах, проходять свій власний життєвий цикл, припиняючи при цьому життєвий цикл конструкції-системи.

Проведений аналіз дозволяє заключити, що в результаті багатоосередкового структуроутворення в матеріалі конструкції-системи самоутворюються активні елементи у вигляді поверхонь розділу, тріщин та залишкових деформацій. Активність тріщин при певних ситуаціях може привести до їх незворотного росту, що неминуче позначиться на цілісності конструкції-системи. При цьому властивості матеріалу практично залишаються у встановлених межах, що дозволяє заключити про незмінність параметрів надійності конструкції. Умовно невидимі елементи структури повинні одержати ранг видимих, що дозволить більш надійно прогнозувати надійність будівельних об'єктів.

[1] ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Чинний від 1996-01-01. Київ: Держстандарт України, 1995. 91 с.

[2] Суханов В.Г., Выровой В.Н., Коробко О.О. Структура материала в структуре конструкции: монография. Одесса: «ПОЛИГРАФ», 2016. 244 с.

КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ СИЛІКАТНОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ СИЛОСІВ

COMPOSITIONAL MATERIAL BASED ON SILICATE SOLUTION TO INCREASE THE CARRYING CAPACITY OF BASES OF SILOS FOUNDATIONS

канд. техн. наук О.С.Герасименко¹, канд. техн. наук О.В.Романенко¹, канд. техн. наук І.В. Подтележнікова¹, інженер І.В.Семашко²

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²ТОВ «АВЕСТА ЕНЕРГОРЕСУРС» (м.Харків)

O.S. Herasymenko¹, PhD (Tech.), O.V. Romanenko¹, PhD (Tech.), I.V. Podtelezhnikova¹, PhD (Tech.), I.V. Semashko², engineer

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²LLC «AVESTA ENERGY RESOURCE» (Kharkiv)

У теперішній час актуальне будівництво залізничних перевантажувальних терміналів для зернових і інших сипучих матеріалів. Перевалка й зберігання в таких терміналах відбувається в елеваторах силосного типу з використанням силосних банок великої ємності. Габарити таких споруд визначають розмір їх фундаментів. Як правило, для силосів із плоским днищем, які найбільш навантажені (близько 25 т/м² або 2,5 кг/см²) й становлять великий інтерес, фундаменти можуть бути наступних видів: на природній основі; пальові фундаменти; на штучній основі.

Пальовий фундамент є дуже дорогим і приводить до збільшення строків будівництва. Крім того, не завжди обладнання пальових фундаментів доцільно й не завжди виправдане.

Найбільший інтерес викликають фундаменти на штучних основах з закріпленого ґрунту. **Закріплення ґрунту** – підвищення несучої здатності ґрунту способами: механічними (трамбуванням); осушенням [1, 2]; ін'єкційними; термічними (випалом, заморожуванням).

Границі застосування різних способів закріплення ґрунтів встановлюються за коефіцієнтом фільтрації ґрунтів і за властивостями, які вони надають закріпленому ґрунту.

Спосіб однорозчинної силікатизації із застосуванням кремнефтористоводневої кислоти надає ґрунтам значну міцність і водонепроникність і може бути застосований в ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації від 0,2 до 20 м/добу. При цьому способі можливе використання удосконалених рецептур зі збільшеною проникною здатністю та міцністю [3-6].

1. Вплив поля пульсуючого однонаправленого струму на ступінь електроосмотичного осушення ґрунтів / А.М.Плугін, О.С.Герасименко, С.В.Мирошниченко, А.А.Плугін // Зб.наук.праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2004.- Вип. 63. - С.63-69.

2. Плугін А.М. Використання подрібненого керамічного матеріалу для осушення водонасичених ґрунтів земляного полотна / А.М.Плугін., А.А.Плугін., О.С.Герасименко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 77. – С.162 – 175.
3. Увеличение проникающей способности жидкого стекла в песчаный грунт / А.Н.Плугин, А.А.Плугин, Л.В.Трикоз, О.С.Герасименко // Зб.наук.праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2007.- Вип. 87. - С.108-120.
4. Плугин А.Н. Механизм влияния модификатора С-3 на прочность и гидравлическую способность жидкого стекла / А.Н. Плугин, О.С. Герасименко, Л.В. Трикоз, А.А. Плугин // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2008.- Вип.48. – С.154-162.
5. Герасименко, О.С. Увеличение проникающей способности и прочности жидкого стекла [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Герасименко Олег Степанович. – Харьков, УкрГАЗТ. – 2008. 230 с.
6. Пат. 87795 Україна, МПК С04В 28/26. Рідкоскляна композиція [Текст] / Герасименко О.С., Плугін А.А., Плугін А.М., Трикоз Л.В. та ін.; заявник і патентовласник Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – UA87795C04B28/26; заявл. 07.10.2008; Опубл. 10.08.2009, Бюл. №15. – 6 с.

УДК 621.45.038.7

ВПЛИВ АНТИКОРОЗІЙНИХ ПІГМЕНТІВ НА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКОВИХ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

INFLUENCE OF ANTICORROSION PIGMENTS ON THE PROTECTIVE PROPERTIES OF POWDER PAINT COATINGS

В.І. Гоц¹, О.В. Ластівка¹, О.О. Томін¹

¹Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)

V.I. Gots¹, O.V. Lastivka¹, O.O. Tomin¹

¹Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Одним з найбільш перспективних напрямків розробки порошкових лакофарбових матеріалів протикорозійного призначення є використання в їх складі нових, екологічно безпечних і ефективних пігментів інгібіторного типу [1].

В лакофарбовим матеріалах, як антикорозійні пігменти широко застосовуються хромати [2]. Протикорозійна дію хроматів обумовлено їх розчиненням у воді в процесі експлуатації покриття, що супроводжується утворенням комплексних хромат-іонів, які на анодних ділянках взаємодіють з іонами металу, що призводить до утворення інгібіторів корозії. Однак, їх використання до недавнього часу обмежується, через їх канцерогенної дії [3, 4]. Тому вкрай актуальною є задача заміни хроматних пігментів менш токсичними сполуками, які не поступаються їм по корозійній стійкості.

В якості антикорозійних пігментів використано продукти різної природи основної діючої речовини: а) – фосфат цинку у вигляді PZW2 «SNCZ L`anticorrosion». б) – комбінований фосфосилікат кальцію та стронцію Nubiгох 301 «Nubiola». в) – іонообмінний аморфний силікогель Shieldex C303 «Grace».

За результатами досліджень виявлено, що антикорозійні пігменти по різному впливають на формування корозійної стійкості порошкового покриття. Це

зумовлено їх різною розчинністю та здатністю до перенесення структуроутворюючих іонів до поверхні металу, що призводить до вповільнення анодного та катодного, або одночасно обох процесів електрохімічної корозії.

За результатами досліджень виявлено, що модифікації порошкової системи пігментом у вигляді фосфату цинку «PZW2» в кількості 5 % за мас., призводить до поширення ширини корозії металу на рівні 0,95 мм, після 720 год. витримування покриття в камері сольового туману. При витримуванні протягом 1440 год., ширина корозії досягає показника 2,4 мм що на 20 % є нижчим порівняно з контрольним складом. Це може бути пов'язано з процесом дисоціації фосфатів під дією води, яка проникає в покриття з утворенням комплексних хромат-іонів, які на анодних ділянках взаємодіють з іонами металу, що призводить до утворення інгібіторів корозії.

Використання антикорозійного пігменту у вигляді Nubirox 301, призводить до поширення ширини корозії металу на рівні 2,15 мм, після 720 год. витримування покриття в камері сольового туману. При витримуванні протягом 1440 год., ширина корозії досягає показника 4,12 мм що на 41 % є вищим порівняно з контрольним складом. Це спричинено тим, що в порошковій системі не забезпечується рівномірне диспергування антикорозійного пігменту, в наслідок чого, його об'ємна концентрація в складі покриття є нерівномірною, що призводить до погіршення антикорозійних характеристик покриття.

Модифікація порошкової системи пігментом у вигляді «Shieldex C303» в кількості 5 % за мас., призводить до поширення ширини корозії металу на рівні 0,78 мм, після 720 год. витримування покриття в камері сольового туману. При витримуванні покриття протягом 1440 год., ширина корозії металу досягає показника 1,41 мм, що на 98 % є нижчим порівняно з контрольним складом. Це пояснюється тим, що антикорозійний пігмент в складі порошкової системи під час контакту з корозійним середовищем починає виконувати дві функції: ефективно адсорбує агресивні іони та забезпечує отримання захисного молекулярного шару шляхом утворення змішаної оксидної плівки на поверхні металу.

1. Procopio L. J. A 20-Year Case Study of the Hunting Island Lighthouse / Leo J. Procopio // PCE. - 2003. - v. 8, N. 9. - P. 4-15.

2. Goldschmidt A. BASF Handbook on Basics of Coating Technology / A. Goldschmidt, H. J. Streitberger. - G.: BASF, 2003. - 792 P.

3. Железняк В.Г. Современные лакокрасочные материалы для применения в изделиях авиационной техники // В.Г. Железняк // Труды ВИАМ: электрон. науч.-техн. журн. 2019. №5 (77). С. 1-7.

4. Салычиц О.И. Пигменты с антикоррозионными свойствами на основе соединений переходных металлов / Салычиц О.И., Орехова С.Е., Ашуйко В.А // Труды БГТУ. 2012. №3. С. 16–18.

**КОРОЗІЙНОСТІЙКІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ
МІДІ Й МОЛІБДЕНУ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**CORROSION-RESISTANT COMPOSITIONAL MATERIALS
BASED ON COPPER AND MOLYBDENE FOR ELECTRICAL
CONTACTS OF RAILWAY TRANSPORT**

*д-р хім. наук Гречанюк В.Г.¹
канд. техн. наук. Чорновол В.О.¹, канд. техн. наук. Ковальчук Ю.І.¹
канд. хім. наук. Вітовецька Т.В.¹, канд. техн. наук. Гоц В.В.²
¹Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)
²ТОВ «Центрбудпроект» (м. Київ)*

*V.G. Grechanyuk¹, Dr.Sc. (Khim.),
V.O. Chornovol¹, PhD (Tech.), Y.I. Kovalchuk¹, PhD (Tech.),
T.V. Vitovetskaya¹, PhD (Tech.), V.V. Gots², PhD (Tech.)
¹Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)
²TOV «Tsentrbudproekt» (Kyiv)*

Обираючи матеріал контактів, необхідно забезпечити виконання ряду вимог: велику механічну стійкість, високу температуру плавлення, високу теплопровідність і електропровідність, стійкість проти корозії та ерозії.

В даній роботі запропоновано отримувати композиційні матеріали (КМ) Cu-Mo електронно-променевим методом високошвидкісного випаровування-конденсації [1,2]. Найбільш ефективні області застосування КМ на основі міді і молібдену є міський і залізничний транспорт.

У роботах [3-6] детально досліджені структура, властивості і експлуатаційні характеристики псевдосплавів (Cu-Zr-Y)-Mo, які використовуються для виготовлення електричних контактів і електродів. Авторами роботи [7] КМ, який складається з металевої матриці – малолегованого сплаву на основі міді з таким вмістом компонентів, % мас.: ітрій – 0,01-1,0; цирконій 0,01 – 1,0; ніобій – 0,01-0,5; решта – мідь, який зміцнений дисперсними частинками молібдену, оксиду міді та оксиду молібдену. Співвідношення компонентів у зазначеному композиційному матеріалі становили, % мас.: молібден – 1,5-15; оксид міді – 0,1-5; оксид молібдену – 0,1-5; сплав Cu-Zr-Y-Nb решта.

Для встановлення можливості роботи контактів із запропонованого КМ в повітряному середовищі в режимі вмикання-вимикання були проведені дослідження високотемпературної корозійної та ерозійної стійкості у порівнянні з традиційними контактами із матеріалу Ag-CdO.

Дослідження роботи КМ Cu-Mo у нейтральному повітряному середовищі в режимі вмикання-вимикання (130000 циклів) при $I = 20$ А, $U = 220$ В у порівнянні з традиційними системами дали позитивні результати. Характер руйнування

поверхневого шару, що спостерігається у КМ Cu-Mo, отриманих за допомогою електронно-променевої технології і у матеріалу Ag-CdO, одержаного методом порошкової металургії, подібний. Разом з тим пошкодження поверхневого шару у випадку Ag-CdO значно більші, що підтверджено дослідженнями поверхні контактів.

При експлуатації контактів Cu-Mo у повітряному середовищі при температурах вище 300°C на робочій поверхні утворюються складні шпінелі CuO·MoO₃ і 3CuO·MoO₃. Сполука CuO·MoO₃ має поліморфне перетворення при 550°C, яке відбувається зі зміною об'єму, що приводить до безупинного їх руйнування і сколювання з робочої поверхні контактів, оголення нових ділянок і інтенсифікації процесів окиснення.

На рисунку 1 наведено електроерозійний знос КМ Cu-Mo і традиційної системи Ag-CdO, що спостерігається при роботі електричних контактів, обумовлений дією високотемпературних іонізованих газових потоків.

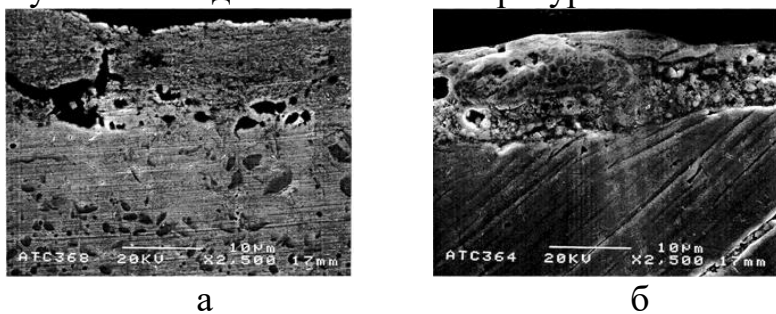


Рис. 1. Електроерозійні пошкодження при роботі контактів:
а – система Ag-CdO,
б – КМ Cu-Mo

Темні ділянки поверхні відображають корозійні пошкодження, за рахунок яких підвищується питомий опір матеріалу в місті контакту, що у свою чергу також сприяє руйнуванню поверхні. Якщо порівняти пошкодження Cu-Mo із Ag-CdO то видно, що для КМ Cu-Mo утворення областей корозійного руйнування істотно скорочується, а їхні розміри зменшуються. Виникнення великих дефектів обумовлено, насамперед, руйнуванням ділянок, що містять мідні включення, які утворилися в результаті краплинного переносу металу.

1. New Electron-Beam Equipment and Technologies for the Production of Advanced Materials Using Vacuum Melting and Evaporation Methods Developed at SPE ["Eletekhmarsh"] / Grechanyuk, N.I., Kucherenko, P.P., Melnik, A.G., Grechanyuk, V.G., Manulyk, A. // Minerals, Metals and Materials Series, 2019, P. 105–113.
2. Precipitation-Strengthened and Microlayered Bulk Copper- and Molybdenum-Based Nanocrystalline Materials Produced by High-Speed Electron-Beam Evaporation–Condensation in Vacuum: Structure and Phase Composition / Grechanyuk, N.I., Grechanyuk, V.G. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2018, 56(11-12), P. 633–646
3. Bukhanovski VV Effect of composition and heat treatment on the structure and properties of condensed composites of the Cu - W system / B.B. Bukhanovski, R.V. Minakova, IN Grechanyuk, I. Mamuziæ, NP Rudnitskii // Metal Science and Heat Treatment. - 2011. - 53 (1-2). - 14-23.
4. Grechanyuk NI Modern composite materials for switching and welding equipment Information 2. Application of high-rate vacuum evaporation methods for manufacturing electric contacts and electrodes / N.I. Grechanyuk, VG Grechanyuk, E.V. Khomenko, IN Grechanyuk, VG Zatoovsky // The Paton Welding Journal. - 2016. - № 2. - R. 34-39.
5. Bogdan M. The actual state and prospects of a high power electron beam technology for metallic and non-metallic compositions used in electric contacts and electrodes / M. Bogdan, H. Marcin, I.N. Grechanyuk., R.V. Minakova., Xu L.J. // Advanced Materials Research. - 2014. - 875-877. - P. 1437-1448.
6. Grechanjuk IN Corrosion resistance in neutral saline fog of the Cu-Mo composites obtained by PVD method / I.N. Grechanjuk, V.G. Grechanjuk, L. Orac // Metallurgy and Materials science. - 2009. - № 5. - P.297-304 163.
7. Grechanyuk MI Patent of Ukraine for invention № 104673. Composite material for electrical contacts and method of its production / Grechanyuk MI, Grechanyuk VG Minakova RV, Grechanyuk IM, Bukhanovsky VV, blvd. № 4 from 2014.

НАНОМОДИФІКОВАНІ КОМПОЗИЦІЙНІ РОЗЧИНИ

NANOMODIFIED COMPOSITION SOLUTIONS

*д.т.н. В.М. Дерев'янка¹, к.т.н. Н.В. Кондратьєва²,
д.т.н. В.Є.Волкова³, к.т.н. Г.М.Гришко³*

¹Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро)

²Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет» (м. Дніпро)

³Дніпровський державний аграрно-економічний університет (м. Дніпро)

*V. N.Derevianko¹, Dr.Sc. (Tech.), N.V. Kondratieva², PhD (Tech.),
V. E.Volkova³, Dr.Sc. (Tech.), H. M.Hryshko³, PhD (Tech.)*

¹State Higher Educational Establishment "Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture" (Dnipro)

²State Higher Educational Establishment "Ukrainian State University of Chemistry and Chemical Technology" (Dnipro)

³Dnipro State Agrarian-Economic University (Dnipro)

Однією з проблем довговічності та надійності будівельних споруд являється створення реакцій метастабільних фаз гідралюмінатів в слабозв'язній структурі для забезпечення формування та стабілізації етtringіту.

Відомо, що кількість хімічно зв'язаної води глиноземистого цементу і відповідно після гідратації в'язучої речовини - фізико-механічні властивості, змінюються в залежності від мінералогічного складу. У зв'язку з тим, що використання глиноземистого цементу для виготовлення розчинів є витратним та при цьому кількість хімічно-зв'язаної води знаходиться в межах 25-28 % [1], розглянуто можливість розробки в'язучих речовин з підвищеною кількістю хімічно-зв'язаної води, які для стабілізації етtringіту будуть найбільш ефективними.

Вирішення цієї проблеми можливе при використанні композиційних цементів системи $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ [2-4] шляхом створення та регулювання співвідношення компонентів: глиноземистий цемент-гіпс. Це дасть можливість в процесі гідратації формувати розчин в якому кількість хімічно-зв'язаної води досягає 46 % за рахунок високого вмісту етtringіту.

Для досягнення мети стабілізації етtringіту, в роботі проведено дослідження по розробці композиційного цементу системи

$\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ (глиноземистий цемент-гіпс): а) 70÷30; б) 50÷50;

в) 30÷70 та визначення вмісту хімічно-зв'язаної води, міцності, водопоглинання, а також наномодифікація складів розчинів на основі розробленої в'язучої композиції.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що збільшення кількості сульфату кальцію сприяє збільшенню вмісту етtringіту в композиції.

Встановлено, що оптимальний вміст етtringіту складає до 70% від маси композиційного в'язучого матеріалу.

При оптимальному співвідношенні ГЦ-40/Гіпс – 70/30 – міцність на стиск становить 14-15 МПа.

У зв'язку з тим, що досліджуваний композиційний матеріал має досить високий коефіцієнт лінійного розширення, авторами запропоновано для його зменшення, провести модифікування розчину вуглецевими нанотрубками (ВНТ).

Розроблена авторами технологія введення ВНТ передбачає диспергацію нанодобавки в середовищі вода – пластифікатор і наступного введення затворювача в процесі приготування розчину або бетону. На основі попередніх досліджень визначено вміст дисперсних вуглецевих нановолокон в розмірі 0,02 % від маси в'язучого. Модифікація складів розчинів дозволила зменшити коефіцієнт лінійного розширення до 0,8 при збільшенні міцності в середньому на 8-12 %.

Розчин на основі ГЦ+Г5+ ВНТ має вміст хімічно зв'язаної води на 10-15% більший від складів на основі портландцементу за рахунок формування етtringітової складової.

В процесі моделювання системи $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ можливо, з врахуванням економічного фактору, визначати основні властивості композиційних в'язучих речовин.

- [1]. А. А. Pashchenko, V.P. Serbin and Ye.A. Starchevskaya *Vyazhushhie Materialy* [Binding Materials] (Kiev: Vysshaya Shkola: 1985), 440 p. (in Russian).
- [2]. Pera J., Ambroise J. New applications of calcium sulfoaluminate cement. // *Cement and Concrete Research*. – 2004. - № 34. – P. 671-676.
- [3]. Кузнецова Т. В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. – М.: Стройиздат, 1986. – 208 с.
- [4]. Самченко С. В. Роль этtringита в формировании и генезисе структуры камня специальных цементов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2005. – 157 с.
- [5]. Кузнецова Т. В. О влиянии состава модифицированного гипсоглиноземистого расширяющегося цемента на прочность и температуру твердения / *Строительные материалы / Интернет журнал. Науковедение*. – Том 7. – №96 (ноябрь-декабрь 2015)

**ВПЛИВ ВІДХОДІВ ГЛИНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА НА
ВЛАСТИВОСТІ ДОРОЖНЬОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ**

**INFLUENCE OF ALUMINUM PRODUCTION WASTE ON THE
PROPERTIES OF ROAD CEMENT CONCRETE**

канд. тех. наук О.Ю. Дорошенко

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

O. Y. Doroshenk, PhD. (Tech.)

State University of Infrastructure and Technology (Kyiv)

Основними напрямками технічного прогресу в технології бетонних робіт є прискорення твердіння бетону, підвищення обертальності форм і опалубки, зменшення енерговитрат, підвищення довговічності конструкцій, зменшення витрати цементу.

При використанні цементного бетону при будівництві доріг треба вирішувати ряд питань, які пов'язані з технологією бетонування і експлуатацією затверділого бетону. Серед них забезпечення: заданої рухливості бетонної суміші; достатньої міцності бетону у ранні строки твердіння; марочної міцності на стиск і згин та необхідних експлуатаційних показників.

Підвищення та поліпшення основних фізико – механічних показників цементного бетону можливо досягти шляхом модифікації цементного бетону за рахунок застосування хімічних добавок під час приготування цементно – бетонної суміші [1].

Використання хімічних добавок на основі хімічних реактивів може бути не зовсім доцільним внаслідок значного підвищення вартості цементного бетону. Тому стає актуальним питання заміни чистих хімічних продуктів деякими відходами промислових виробництв. Застосування відходів у дорожньому будівництві може бути доцільним при виконанні ряду умов: кількість відходів є достатня для задоволення потреби при використанні в технології виробництва цементного бетону; відходи не є потенційно – шкідливими при їх застосуванні під час виготовлення бетону і під час його експлуатації; дальність транспортування відходів на бетонний завод незначна.

В роботі розглядаються питання використання відходів глиноземного виробництва – червоного шламу, який накопичується в шламбасейнах і який має хімічний склад (в мас. %): Fe_2O_3 – 43,5; Al_2O_3 – 20,0; SiO_2 – 12,42; CaO – 11,2; Na_2O – 7,25; TiO_2 – 5,34; P_2O_5 – 0,24; V_2O_3 – 0,23.

Хімічний аналіз проб червоного шламу показує незначні коливання як по кількісному, так і по якісному складу, що пояснюється постійністю технології і сировинної бази.

Попередньо збезводнений до вологості 5...10 % червоний шлам оброблювався технічною соляною кислотою (концентрація – 27,5 %) в

співвідношенні 1:0,5 – 1:2,5 по вазі. В результаті екзотермічної реакції температура суміші підвищувалася до 100...120 °С.

Після охолодження пульпа розчинялася водою. В якості добавки використовувалася розчинена водою пульпа або розчин, отриманий після відстою пульпи.

Був проведений аналіз хімічного складу водяних солянокислотних витягів, який показав, що солева суміш складається із 66% FeCl₃; 16% NaCl; 13% CaCl₂; 5% (AlCl₃, TiCl₃ та інших). Встановлено, що за рахунок кислотної взаємодії кількість водорозчинної солі підвищилася в 31,3 разів (8,15 г на 100мл рідкої фази у порівнянні з 0,25 г на 100мл рідкої фази без обробки кислотою).

Портландцемент є полімінеральним в'язучим і однокомпонентні добавки хлоридів не однаково впливають на підвищення властивостей окремих клінкерних мінералів і цементу в цілому. Наявність визначеного комплексу йонів дозволяє різко підсилити ефект підвищення міцності у порівнянні з міцністю отриманої при використанні однокомпонентної добавки.

Дія багатокомпонентної добавки проявляється як в початковий період структуроутворення, так і при подальшому твердінні і виражається в зміні кінетики розчинення в'язучого, кінетики новоутворення гідратних фаз, а також морфології і міцності новоутворених ними структур. При абсолютно кращих результатах по міцності при стиску цементного каменю з добавкою червоного шламу у порівнянні з однокомпонентними добавками (CaCl₂, AlCl₃, NaCl, FeCl₃) встановлено зменшення водопотреби для отримання тіста нормальної густини. Цей факт можна пояснити з колоїднохімічних позицій підвищенням конкуруючого впливу катіонів Na¹⁺ і Ca²⁺, який зменшує водопотребу, підвищує строки тужавлення, послаблює сильну коагуліруючу дію трьохзарядних катіонів Fe³⁺ і Al³⁺, в результаті чого утворюються умови для оптимального структуроутворення цементного каменю.

В роботі досліджували вплив добавок на ріст міцності при стиску цементного каменю з однокомпонентними добавками CaCl₂, AlCl₃, NaCl і FeCl₃, які є в складі обробленого червоного шламу, і продуктом кислотного розпаду шламу. Ефективність дії добавок оцінювалася по міцності цементних зразків кубів з В/Ц = 0,33. Також визначалися строки тужавлення і нормальна густина цементного тіста. Використовувався Здолбунівський портландцемент М500.

Максимальна міцність при стиску цементного каменю з червоним шламом вища у порівнянні з іншими однокомпонентними хлоридами. Встановлено, що найбільш ефективною однокомпонентною добавкою є AlCl₃.

[1]. Баженов Ю.М. Бетон с химическими добавками. – М.: ЦМИПКС, 1987. – 59 с.

**ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОПРОВІДНОГО БЕТОНУ
В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

**THE USE OF TRANSLUCENT CONCRETE
IN MODERN CONSTRUCTION**

*Аспірант В.В. Журавель, канд. техн. наук О.С. Борзяк,
Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.V. Zhuravel, postgraduate student, O.S. Borziak, PhD (Tech),
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Світлопровідний бетон вперше було створено у 2002 році, автором цієї розробки є архітектор з Угорщини Áron Losonczy. У 2004 році даний матеріал було запатентовано під назвою LiTraCon (LIght TRAnsmittinG CONcrete). Світлопровідний бетон являє собою дрібнозернистий бетон з додаванням паралельно орієнтованих оптичних волокон. Даний вид бетону набуває актуальності з кожним днем через низку позитивних факторів, таких як: збільшення освітленості приміщення [1], великий потенціал в декоративному оформленні, висока міцність.

При досить високому попиті, насторожує відсутність достовірних даних щодо експлуатаційних властивостей і довговічності даного матеріалу. Так відсутні дослідження щодо стійкості оптичного волокна в лужному середовищі цементного бетону. З деяких джерел [2] відомо, що контактні взаємодії між оптичним волокном і продуктами гідратації цементу відсутні, проте експериментальними даними ствердження не підтверджено.

Отже, на даному етапі існує необхідність проведення комплексу досліджень: взаємодії на контакті цементного каменю і оптичного волокна; корозійної стійкості в умовах агресивних впливів оптичного волокна і світлопровідного бетону, як композиційного матеріалу в цілому; шляхів підвищення фізико-механічних властивостей і корозійної стійкості світлопровідного бетону. Це дозволить визначити шляхи збільшення адгезійної міцності цементної суміші до наповнювача – оптоволокна, визначити шляхи підвищення корозійної стійкості і визначити область використання світлопровідного бетону.

[1] Aashish Ahujaa, Khalid M. Mosalam. Evaluating energy consumption saving from translucent concrete building envelope // Energy and Buildings. Volume 153, 2017, pp. 448-460.

[2] Ковтун П. В., Разводов К. С. Особенности производства светопроводящего бетона и перспективы применения его в железнодорожном строительстве // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2021, вип. 195, с. 51-59.

**СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПОЛІМЕРБЕТОННОГО
ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ У СІРЧАНОКИСЛОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

**CREATION OF COMBINED POLYMERBETON SURFACE LAYER TO
INCREASE THE EFFICIENCY OF POLYMER COATINGS IN SULFURIC
ACID ENVIRONMENT**

*канд. техн. наук О.В. Кабусь, канд. техн. наук В.В. Лихограй,
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*O.V. Kabus, PhD (Tech.), V.V. Lykhohrai, PhD (Tech.),
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Зношений і аварійний стан мереж водовідведення в Україні, який здебільшого пов'язаний з біогенною сірчанокиислою корозією залізобетону, потребує розробки ефективних рішень із захисту бетонних конструкцій від корозійного впливу. Для покращення технічного стану конструкцій широкого застосування набули полімерні покриття на різній основі.

Варто зазначити, що ефективне використання захисних полімерних покриттів у сірчанокиислому середовищі здебільшого унеможлиблюється через те, що під час їх нанесення складно забезпечити однорідність та високу якість захисного шару, а під час експлуатації, у зв'язку з деформуванням конструкцій і утворенням тріщин, порушується цілісність покриття. Доведено, що наявність мікротріщин сприяє потраплянню агресивного середовища під захисне покриття, і як наслідок, через збільшення в об'ємі продуктів реакцій, воно починає відшаровуватись; подальше протікання корозійних процесів у підповерхневому просторі призводить до повного руйнування покриття [1]. Однорідність і бездефектність покриттів під час нанесення може досягатись завдяки багатшаровому нанесенню, однак, це значно збільшує вартість робіт. З метою збільшення тріщиностійкості покриттів під час експлуатації, їх виготовляють більш еластичними та стійкими до деформацій без руйнування, однак, це також призводить до їх подорожчання. Розробка ефективних рецептурно-технологічних рішень, які направлені на підвищення довговічності покриттів, є актуальним завданням.

У даному дослідженні пропонується замість нанесення покриттів на поверхню бетону загальноприйнятою технологією (рис.1, а), перед нанесенням покриття (полімербетонного поверхневого шару) здійснювати попередню підготовку зразків шляхом видалення розчину з поверхневого шару (рис.1, б). Це дозволить значно зменшити площу контакту покриття з потенційно кородуючою поверхнею, що, своєю чергою, знижує ймовірність підповерхневої корозії та руйнування захисного покриття.

Дана гіпотеза була підтверджена експериментально при витримці зразків

протягом 3-ох місяців у 5-% розчині сірчаної кислоти.



Рис.1. Зразки перед нанесенням захисних покриттів:

- а – зразки для нанесення покриттів загальноприйнятою технологією;
- б – підготовлені зразки для нанесення полімербетонного поверхневого шару

При виготовленні зразків, які використовувались для створення полімербетонного поверхневого шару, на форму було нанесено сповільнювач твердіння, який через 1 добу змивався зі зразків водою під тиском розчинової частини. Після на поверхню зразків шпателем наносилась розчинова суміш покриття з піском і молотим кварцом. Виготовлення полімерпіщаної композиції дозволяє збільшити товщину захисного шару в міжщелевому просторі без збільшення витрат покриття.



Рис. 2. Зразки з антикорозійними покриттями після випробувань:
а – зразки покриті загальноприйнятою технологією; б – зразки, що були попередньо підготовлені, з полімербетонним поверхневим шаром

Зразки, на які було нанесено в два шари покриття на епоксидно-поліуретановій основі, зазнали руйнування через проникнення агресивного середовища крізь дефекти під покриття (рис. 2, а). Зразки з полімербетонним шаром після витримки в кислотному розчині не зазнали руйнувань, ознаки корозії при візуальному огляді були відсутні (рис. 2, б). Отримані результати свідчать про доцільність подальших досліджень ефективності створення комбінованого полімербетонного шару в реальних умовах дії біологічної корозії.

[1] Goncharenko D., Aleinikova A., Kabus O., Kolomiets Y. Study of the efficiency of epoxy coating protection of concrete surfaces from sulfuric acid corrosion // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering – 2019. – 708(1).

**РОЗРОБКА КИСЛОТОСТІЙКИХ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ЗОЛИ-ВИНОСУ**

**DEVELOPMENT OF ACID-RESISTANT ALKALINE CEMENTS USING
FLY ASH**

*канд. техн. наук О.Ю. Ковальчук, аспірант В.В.Зозулинець,
Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

*O.Yu. Kovalchuk, PhD (Tech), V.V. Zozulynets, postgraduate,
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

На сьогоднішній день продукція будівельної галузі характеризується своєю різноманітністю і багатофункціональністю. При цьому перелік будівельних матеріалів, які мають безліч переваг збільшується з кожним днем. Однак серед усіх переваг доволі часто можна виокремити доволі суттєві недоліки, що значно знижує якість такого продукту. виправити ситуацію можна, якщо вивести на ринок будівельні матеріали, які відрізнятимуться довговічністю та стійкістю до впливу агресивних середовищ. Чудовим прикладом цього є розробка кислотостійких лужних цементів та композиційних матеріалів на їх основі.

Дослідження розчинності та корозійної стійкості низькоосновних мінералів показало їх перспективність у порівнянні з високоосновними, що передбачає можливість створення цілого ряду в'язучих підвищеної кислотостійкості з використанням низькоосновних в'язучих систем до яких відносяться лужні в'язучі речовини [1, 2].

Науковою школою НДІВМ ім. В.Д. Глуховського уже вивчалися питання, пов'язані з впливом агресивних середовищ на штучний камінь, основою якого є лужні в'язучі речовини. Однак вивчення впливу кислого середовища та виведення продукції на промислове виробництво потребують додаткових досліджень. Дані дослідження будуть зосереджені у напрямку зниження основності гідросилікатів, які утворюються в процесі структуроутворення штучного каменю. Досягти цього можна за рахунок правильного підбору композиційного складу в'язучої речовини та технологічних параметрів сировинних матеріалів.

Проведені дослідження властивостей на основі зололужних (лужних композиційних) цементів показали, що зниження загального рівня основності системи призводить до підвищення корозійної стійкості штучного каменю, в тому числі кислотостійкості. В дослідженнях [3, 4, 5] було показано можливість отримання лужних цементів на основі паливних зол, а також показано, що їх активність зростає зі зменшенням основності вихідної золи. Враховуючи те, що українські золи дещо різняться своїм хімічним складом, було проведено дослідження по визначенню впливу типу золи на фізико-механічні властивості цементів. Так, використання золи-виносу Ладижинської ТЕС у складі лужних

цементів дозволяє отримувати цементи більшої активності у ранньому віці (до 16,3 МПа) і після 28 діб тверднення в нормальних умовах (до 41,4 МПа), тоді як найменші показники міцності (у віці 3-х діб до 8,5 МПа і після 28 діб – до 18,5 МПа) було зафіксовано для цементу на основі золи Зміївської ТЕС. Таким чином, можна зробити висновок, що подальше зниження основності системи дозволить підвищити кислотостійкість систем та дозволить отримувати кислотостійкі цементи, що тверднуть у нормальних умовах.

Серед факторів, що визначають основні властивості штучного каменю, мають значення не лише співвідношення компонентів, але й технологічні параметри. Неправильний вибір технологічних параметрів (дисперсності вихідних компонентів, легкоукладальності тощо) може призвести до порушення оптимальних умов для генезису структури та мікро- та мезорівнях, в результаті чого знижуються властивості матеріалу. Тому увага акцентується не лише на вивченні впливу мікроструктури на властивості цементного каменю, але й дослідженню впливу технологічних параметрів (дисперсності, технології перемішування тощо), з обов'язковою перевіркою всього комплексу властивостей цементу.

Загальний розвиток отриманих результатів із розробки кислотостійких лужних цементів буде зосереджений на вивченні напрямку: «склад – властивості – структура – технологія». Очікуванні результати роботи будуть досягнуті за допомогою визначення взаємозв'язку складу кислотостійкого цементу в системі $R_2O - RO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$. Проте, саме комплексний підхід до вивчення та дослідження означеного питання дозволить отримати спеціальні цементи з заданими технологічними та експлуатаційними властивостями в залежності від умов експлуатаційного середовища та структуроутворення.

Іншим шляхом підвищення кислотостійкості систем є введення фосфатів та додаткового джерела алюмінію до структури лужного цементу з метою формування системи «зола – доменний гранульований шлак – лужний компонент – фосфат». Попередні результати засвідчують позитивний вплив фосфатів на кислотостійкість систем.

[1] Кривенко П. В. Лужні цементы: Термінологія, класифікація, галузі застосування // Будівельні матеріали і конструкції. - 1995. - № 1. - С. 23-24.

[2] Shi C. Alkali-activated Cement and Concretes / C. Shi, D. Roy, P. Krivenko. – Taylor & Francis, London and New York, 2006. – 359 P.

[3] Pushkarova K.K. Peculiarities of Synthesizing Artificial Zeolite on a Fly Ash Basis and Their Usage for Modification of Special Destined Concrete / K.K. Pushkarova, O.A. Gonchar // In: Achieving Sustainability in Construction: In Proceed. Integral. Congress “Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities”. - Dungee, 2005. – P. 53-60.

[4] Palomo A. Alkaline activation of OPS-Fly Ash System / A. Palomo, A. Fernandez-Jimenez, G.Yu. Kovalchuk // In: Abstracts of 24th Cement and Concrete Science Conference. – Coventry, 2004.

[5] Пушкарьова К.К. Оптимізація лужних золо містких в'язучих систем, отриманих з використанням зол, що містять підвищену кількість неvipалених вуглецевих частинок / К.К. Пушкарьова, В.І. Гоц, О.А. Гончар // компьютерное материаловедение и обеспечение качества: Материалы к 45-му междунар. Семинару. – Одесса: Астропринт, 2006. – С. 72-74.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРАЗКІВ
ЧЕРВОНОГО ГРАНІТУ ОМЕЛЯНІВСЬКОГО РОДОВИЩА УКРАЇНИ**

**RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF
RED GRANITE SAMPLES OF OMELYANIVSK DEPOSIT OF UKRAINE**

*канд. техн. наук Ю. І. Ковальчук¹, д-р. хім. наук В. Г. Гречанюк¹,
канд. техн. наук В. О. Чорновол¹, ст. викл. В. Ю. Апанасенко¹,
канд. техн. наук О. О. Іванків²*

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

²*ТОВ «Науково-виробничий центр «Актуальні нафтогазові технології» (м. Полтава)*

*Yu. I. Kovalchuk¹, PhD (Tech.), V.G. Grechanyuk¹, Dr. Sc (Chem.),
V.O. Chornovol¹, PhD (Tech), V.Yu. Apanasenko¹, Sr. Lecturer,
O.O. Ivankiv², PhD (Tech.)*

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

²*«Research and Production Center Actual Oil and Gas Technologies» (Poltava)*

Галузь містобудування та архітектурно-будівельне виробництво на сьогодні стрімко розвиваються із застосуванням інноваційних технологій і матеріалів. У будівництві тепер широко використовуються цегла, бетон, залізобетон, скло, пластичні маси, метал, нано- та інші матеріали, проте значення природних будівельних матеріалів не зменшується. Особливо зріс попит на облицювальне каміння.

Широке застосування граніту як у будівельних, так і в облицювальних роботах зумовлене високими фізико-механічними характеристиками цього матеріалу, такими як міцність, довговічність, термо- і морозостійкість, водонепроникність, екологічність [1]. Крім того, граніт добре поєднується з іншими видами натурального каменю, має різноманітну фактуру та широку палітру кольорів. У сучасному будівництві граніт використовується настільки широко, що його без перебільшення можна назвати універсальним каменем. З усіх сортів граніту червоний граніт, що видобувається в Україні, є найбільш популярним і затребуваним.

Враховуючи збільшення обсягів будівництва в Україні й у світі та підвищення культури використання декоративного каміння, у найближчі десятиліття зростання споживання природного каменю загалом продовжиться і його світовий видобуток збільшиться. Відповідно будуть зростати й обсяги експортно-імпорتنих операцій, зокрема експорту з України гранітів, особливо червоного. Однак для реалізації вищезазначеного необхідно, щоб ця продукція відповідала міжнародним нормам стандартизації ISO, ДСТУ Б EN 1469:2007 [2]. Проведення аналогічних досліджень залишається актуальним і необхідним для створення якісних товарів. Тому нами було проведено дослідження для з'ясування фізико-механічних характеристик червоного граніту Омелянівського родовища України на відповідність показникам стандарту ISO 10545-3.

Результати дослідження представлено в табл.1.

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики червоного граніту

Показники	Стандарт	Показники згідно стандарту	Середні досліджені показники
Водопоглинання,%	ISO 10545-3	не більше 3,5	0,224
Руйнівне зусилля, МПа	ISO 10545-4	не менше 55	147
Морозостійкість:			
число циклів	ISO 10545-12	не менше 25	стійкий
коефіцієнт морозостійкості,%		не більше 20	14,1
Зносостійкість, г / см ²	ISO 10545-6	не більше 0,18	0,05
Кислотостійкість,%	ISO 10545-13	не менше 99	99,91
Солестійкість, %	ISO 10545-13	не менше 95	96,18

На основі аналізу результатів лабораторних досліджень визначено, що середнє значення водопоглинання досліджуваних зразків становить 0,224 %, що в межах норми показника стандарту ISO 10545-3 (не більше 3,5%). Середньоарифметичне значення дослідження руйнівного зусилля зразків червоного граніту Омелянівського родовища – 147 МПа, що відповідає показнику стандарту (не менше 55 МПа). Встановлена висока стійкість до зношуваності гірської породи, яка досліджена шляхом тертя, – руйнування поверхні опорних граней рівномірне, без утворення пітингів.

Граніт від сильного нагрівання та швидкого охолодження втрачає свою міцність і руйнується, однак досліджені зразки показали високу морозостійкість без руйнування лицьової та монтажної поверхонь.

Кислотостійкість і солестійкість досліджуваних зразків граніту за визначенням становлять відповідно 99,91 і 96,18 %.

Отже, за фізико-механічними характеристиками досліджувані зразки червоного граніту відповідають вимогам ISO 10545, що дозволяє рекомендувати червоний граніт Омелянівського родовища для використання в якості облицювального будівельного матеріалу.

[1] Бакка Н.Т. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: справочник / Н.Т. Бакка, И.В. Ильченко. - М. : Недра, 1992. - 303с.

[2] ДСТУ Б EN 1469:2007. Вироби з природного каменю. Облицювальні плити. Вимоги (EN 1467: 2003, IDT)

[Чинний від 2008-10-01]. Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 305 «Будівельні вироби і матеріали», 2007. 38 с.

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ КОНСТРУКЦІЙ

ON THE NEED TO MODERNIZE THE METHOD OF DETERMINING THE PROPERTIES OF CONCRETE STRUCTURES

канд. тех. наук В.В.Колохов

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро)

V.V.Kolokhov, PhD (Tech)

Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture (Dnipro)

Визначення властивостей бетону – одна зі складових процедури оцінки технічного стану конструкцій будівель та споруд [1]. Визначення міцності бетону в нормовано в [2] та зазвичай проводиться із застосуванням механічних методів неруйнівного контролю [3] або з ультразвуковими приладами [4]. Для тарування приладів застосовують зразки бетону, які відбирають з конструкції за методикою [5].

Як показує досвід [6], не завжди можливо визначити необхідні властивості бетону, зокрема модуль пружності бетону, та провести тарування приладів неруйнівного контролю. Оскільки для проведення перевірочних розрахунків конструкцій в першу чергу потрібні значення модуля пружності бетону [7], то в разі неможливості прямого визначення модуля пружності доводиться використовувати його табличні [8] значення за визначеним класом бетону. На цей час, зазвичай, використовується залежність між міцністю та модулем пружності бетону (рис.1), яка використана також в [9] та аналогічна ще радянському СНиП [10].

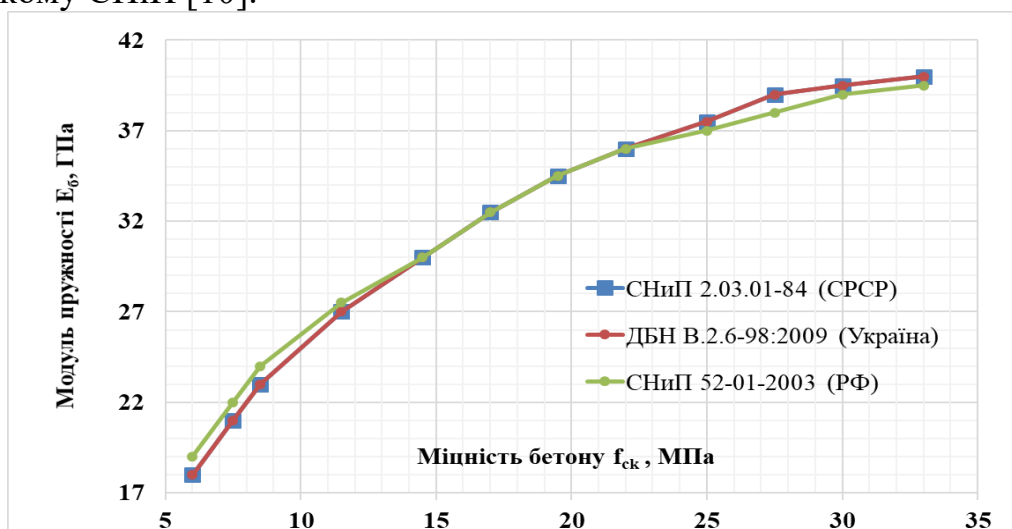


Рис.1. Залежність «міцність бетону – модуль пружності»

Однак реальні властивості бетону відрізняються від нормованих в [8-10].

Найбільші відхилення завдає неврахування реологічних властивостей бетонних сумішей, яке здійснене лише у нормах республіки Білорусь [11]. На рис.2 наведено залежності «міцність бетону – модуль пружності» бетонних сумішей з різною рухливістю.

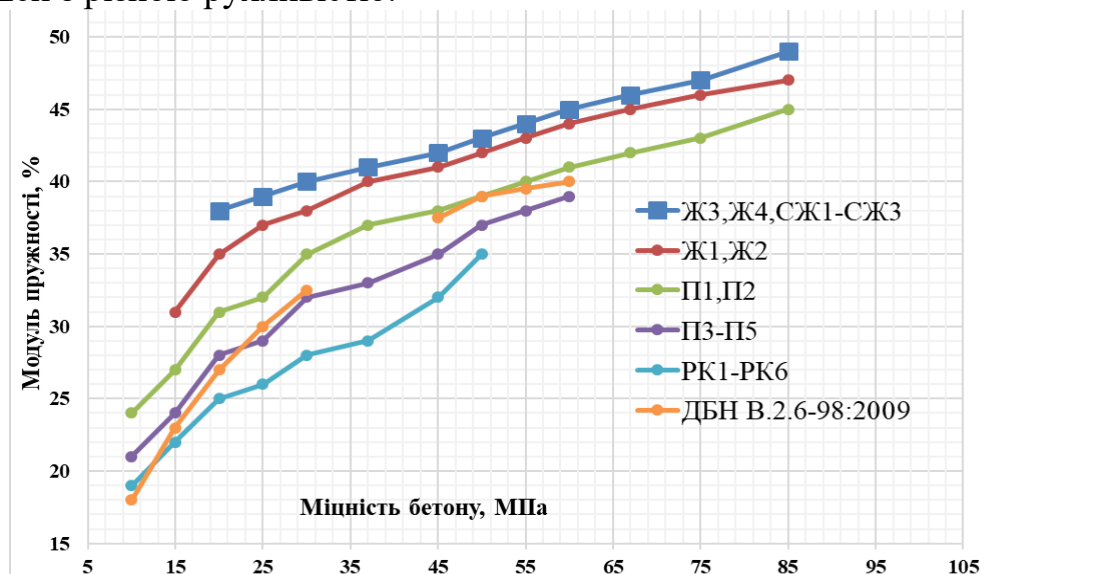


Рис.2. Залежності «міцність бетону – модуль пружності» для бетонів із різними реологічними властивостями бетонних сумішей

Аналіз представлених залежностей показує, що визначення модуля пружності бетону за результатами оцінки лише його міцності приводить до значної (до 36 %) похибки. Тобто існує необхідність удосконалення методики визначення властивостей бетону в конструкціях, яку можливо здійснити за пропозиціями [7]. Визначення модуля пружності та міцності бетону дозволить надавати експертну оцінку реологічним властивостям застосованих бетонних сумішей.

1. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану : ДСТУ-Н Б В.1.2-18..2016. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 43 с.
2. Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності : ДСТУ Б В. 2.7-224:2009. - [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 18105-86); чинний з 2010-09-01]. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. - 23 с. - (Національний стандарт України).
3. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю : ДСТУ Б В.2.7-220:2009. - [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 22690-88); чинний з 2010-09-01]. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. - 20 с. - (Національний стандарт України).
4. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності : ДСТУ Б В.2.7-226:2009. [Чинний від 2010-09-01]. - Київ : ДП Укрархбудінформ, 2010. - 27 с. (Національний стандарт України).
5. Будівельні матеріали. Бетони методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій: ДСТУ Б В. 2.7-223:2009. - [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 22690-88); чинний з 2010-09-01]. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. - 12 с. - (Національний стандарт України).
6. Колохов В. В. Визначення властивостей бетону під час оцінювання стану плитних залізобетонних конструкцій / Колохов В. В., Волкова О. В., Мороз Л. В., Богдан С.М. // Український журнал будівництва та архітектури. – 2021. – № 2. – С. 80-87.
7. Некоторые аспекты применения методов неразрушающего контроля свойств бетона / В. В. Колохов // Theoretical foundations of civil engineering. Polish - Ukrainian Transactions (conference), Warsaw, September, 2012 / ed. by W. Szczesniak. - Warsaw, 2012. - Vol. 20. - С. 443-448
8. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В. 2.6-98:2009. - [На заміну СніП 2.03.01-84*] ; чинні від 2011.06.01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 75 с. – (Державні будівельні норми України.).

9. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01—2003 (СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Москва, 2018. – Режим доступа: https://www.srosp.ru/upload/files/doc/SP-63_.pdf);
10. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – Введ. 1986-01-01. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР. 1985. – 79 с.
11. СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск.: Стройтехнорм, 2003. – 139 с.

УДК 691.3:666.9

ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕТОДОЛОГІЇ З ВИБОРУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

SOFTWARE TOOLS FOR DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR SELECTION OF BUILDING MATERIALS ACCORDING TO OPERATIONAL CHARACTERISTICS

*д-р техн. наук Т.О. Костюк¹, д-р техн. наук А.А. Плуґін²,
д-р техн. наук О.В. Старкова¹, канд. техн. наук Д.О. Бондаренко¹,
канд. техн. наук О.С. Борзяк²*

*¹Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків),
²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

T.O. Kostyuk, Dr.Sc. (Tech.), A.A. Plugin, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Starkova, Dr.Sc. (Tech.), D.O. Bondarenko, PhD (Tech.), O.S. Borziak, PhD (Tech.)

¹Kharkiv National University of Sivil Engineering and Architecture (Kharkiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У сучасних умовах доцільно приймати обґрунтовані рішення щодо вибору будівельного матеріалу на основі якісних характеристик експлуатованих об'єктів і спираючись на ресурсні можливості підприємств будівельної галузі. Такі характеристики експлуатованих об'єктів часто описані вербально, якщо ж показники мають числові значення, то їх складно привести до однієї одиниці виміру, в цьому випадку для організації методики вибору складу найбільш доцільним є нечіткологічний підхід. Такий підхід був ефективно застосований при вирішенні задач вибору способів відновлення трубопроводів водопостачання та водовідведення [1]. Таким чином, обґрунтований вибір складу сухої суміші є актуальним, оскільки будівництво нових та ремонт і відновлення існуючих об'єктів не завжди вимагає максимальних показників за гідрофізичними, міцнісними, адгезійними та іншими характеристиками.

Авторами запропоновано методологічний та програмний інструментарій для обґрунтованого вибору складу екологічно безпечної сухої композиційної суміші на основі якісних характеристик експлуатованих об'єктів з використанням нечіткологічного підходу і засобів Fuzzy Logic Toolbox у MatLab.

Оптимізація складу сухої будівельної суміші проводилася шляхом оцінки гідрофізичних і фізико-механічних характеристик затверділих складів, обраних за результатами пошукових експериментів, теоретичних досліджень, а також керуючись раціональними параметрами технології приготування сухих сумішей [2-4].

Для розробки програмного інструментарію для обґрунтованого вибору складу сухої суміші на підставі вербальних характеристик об'єктів сформовані вхідні і вихідні змінні (терм-множини), терми і їх опис.

Вхідні змінні X_1 і X_2 (вимоги до межі міцності бетону при стиску та межі міцності бетону при вигині відповідно) змінюються в інтервалі від 0 до 1, причому значення в інтервалі від 0 до 0,33 характеризує низьке значення вимог до відповідних меж міцності, в інтервалі від 0,34 до 0,66 – середнє і в інтервалі від 0,67 до 1 – висока.

Вхідні змінні X_3 (необхідність закладення стиків і швів, склади з малою усадкою), X_4 (необхідність використання в системах з високим позитивним або негативним тиском води) і X_5 (необхідність зовнішнього застосування), також змінюються в інтервалі від 0 до 1, інтервал від 0 до 0,5 відноситься до ситуацій, коли немає необхідності використання складу в спорудах і конструкціях з високим позитивним або негативним тиском води, а також високих показників морозостійкості для зовнішнього застосування, у протилежному випадку – інтервал варіювання становить від 0,51 до 1.

Вихідна змінна Y , що характеризує номер складу, змінюється в інтервалі від 0 до 3, причому, інтервал $[0; 1]$ характеризує можливість застосування першого складу, інтервал $[1,1; 2]$ – другого і $[2,1; 3]$ – третього складу. Зв'язок між змінними входу і виходу здійснюється за допомогою бази знань.

Система нечіткого логічного висновку містить правила, які враховують всі поєднання вхідних змінних і вплив цих поєднань на вибір того чи іншого складу сухої будівельної суміші за оптимальними умовами застосування для конкретного об'єкту за вербальним описом його характеристик. Представлена система може бути адаптована для врахування іншої кількості вхідних змінних, які необхідно буде пов'язати правилами зі змінною виходу. Система універсальна, проста у використанні і може бути розвинена з урахуванням будь-яких побажань користувача.

[1] Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Алейникова А.И. Разработка автоматизированной системы выбора способа восстановления водоводов с использованием аппарата нечеткой логики. *Системы обработки информации*. Харьков, 2014. Вип. 8(124). С. 18-23.

[2] Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Назаренко І.І. Конструкційні матеріали нової генерації та технології їх впровадження в будівництво. Київ : УВПК «ЕксОб», 2008. 355 с.

[3] Дворкин Л.И. Будівельне матеріалознавство. Рівне : РДТУ, 2000. 478 с.

[4] Вознесенский В.А. Оптимизация состава многокомпонентных добавок в композиты. Киев : Знание, 1981. 201 с.

**ЗНИЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУГ В ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИТАХ
ВВЕДЕННЯМ МІКРОФІБРИ**

**DECREASING CONTACT SHRINKAGE STRESSES IN CEMENT
COMPOSITIONS THROUGH THE MICROFIBER ADDITION**

*д-р техн. наук Т.О. Костюк¹, канд. техн. наук М.Г. Салія¹,
канд. техн. наук О.І. Бондаренко¹, ст. викл. О.Б. Деденцова¹,
м.н.с. Ю.Ю. Савчук²*

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури, (м. Харків)

²Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*T.O.Kostyuk¹, Dr.Sc. (Tech.), O.I.Bondarenko¹, PhD (Tech.),
M.G. Saliia¹, PhD (Tech.), O.B.Dedeneva¹, senior academic,
Y.Y.Savchuk², junior researcher*

¹Kharkov National University for the Construction and Architecture (Kharkiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Модуль пружності цементного каменю знаходиться в межах 8 ГПа. Таким чином, модуль пружності мікрофібри повинен бути не менше 8 ГПа, що необхідно для забезпечення їх спільної роботи в зоні розділу поверхонь. Ефективність армуючого компонента оцінюється за міцністю на розрив, модулем пружності, відносним подовженням і адгезійними властивостями.

Для фібробетонів досить широко застосовуються фібри зі сталі. Їх застосування для промислового і цивільного будівництва регламентується діючими нормативними будівельними документами. Так як механічні показники поліефірних фіброволокон наближаються до механічних показників низькосортної сталі, простежується доцільність їх використання для фібробетонів. Поліефірні волокна - синтетичні волокна, одержувані або способом формування з розплаву поліетилентерефталату (ПЕТ), так званий первинний поліестер або шляхом переробки ПЕТ відходів (перш за все - ПЕТ-пляшок). Крім того, за модулем пружності поліестер з усіх синтетичних волокон найбільше наближений до цементного каменю. Отже поліестер найбільш підходить для армування цементних композитів при забезпеченні спільної роботи цементної матриці і фібри за рахунок найбільш повного зчеплення в зоні розділу поверхонь.

В якості основної фізико-механічної характеристики, в разі застосування полімерного волокна як мікроармуючої добавки, необхідно прийняти його початковий модуль пружності, а з фізико-хімічних характеристик - лугостійкість і поверхневу енергію полімеру. При направленому управлінні полярними реакційними властивостями оболонки полімерних фіброволокон можна досягти його низької деформативності в лужному середовищі і високої адгезії цементного каменю до поверхні волокна. Таким чином, використання поліефірного волокна в цементних композитах є актуальним.

Аналіз структурної формули поліетилентерефталату свідчить про його гідрофобність, отже, нездатність служити підкладкою для продуктів гідратації цементу. Однак при виготовленні поверхню поліефірного волокна обробляють силіконовим замаслювачем. Силікони - це, як правило, органосилоксанові полімери (поліорганосилоксани) зі структурною формулою $[R_2SiO]_n$, де R - органічна група (метильна, етильна або фенільна), наприклад найпростіший представник силіконів - полідиметилсилоксан.

Аналіз поліефірних волокон в цементному гідроізоляційному складі через 1 і 28 діб твердіння показали що вже в першу добу тверднення поверхня волокна вкрита продуктами гідратації, які на 28-му добу утворюють суцільну «обойму», в складі якої проглядаються кристалогідрати гексагонального портландита і кубічного гідроалюміната кальцію, а також гелеобразних гідросилокатів кальцію. Таким чином, твердження про те, що підвищити міцність зчеплення фіброволокна з цементним каменем можна шляхом його обробки силанами, було доведено експериментально.

Дослідження, проведені в роботі показали, що наповнення цементного каменю поліефірним волокном до певних меж збільшує його міцність при розтягу, проте його надлишок призводить до погіршення гідрофізичних характеристик.

Встановлено, що добавка в цементний гідроізоляційний склад поліефірної фібри в кількості 4,0-4,2% від маси цементу забезпечує максимальне підвищення міцності при вигині, однак збільшення її вмісту понад 4,5% приводить до різкого падіння міцності.

Зі зменшенням модуля пружності наповнювача знижується модуль пружності і міцність при стиску композиту. Однак наповнювачі з більш низьким модулем пружності, ніж у цементного каменю, можуть служити в композиті в якості демпфуючих добавок, які підвищують тріщиностійкість цементних складів.

Показано, що поліефірне і скляне волокно, на відміну від поліпропіленового, може служити підкладкою для формування на своїй поверхні кристалогідратів, які, зростаючись з цементним каменем, створюють безперервну міцну структуру на границі розділу волокно-заповнювач. Це сприяє підвищенню міцності на розтяг при згині до 16МПа, водонепроникності до W10- W12 і морозостійкості до F200- F300 циклів.

1. Савельев А.А., Олюнин П.С. Эффективное армирование бетонов и растворов / Технологии бетонов, 2008. – № 11. – С. 56-57.

2. Применение фиброволокна (ВСМ) в приготовлении строительных смесей / Офіційний сайт компанії «Альянс ЛТД» [електронний ресурс]. – Режим доступу: alliance-ltd.narod.ru/info/primenenie-fibry.htm.

**ОТРИМАННЯ ДЕКОРАТИВНИХ ЛУЖНО-АКТИВОВАНИХ ЦЕМЕНТІВ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ ШЛАКІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ОКСИДІВ
ЗАЛІЗА**

**OBTAINING DECORATIVE ALKALINE-ACTIVATED CEMENT BY
USING SLAGS WITH A HIGH CONTENT OF IRON OXIDE**

*д-р техн. наук П.В. Кривенко, д-р техн. наук І.І. Руденко,
канд. техн. наук О.Г. Гелевера, аспірант Н.В. Рогозіна
Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

*P.V. Krivenko, Dr.Sc. (Tech.), I.I. Rudenko, Dr.Sc. (Tech.),
O.G. Gelevera, PhD. (Tech.), N.V. Rogozina, post-graduate student
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Будівельна індустрія потребує все більшої кількості якісних декоративних цементів [1]. Але так як декоративні цементи базуються на білому портландцементі [2], то їх виробництво пов'язане з недоліками виробництва усіх клінкерних цементів – низькою екологічністю, високою енергоємністю і високою ціною. Крім того, багато країн його не виробляють і змушені імпортувати. Такі цементи не завжди здатні забезпечити отримання декоративних екологічних і комфортних покриттів з підвищеними експлуатаційними показниками [3-5].

Ефективною альтернативою клінкерним декоративним цementsам може бути декоративний лужно-активованим шлаковий цемент, який отримується з використанням промислових відходів [6-10]. Але серйозною проблемою, пов'язаною із застосуванням шлаколужних цементів у якості декоративних цементів з високими характеристиками білості ($\geq 70\%$) є нестабільний хімічний склад шлаку і, у першу чергу, різна присутність у ньому оксидів заліза.

У роботі виконано оптимізацію складів лужно-активованих шлакових декоративних цементів за критерієм білості залежно від кількості оксиду заліза у шлаку (рис.1). Виконано фазовий аналіз декоративних лужно-активованих цементів. Встановлено, що склад гідратів новоутворень представлений переважно низькоосновними гідросилікатами кальцію, гідроалюмосилікатними фазами лужного та лужно-земельного складу і гелеподібними продуктами.

Отримано математичні залежності, які дозволяють легко підібрати вид і оперативно розраховувати кількість вибілюючої добавки з урахуванням присутності оксиду заліза у шлаку у межах 0,4...2,6% із забезпеченням при цьому білості цементного каменю не менше 70%.

Визначено міцнісні характеристики декоративних цементів, пігментованих мінеральною добавкою. Розроблені пігментовані декоративні шлакові лужні цементи мають клас міцності R42,5.

Тепловиділення декоративних лужно-активованих цементів залежно від їх

складу становить 44,0...77,4 Дж/г і знаходиться на рівні тепловиділення портландцементів R32,5...R42,5.

Подальші роботи будуть спрямовані на визначення експлуатаційних характеристик лужно-активованих шлакових декоративних складів – адгезії, висолоутворення, водоутримуючої здатності, довговічності.

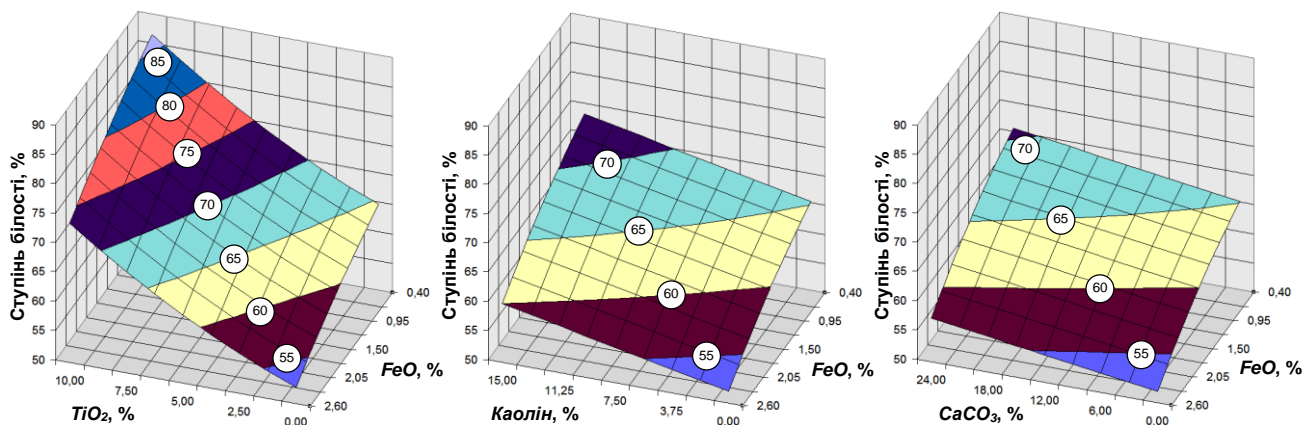


Рис.1. Залежність ступеню білості лужно-активованих шлакових декоративних цементів від типу вибілюючої добавки і вмісту оксиду заліза у шлаку

- [1] Семенов В. М. Лакокрасочные материалы для защиты бетонных и цементных поверхностей. *Лакокрасочная промышленность*. 2010. Вып. №11. С.23-27.
- [2] Білий цемент. Портал ПП Будпостач. URL: <https://pp-budpostach.com.ua/a/118411-belyj-tsement.html>.
- [3] Березина Л. А., Абдулберов З. А. Применение каолина компании IMERYS Minerals в производстве лакокрасочных материалов. *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2009. Вып. №1-2. С. 61-65.
- [4] Левашова Ю. С., Косенко Н. О., Лебедева О. С. Дослідження параметрів мікроклімату приміщень великого скупчення людей. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2019. Т.93. №3. С. 217–221.
- [5] Петренко Г. С. Современные пигменты и наполнители для лакокрасочной промышленности. *Лакокрасочная промышленность*. 2010. Вып. №9. С. 30–36.
- [6] Krivenko P.V. Alkaline Cements. *Alkaline Cements and Concretes*: матеріали First Intern. Conf. , Київ: 1994. С. 11-19.
- [7] Кривенко П.В., Петропавловский О.Н., Гелевера А.Г., Вознюк Г.В., Пушкарь В.И. Промышленные щелочные цементы и их эффективность. *Научно-технический сборник "Актуальные проблемы строительства"*. Ровно, 2009, С. 64-71.
- [8] Krivenko P Alkali-Activated Materials – 55 Years of Experience *Proc. of the International Conference on Alkali-Activated Cement and Concretes* (Chongqing, China). 2014. pp 1-5.
- [9] Shi C, Krivenko P V, Della Roy Alkaline activated cements and concretes (in Chinese, Authorized translation from English): Monograph. Taylor & Francis. 2012. 326 p.
- [10] Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Саницкий М.А., Руденко И.И. Щелочные цементы: монография. Киев: ООО "Основа", 2015. 448 с.

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА СТІЙКІСТЬ
ШЛАКОЛУЖНОГО БЕТОНУ ДО ПЕРЕМІННОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ
І ВІДТАВАННЯ В РОЗЧИНІ NaCl**

**EFFECT OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON FREEZE-THAW
RESISTANCE OF ALKALI-ACTIVATED SLAG CEMENT CONCRETE IN
SOLUTION OF NaCl**

*докт. техн. наук П.В. Кривенко, докт. техн. наук І.І. Руденко,
канд. техн. наук О.П. Констатиновський, магістрант В.О. Лісогор
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів, Київський національний
університет будівництва та архітектури, (м. Київ)*

*P.V. Krivenko, Dr.Sc (Tech.), I.I. Rudenko, Dr.Sc (Tech.),
O.P. Konstantynovskiy, PhD (Tech.), V.O. Lisohor, undergraduate
Scientific Research Institute for Binders and Materials, Kyiv National University of
Construction and Architecture, (Kyiv)*

Актуальність використання бетону на основі шлаколужного цементу (далі - ШЛЦ бетон) при зведенні конструкцій, які зазнають впливу агресивного середовища класу XF4 (дорожні та мостові конструкції, горизонтальні поверхні яких зазнають безпосередньої дії аерозолів з антикригових речовин; морські конструкції у зонах змінного рівня морської води тощо) [1] обумовлено його підвищеною стійкістю до перемінного заморожування і відтавання, в т.ч. в розчинах солей, у порівнянні з портландцементними бетонами. Підвищена морозостійкість ШЛЦ бетону в корозійному середовищі обумовлюється особливостями продуктів гідратації і порової структури – підвищений об'єм гелевих пор при зменшеному об'ємі капілярних пор, в яких замерзає вода [2]. В свою чергу, порова структура ШЛЦ бетону залежить від технологічних факторів, таких як консистенція бетонної суміші, стан лужного компонента, умови тверднення тощо.

Метою роботи є подальший розвиток уявлень про вплив технологічних факторів на порову структуру як чинника морозостійкості пластифікованого ШЛЦ бетону в розчині хлориду натрію – найбільш затребуваної солі серед антикригових речовин і як переважаючої в складі морської води. Для досягнення мети показники порової структури поставлено у відповідність до морозостійкості ШЛЦ бетону, отриманого з бетонних сумішей різної консистенції - марок за легкоукладальністю P1 (контрольний) та P4 (пластифікований комплексною добавкою «поліорганогідрисилоксан - лігносульфонат натрію - поліетиленгліколь» [3]).

Сучасна практика будівництва викликає необхідність використання саме високорухомих бетонних сумішей. Однак, необхідно зважати на те, що збільшення консистенції бетонної суміші з марки P1 до P4 при введенні лужного компонента як в сухому стані, так і в вигляді розчину призводить до збільшення

об'єму капілярних пор відповідно на 9,1 і 14,3 % та зменшення об'єму замкнутих пор на 41,2 і 20,7 %. Зазначені негативні зміни в поровій структурі ШЛЦ бетону обумовлюють відповідне зменшення морозостійкості з F400 до F200 і з F500 до F300.

Введення лужного компонента в сухому стані на противагу до розчину при консистенції бетонної суміші марок P1 і P4 призводить до збільшення об'єму капілярної пористості відповідно на 5,0 і 10,0 % (внаслідок зменшення інтенсивності формування гідросилікатного гелю, який заповнює капілярні пори) і зменшення об'єму замкнутої пористості на 58,0 і 43,3 %. Вказані зміни в поровій структурі призводять до відповідного зменшення морозостійкості ШЛЦ бетону з F500 до F400 і з F300 до F200. Однак, наразі ринок будівельних матеріалів потребує виробництва ШЛЦ за технологією, яка передбачає використання готового до використання (товарного) шлаколужного цементу [3].

З точки зору формування оптимальної порової структури тверднення ШЛЦ бетону в нормальних умовах ($t = 20 \pm 2$ °C, $RH = 95 \pm 5\%$) є більш доцільним порівняно з твердненням у воді або при пропарюванні ($t = 85 \pm 5$ °C). Так порова структура пластифікованого ШЛЦ бетону, отриманого з суміші консистенції P4, після тверднення впродовж 28 діб в нормальних умовах характеризується зменшенням об'єму капілярних пор на 5,0 і 1,3 % і збільшенням об'єму замкнутих пор на 35,7 і 20,0 % порівняно з аналогами, які тверднули відповідно в воді та при пропарюванні. Вказані відмінності порової структури забезпечують морозостійкість на рівні марки F200 на противагу до марок F100 і F150 аналогів.

Таким чином, пластифікація ШЛЦ бетону при використанні лужного компонента в сухому стані призводить до негативних змін порової структури, що спричинює брак морозостійкості. Для підвищення морозостійкості такого бетону в конструкціях, в т.ч. які зазнають впливу середовища класу XF4, необхідним є модифікація порової структури в напрямку зменшення капілярної пористості і відповідно збільшення об'єму замкнутих пор. При цьому, навіть при нормальній температурі важливим є забезпечення вологісного режиму тверднення для протікання процесів гідратації, які впливають на порову структуру і, відповідно, морозостійкість пластифікованого ШЛЦ бетону.

[1] ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.

[2] Krivenko P. Why Alkaline Activation – 60 Years of the Theory and Practice of Alkali-Activated Materials. *Journal of Ceramic Science and Technology*. Vol. 8, 2017. С. 323–334.

[3] Руденко І.І. Наукові основи управління процесами структуроутворення пластифікованих розчинів і бетонів на основі лужних цементів: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.05. Київ, 2021. 44 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОТВЕРДНУЧИХ БЕТОНІВ
ДЛЯ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА**

**RESEARCH OF RAPID HARDENING CONCRETES
FOR MONOLITHIC CONSTRUCTION**

*д-р техн. наук Т.П. Кропивницька¹, О.В. Рихліцька¹,
канд. техн. наук І.М. Гев'юк², Н.В. Грабчак³*

¹Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)

²ПрАТ «Івано-Франківськцемент» (с. Ямниця)

³ЗАТ "ПБО "ЛВІВМІСЬКБУД" (м. Львів)

***T.P. Kropyvnytska¹, Dr.Sc (Tech.), O.V. Rykhlitska,
I. Geviuk², PhD (Tech.), N.V. Grabchak³***

¹ Lviv Polytechnic National University (Lviv)

² JSC "Ivano-Frankivsk Cement" (Yamnytsia)

³"PBO" LVIVMISKBUD" (Lviv)

Бетон, як багатокомпонентний і широкомасштабний композиційний будівельний матеріал, завдяки високій довговічності та надійності має широке застосування в будівництві [1]. Проектний рівень міцності та необхідних експлуатаційних характеристик бетону досягається якісним проектуванням складу, вибором технології виготовлення, доглядом із забезпеченням необхідного рівня технічного стану будівельних конструкцій протягом усього терміну служби. Досвід країн ЄС свідчить, що високоякісні бетони для монолітного будівництва, які характеризуються покращеними технологічними та фізико-механічними властивостями можна одержати на основі портландцементів з добавкою вапняку [2]. Ефективність використання такого в'язучого проявляється передусім у підвищенні рухомості бетонних сумішей, зменшенні їх водовідділення, збільшенні ранньої міцності бетону, а також прискореному твердненні в умовах понижених додатних температур. З іншої сторони, застосування вискоефективних суперпластифікаторів на основі ефіру полікарбосилату (PCE) дозволяє оптимізувати співвідношення «вода – цемент» і «вода – в'язуча суміш» (водоредукуючий ефект до $\Delta B/C=40\%$) із забезпеченням високої технологічності бетонної суміші, міцності та довговічності бетону [3-5].

Швидкотверднучі модифіковані бетони одержано на основі портландцементу з вапняком СЕМ II/A-LL 42,5 R ПрАТ «Івано-Франківськцемент». Для забезпечення підвищеної рухомості бетонних сумішей використано суперпластифікатор полікарбосилатного типу PCE ATLAS FORTIS PL-420. Встановлено, що розроблені бетони, модифіковані полікарбосилатним

суперпластифікатором номінального складу Ц:П:Щ₂₋₄:Щ₄₋₁₆=1:1,2:1,42:2,23 (В/Ц=0,38-0,40, марка бетонної суміші за консистенцією S4) характеризуються інтенсивним набиранням ранньої міцності ($f_{cm12год}=6,2-6,9$ МПа); у проектному віці міцність досягає 59,7-62,5 МПа, що відповідає класу міцності C35/45. За оцінкою питомої міцності для модифікованих бетонів на основі портландцементу з вапняком характерне швидке її наростання ($f_{cm2}/f_{cm28}=0,52-0,54$), що дозволяє їх класифікувати як швидкотверднучі. Для розробленого швидкотверднучого бетону призмове міцність складає 49,6 МПа, модуль пружності досягає 34,5 ГПа, марка за морозостійкістю - F300.

При будівництві Орлівської ВЕС (Приморський район, Запорізька обл.) потужністю 100 МВт під час зведення монолітних фундаментів вітротурбін використано швидкотверднучий бетон на основі портландцементу з вапняком СЕМ II/A-LL 42,5 R ПрАТ «Івано-Франкіськцемент». Бетонна суміш характеризувалася наступними показниками: марка консистенції за осіданням конуса - S4-S5, вміст повітря - 2,8-3,0 %. Для швидкотверднучого бетону класу міцності C35/45 марка за морозостійкістю досягала F200, марка за водонепроникністю - W14. При цьому вирішено завдання забезпечення технологічності бетонних сумішей (збереження рухомості протягом 3 год, водовідділення менше 0,2 %) та швидкості тверднення бетону ($f_{cm2}/f_{cm28} = 0,51$). Будівництво Орлівської ВЕС (26 вітротурбін компанії Vestas потужністю 3,8 МВт) має важливе значення для подальшого розвитку низькоемісійної господарки України, так як в процесі її експлуатації вироблятиметься близько 380 млн. кВтгод «зеленої» електроенергії, що достатньо для забезпечення 190 тис. домогосподарств і зменшення викидів CO₂ на 400 тис. т в рік. Таким чином, виготовлення високотехнологічних бетонних сумішей на основі портландцементу з вапняком дозволяє одержувати високоякісні швидкотверднучі бетони для монолітного будівництва, які характеризуються покращеними будівельно-технічними властивостями.

[1] Aïtcin, P.-C., Wilson W. Cements of today – concretes of tomorrow // Cement Wapno Beton. 2014. 81 (19). P. 349–358.

[2] Саницький М. А., Кропивницька Т. П., Гев'юк І.М. Швидкотверднучі портландцементи з добавкою вапняку // Будівельні матеріали та вироб. – 2019. – № 1-2 (100). – С. 18–23.

[3] Plank J. Concrete Admixtures – Where Are We Now and What Can We Expect in the Future? 19th Internationale Baustofftagung, Weimar, Germany. 2015. В. 2. P. 11–17.

[4] Кривуньська Т., Санытський М., Ручинська Т., Рыкхлітська О. Development of nanomodified rapid hardening clicker-efficient concretes based on Portland-composite cements // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology organic and inorganic substances. – 2019. – Vol. 4/6 (100). – P 38-48.

[5] Дворкін Л.Й., Бабич Є.М., Житковський В.В. Швидкотверднучі високоміцні бетони з полікарбоксилатними суперпластифікаторами / Будівельні матеріали та вироб. – 2017. – № 3–4. – С. 18–21.

**БЕЗУСАДОЧНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ ЛУЖНОГО
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ ДЛЯ РЕМОНТУ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**NON-CLEANING MIXTURES BASED ON ALKALI ACTIVATED
PORTLAND CEMENT FOR REPAIR OF CONCRETE STRUCTURES**

*д-р техн. наук Т.П. Кропивницька, д-р техн. наук М.А. Саницький,
канд. техн. наук А.Т. Камінський, Ю.Б. Бобецький
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*T.P. Kropyvnytska, Dr.Sc (Tech.), M.A. Sanytsky, Dr.Sc (Tech.),
A.T. Kaminskyi, PhD (Tech.), Y.B. Bobetskiï
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Довговічність та експлуатаційна придатність будівельних конструкцій в значній мірі визначається впливом навколишнього середовища, а також механічними руйнуваннями під час навантажень. При цьому виникає необхідність розроблення інноваційних ремонтних будівельних матеріалів, що є одним із пріоритетних завдань технологічного та економічного розвитку в галузі будівництва [1, 2]. На даний час ефективний ремонт і відновлення конструкції може здійснюватися із застосуванням спеціальних безусадочних цементних сумішей [3, 4].

Розроблено модифіковані лужні портландцементи з добавкою вапняку, золи-винесення, лужного алюмінійвмісного активатора тверднення $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ і суперпластифікатора полікарбоксилатного типу РСЕ. Встановлено, що при введенні 1,5 мас.% $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ та золи-винесення до складу портландцементу з добавкою вапняку при $\text{В/Ц}=0,50$ ($\text{РК}=170$ мм) рання міцність через 12 та 24 год тверднення складає 6,3 та 15,6 МПа, стандартна – 54,6 МПа. Показано, що при введенні 1,0 мас.% РСЕ за рахунок водоредукуючого ефекту $\Delta\text{В/Ц}=30,0\%$ ($\text{РК} = 170$ мм) забезпечується збільшення ранньої та стандартної міцностей: через 12 та 24 год - в 4,5 рази (19,3 МПа) та 2,3 рази (35,0 МПа), а через 2 та 28 діб - в 1,8 рази (51,2 МПа) та 1,2 рази (73,7 МПа) відповідно. Отже, за рахунок поєднання фізичного та хімічного підходів шляхом використання лужного алюмінійвмісного активатора та полікарбоксилатного суперпластифікатора створюється можливість одержання швидкотверднучих модифікованих лужних портландцементів ($\text{R}_{\text{c}1}/\text{R}_{\text{c}28}=47,5\%$; $\text{R}_{\text{c}2}/\text{R}_{\text{c}28}=69,4\%$). Згідно з ДСТУ Б EN 197-1 розроблений модифікований лужний портландцемент характеризується високою ранньою ($\text{R}_{\text{c}2}=38,2$ МПа) і стандартною ($\text{R}_{\text{c}28}=60,1$ МПа) міцностями та відноситься до класу 52,5 R. Методом математичного планування експерименту показано, що оптимальний вміст 1,5 мас.% $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ та 1,0% РСЕ забезпечує одержання модифікованого лужного композиційного портландцементу з

високою ранньою міцністю ($R_{c2}=32,0$ МПа, $R_{c28}=55,6$ МПа).

Фізико-хімічними методами аналізу встановлено, що комплексне поєднання золи-винесення і вапняку в лужноактивованій цементуючій матриці модифікованого розчину забезпечує інтенсифікацію процесів раннього структуроутворення за рахунок утворення гідрокарбоалюмінатів та лужних цеолітоподібних гідроалюмосилікатів N-C-A-S-H. Обґрунтовано новий підхід до направленою регулювання процесів раннього структуроутворення в цементуючих системах за рахунок введення в якості ефективного активатора тверднення синтезованого за методом золь-гель технології лужно-алюмінатного нанокompозиту C-A-N-H-PCE, який відноситься до класу інженерних матеріалів на основі шаруватих подвійних гідроксидів (CaAl LDH) та органічних добавок, що створює можливість отримання швидкотверднучих ремонтних сумішей. Направлене регулювання процесів раннього структуроутворення лужних портландцементів визначає їх покращені будівельно-технічні властивості.

Дослідженнями встановлено, що для модифікованих ремонтних сумішей на основі лужного портландцементу при консистенції за осіданням плунжера – 24 мм, початок тужавіння складає 40-80 хв, рання міцність через 14 год становить $R_{tb}=3,4$ МПа та $R_c=9,8$ МПа, через 24 год – $R_c=22,08$ МПа; проектна міцність досягає $R_c=70,9$ МПа. Модифіковані ремонтні суміші характеризуються пониженими деформаціями усадки ($\Delta l/l=0,04-0,06$ мм/м), що дозволяє їх віднести до безусадочних. Встановлено, що міцність зчеплення з основою складає 3,2 МПа, модуль пружності - $E_{cm}=51,7$ ГПа, корозійна стійкість - $K_{s90}=1,2$, марка за водонепроникністю відповідає W16, марка за морозостійкістю досягає F400. На ПП «Терміт» здійснено апробацію ефективних безусадочних ремонтних сумішей на основі лужного портландцементу з високою ранньою міцністю під час відновлення фундаменту під металевими колонами. При цьому вирішено завдання забезпечення високої швидкості тверднення, понижених деформацій усадки, підвищення адгезії, водонепроникності, а також міцності та довговічності.

[1] Кривенко П.В., Петропавловський О.М., Вознюк Г.В., Лакуста С.О. Високоміцні шлаколузні цементы для швидкого ремонту та зведення бетонних споруд / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - 2016. - Вип. 33. - С. 62-68.

[2] Krivenko P., Sanytsky M., Kropyvnytska T. Alkali-Sulfate Activated Blended Portland Cements // Solid State Phenomena. 2018. № 276. P. 9–14.

[3] Xu Qi, Stark J. A model of early cement hydration with an alkaline setting accelerator // Cement international. 2008. № 1. P. 67–74.

[4] Kropyvnytska T., Kaminsky A., Semeniv R., Chekaylo M. The effect of sodium aluminate on the properties of the composite cements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 708, 012091.

**ФАЗОВИЙ СКЛАД ТА СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З
ДОБАВКОЮ ШАМОТУ**

**PHASE COMPOSITION AND STRUCTURE OF CEMENT STONE WITH
ADDITIVE CHAMOT**

*канд. техн. наук Л.М.Ксьонішкевич¹, канд. техн. наук К.О. Стрельцов¹,
канд. техн. наук О.М.Крантовська¹, канд. техн. наук С.В.Синій²,
канд. техн. наук Ю.Г. Москалькова³*

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

²*Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)*

³*Білорусько-Російський університет (м. Могильов)*

*L.M.Ksonshkevych¹, PhD (Tech.), K.O.Streltsov¹, PhD (Tech.),
O.M.Krantovska¹, PhD (Tech.), S.V.Synii², PhD (Tech.),
Y. G. Maskalkova³, PhD (Tech.)*

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa)*

²*Lutsk National Technical University (Lutsk)*

³*Belarusian-Russian University (Mogilev)*

Відомо, що прискорити процес структуроутворення цементного каменю та бетону на його основі, а також підвищити його механічні характеристики можливо за рахунок механоактивації в'язучого [1, 2] та модифікації органо-мінеральними добавками [3].

З метою вивчення процесів формування фазового складу і мікроструктури механоактивованого цементного каменю, з добавкою 30% меленого шамоту та суперпластифікатора С-3, були проведені дослідження з використанням комплексу методів фізико-хімічного аналізу [4, 5].

Рентгенофазові дослідження проводили методом порошків на дифрактометрі ДРОН-2.0 при $\text{CuK}\alpha$ - випромінюванні. Досліджувані зразки роздрібнювали в агатовій ступці до повного проходження крізь сито № 008.

Приготовану пробу наносили рівномірним шаром на кварцову кювету, яку попередньо змащували вазеліном. Кювету встановлювали на гоніометричний пристрій ГУР-5.

За допомогою детектора рентгенівського випромінювання, в якості якого застосовувався сцинтиляційний лічильник з швидкістю підрахунку 500 імп/с, записували дифрактограми в інтервалі кутів $2\theta=8-50^\circ$.

Дослідження мікроструктури препаратів зразків і фотографування сколів цементного каменю, гідратованого в різних умовах, були проведені на растровому електронному мікроскопі TESLA BS-300.

Для пластифікації бетонної суміші використовувався розріджувач С-3. В якості мінеральної добавки до портландцементу використовувався мелений шамот. Шамот розмелювали до 3-х питомих поверхонь: 250, 350 і 450 м² / кг. В'язуче піддавалось механоактивації в спеціально виготовленому

трибоактиваторі.

Згідно з даними рентгенофазового аналізу при твердінні портландцементу без добавок протягом 28 діб в нормальних умовах на дифрактограмах фіксуються лінії основної кристалічної гідратної фази - гідроксиду кальцію ($d/n = 0,48; 0,26; 0,19$ нм) і негідратованого цементу ($d/n = 0,275; 0,276; 0,72$ нм) і CaCO_3 ($d/n = 0,302; 0,192$ нм).

За допомогою диференціально-термічного аналізу (ДТА) проведено дослідження механоактивованих цементів без добавок та з добавкою 30% молотого шамоту.

Встановлено, що на кривій ДТА портландцементу без добавок проявляються ендотермічні ефекти при температурі 150°C ; 510°C ; 820°C , які несуть відповідальність за виділення адсорбційної води та розпад гідроксиду і карбонату кальцію.

Для зразків з механоактивацією на кривих ДТА спостерігається також три основні ендоефекти при 150°C ; 510°C ; 820°C . Зміщення ендоефекту розпаду $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в сторону більш низьких температур свідчить про збільшення дисперсності матеріалу в результаті механоактивації.

Дослідження мікроструктури цементного каменю має важливе значення для пояснення механізму процесу механоактивації цементу з добавкою молотого шамоту та С-3.

Даними растрової електронної мікроскопії встановлено, що мікроструктура каменю на основі механоактивованого цементу, який твердів 28 діб в нормальних умовах являється щільною, однорідною з добре формованими мілкозернистими продуктами гідратації.

Активна структуроутворююча роль шамоту підтверджується результатами як мікроскопічного, так і мікророндового рентгеноспектрального аналізу.

Таким чином, при дослідженні фазового складу та мікроструктури механоактивованого цементного каменю, модифікованого добавкою молотого шамоту та С-3 встановлено інтенсивний хід процесів структуроутворення, що сприяє ущільненню цементного каменю і росту його міцності.

[1] Барабаш, І. В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин: Навчальний посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.

[2] Ксєншкевич, Л. Н. Высокопрочные бетоны на механоактивированом вяжущем: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 - Одесса, 2013, 145 с.

[3] Ksonshkevych L., Barabash I., Krantovska O., Synii S., Sunak P. Disperse reinforced concrete with polycarboxylate additive on a mechanically activated binder. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* №708(2019)012092 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/708/1/012092>

[4] Gorelik S. S., Radiographical and electro-optical analysis/ S. S. Gorelik, L. N. Rastorguev, J. A. Skakov // *Tutorials for students.* – 3 rd ed. comp. alt. - М.: MISSIS, 1994. - 328 p.

[5] Ksonshkevych L., Krantovska O., Petrov M., Synii S. and Uhl A. Investigation of the structure of cement stone, obtaining and optimization of high-strength concrete on mechanically activated binder. *Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings: MATEC Web Conference 2018*:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003010>

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЕКОЛОГІЧНО
ЧИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ БУДІВЕЛЬНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ**

**RESEARCH AND OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF
ENVIRONMENTAL FRIENDLY POLYMERIC MATERIALS FOR
BUILDING PURPOSE**

*канд. техн. наук В.В. Лебедєв¹, канд. техн. наук Т.С. Тихомирова¹,
А.О.Лозовицький¹, канд. техн. наук О.М. Філенко¹, Т.К.Григорова²*

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

²Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» (м. Харків)

*V.V. Lebedev¹, PhD (Tech.), T.S. Tykhomirova¹, PhD (Tech.),
A.O. Lozovytskyi¹, O.M. Filenko¹, PhD (Tech.), T.K. Grigорова²*

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv)

²The National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology (Kharkov)

В даний час світовою тенденцією є використання екологічно чистих біодеградабельних полімерних матеріалів, в яких реалізується принцип «нульових відходів» впродовж усього життєвого циклу - «виробництво-використання-утилізація», тому цей клас полімерів сьогодні широко використовується на ринку.

Саме тому однією з тенденцій у галузі будівництва є активне використання різних екологічно чистих полімерних матеріалів та композицій, які не шкодять довкіллю та мають ряд експлуатаційних та естетичних переваг перед іншими матеріалами. До них належать такі властивості, як висока міцність і довговічність, мала вага та широкі можливості в дизайні, колірній гамі та інших важливих естетичних характеристиках. Характерною особливістю процесів одержання будівельних конструкцій та виробів з екологічно чистих полімерних матеріалів є завдання з оптимізації їх компонентного складу та комплексу експлуатаційних характеристик. Фактично майже завжди висока якість і довговічність полімерних виробів та конструкцій обумовлена комплексом правильного вибору матеріалу та підбору найбільш ефективного методу їх обробки.

Метою даної роботи було дослідження та оптимізація складу екологічно чистих полімерних матеріалів будівельного призначення.

Екологічно чисті полімерні матеріали одержували на основі біопластику «OK compost НОМЕ» з додаванням як наповнювачів кавового лушпиння та відходів кавової гущі, висушеної до вологості 50% з поліфракційним складом у межах розміру частинок від 0,5 до 1 мм. Екологічно чисті полімерні матеріали отримували шляхом екструзії попередньо підготовленої сировини в

одношнековому лабораторному екструдері при температурі 170–200 ° С і швидкості обертання шнеку 30–100 об / хв.

Проведені оптимізаційні дослідження щодо визначення найбільш ефективного складу нових екологічно чистих полімерних матеріалів на основі біопластику «ОК compost НОМЕ» та кавових відходів. Було проведено математичне моделювання з прогнозування експлуатаційних властивостей екологічно чистих полімерних матеріалів будівельного призначення в залежності від вмісту різного типу кавових відходів. Було встановлено, що наповнення біопластику «ОК compost НОМЕ» кавовими відходами у вигляді кавового лушпиння є більш ефективним в порівнянні з кавовою гущею. В результаті проведених досліджень встановлено, що оптимальним вмістом є 50 % мас. кавового лушпиння.

Також біло проведене моделювання також дозволило побудувати моделі з прогнозування експлуатаційних властивостей екологічно чистих полімерних матеріалів будівельного призначення в залежності від вмісту в них різних типів кавових відходів, які можуть бути адаптовані до будь-якого змісту наповнювача та напрямів застосування одержаних композицій.

УДК 614.842

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ

INVESTIGATION OF WOOD FIRE PROTECTION MECHANISM ENCOURAGING MEANS

***В.В. Ломага¹, О.Ю. Цапко², В.В. Коваленко³, А. Е. Оніщук³,
Р. В. Ліхновський³***

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

²Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

³Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ)

***V. V. Lomaha¹, A. Yu. Tsapko², V. V. Kovalenko³, A. E. Onischuk³,
R. V. Likhnyovskyi³***

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

²Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

³Institute of Public Administration and Research in Civil Protection (Kyiv)

Деревина, широко застосовується в будівництві й архітектурі завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям, але є пожежонебезпечним матеріалом. Зниження пожежної небезпеки будівельної деревини є завданням не лише економічним, а має соціальну та екологічну спрямованість.

Важливою проблемою забезпечення життєдіяльності та безпечного

функціонування об'єктів будівництва є розроблення, з економічної, технологічної та екологічної точок зору, спучуючих вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій, що можуть використовуватись не тільки нарівні з існуючими аналогами, але і бути високоефективними у спеціальних галузях будівництва [1, 2]. Тому важливою проблемою забезпечення життєдіяльності та безпечного функціонування об'єктів будівництва є розроблення, вогнезахисних засобів для деревини, що уможливило її займання та запобігає виникненню техногенних аварій.

З метою визначення області температур, за яких термічна деструкція деревини відбувається найбільш інтенсивно, проводилось термогравіметричне дослідження процесів деструкції в динамічному режимі із застосуванням дериватографа Q-1500 D. Досліджували зразки тирси деревини соснової необробленої, а також обробленої деревини в атмосфері повітря нормального складу (вміст кисню - 21 % об.).

На рисунку 1 представлено дериватограми зразків деревини, необробленого і оброблених вогнезахисними засобами. Аналізуючи дериватограму рис. 1а (зразок 1, оброблений інтумесцентним просочувальним засобом) бачимо що на кривій DTA присутні екстремуми за температур 140, 170 °С. При вказаних температурах відбувається спочатку плавлення, а далі кипіння з розкладанням карбаміду. Також за цих температур розкладається лігнін.

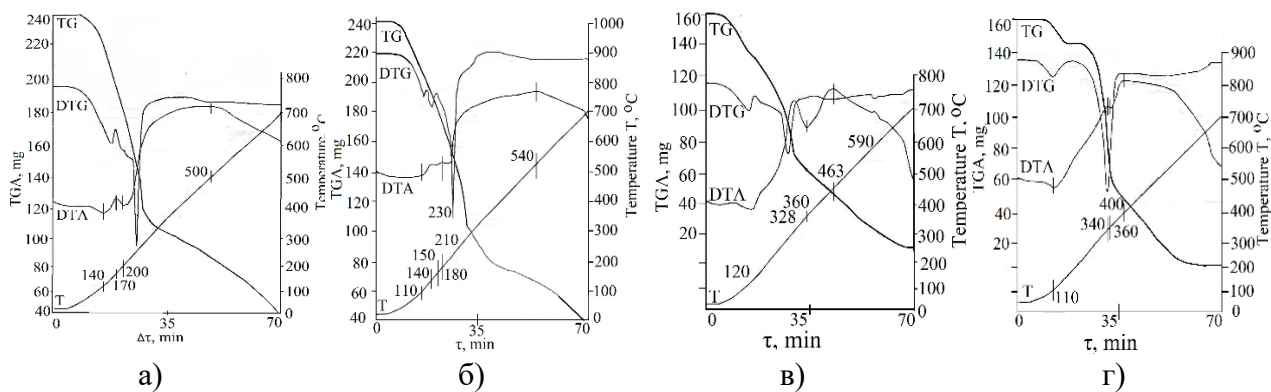


Рис. 1. Дериватограми зразків деревини, одержаних методом термогравіметричного аналізу: а) – зразок 1; б) – зразок 2; с) – зразок 3; д) – зразок необроблений

Починаючи з 200 °С на кривій DTA спостерігається плавний підйом уверх з незначним максимумом при 500 °С. Температура початку підйому – це температура початку розкладання геміцелюлози, що проходить в інтервалі приблизно 200-260°С. Також на цьому відрізку кривої знаходиться температура розкладання целюлози – 240-350 °С. Температура плавлення крохмалю – 256-258 °С. Всі ці процеси накладаються один на один і вносять свою частку у тепловиділення. Після 500°С крива DTA сходить донизу, що свідчить про зменшення розкладання зразку і утворення негорючого залишку. Дериватограма рис. 1б (зразок 2, оброблений сумішшю бішофіту 28 – 30 % і кальцинованої соди 23...24 %) подібна до попередньої і відрізняється вищим підйомом кривої DTA. Починаючи з 200°С розкладається геміцелюлоза, целюлоза. Екстремум кривої

DTA знаходиться при 540°C після якого їде зменшення тепловиділення.

Крива DTA на дериватограмі рис. 1в (зразок 3 оброблений БС-13) характеризується найбільшим підйомом серед оброблених вогнезахисними засобами зразків. Крива DTA на дериватограмі рис. 1г характеризує поведінку необробленого зразка деревини при нагріванні і повне його згоряння.

В таблиці 1 представлено результати з визначення вищої теплоти згоряння зразків деревини необроблених та оброблених вищезгаданими просочувальними засобами.

Таблиця 1. Одержані значення вищої теплоти згоряння зразків деревини

Зразок деревини	Необроблений	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вища теплота згоряння Q, МДж/г	18,4	14,8	15,0	15,6

Серед оброблених зразків деревини найвищим значенням характеризується зразок просочений вогнезахисним засобом БС-13, просочений інтумесцентним покриттям має найнижче значення вищої теплоти згоряння.

[1] Tsapko Ju., Guzii S., Remenets M., Kravchenko A., Tsapko O. (2016). Evaluation of effectiveness of wood fire protection upon exposure to flame of magnesium / East European Journal Enterprise Technologies. – Vol. 4, №10 (82). p. 31-36.

[2] Tsapko Ju., Tsapko A. (2017). Simulation of the phase transformation front advancement during the swelling of fire retardant coatings. / East European Journal Enterprise Technologies. – Vol. 2, №11 (86) 2017. – p. 50-55.

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОМОДИФІКОВАНИХ
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ**

**RESEARCH OF NANOMODIFIED
PORTLAND CEMENT SYSTEMS**

*д-р техн. наук У.Д. Марущак¹, д-р техн. наук М.А. Саницький¹
д-р техн. наук М.В. Гоголь¹, канд. техн. наук О.Р. Позняк¹
канд. техн. наук О.Т. Мазурак²*

¹Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)

²Львівський національний аграрний університет (м. Дубляни)

*U.D. Marushchak¹, Dr.Sc. (Tech.), M.A. Sanytsky¹, Dr.Sc. (Tech.),
M.V. Gogol¹, Dr.Sc. (Tech.), O.R. Poniak¹, PhD (Tech.)
O.T. Mazurak², PhD (Tech.)*

¹Lviv Polytechnic National University (Lviv)

²Lviv National Agrarian University (Dubliany)

Пріоритетним напрямком регулювання властивостей бетону є модифікування хімічними та мінеральними добавками для забезпечення довговічності та надійності експлуатації конструкцій на його основі. Портландцемент як основний компонент бетону характеризується складною структурою, в т. ч. нанорозмірного рівня, що створює можливість використання нанотехнологій для зміни поведінки цементу та бетону [1].

До синтезованих нанорозмірних модифікаторів належать вуглецеві наномодифікатори: фулерени, одно- та багатошарові вуглецевими нанотрубки (ВНТ) та ін., які поєднують властивості молекул і твердого тіла, обумовлюючи високі фізико-механічні характеристики, зокрема такі, як міцність і модуль пружності. Зміни в морфології новоутворень призводять до значного підвищення механічної міцності, водонепроникності мінеральних композицій, модифікованих багатошаровими вуглецевими нанотрубками [2–4]. При створенні мінеральних композитів, модифікованих ВНТ, необхідно вирішити ряд науково-технічних завдань, пов'язаних з питаннями їх схильності до агломерації в агрегати, рівномірності розподілу в об'ємі матеріалу; забезпечення формування міцних зв'язків між нанодобавкою та полярною матрицею.

Міцність каменю, модифікованого на нанорівні вуглецевими нанотрубками, стабілізованими полікарбоксилатним суперпластифікатором (PCE), з високо-рухливого тіста (РЦ=250–300 мм) через 1 добу тверднення перевищує міцність каменю на основі ПЦ I-500P-H в 10,5 рази та характеризується швидким наростанням міцності $R_{c2}/R_{c28}=0,81$ при значному водовідділенні. Дослідженнями цементуючих систем, модифікованих нанодобавками, одержаних шляхом сумісного змішування ультрадисперсних мінеральних добавок метакаоліну (МК), мікрокремнезему (MS) з вуглецевими нанотрубками,

встановлено, що дані системи характеризуються підвищеною седиментаційною стійкістю та інтенсивним набором ранньої міцності в умовах високої рухливості ($R_{c2}/R_{c28}=0,73-0,76$).

Результати випробувань портландцементних систем, модифікованих MS+PCE+BHT, згідно з ДСТУ EN 196-1:2007 вказують, що міцнісні показники композицій зростають як в ранній період тверднення, так і через 28 діб порівняно з ПЦ I-500P-H (рис. 1). Через 1–2 доби тверднення міцність наномодифікованої системи з високорухливої суміші ($V/\Omega=0,5$; $R_K=300$ мм) дещо перевищує міцність портландцементу ПЦ I-500P ($V/\Omega=0,5$; $R_K=180$ мм) і зростає в 1,8–1,9 рази при забезпеченні водоредукуючого ефекту ($\Delta V/\Omega=30\%$, $R_K=185$ мм). Поєднання мікрокремнезему, вуглецевих нанотрубок та полікарбоксилатного суперпластифікатора супроводжується позитивною динамікою набору міцності портландцементних композицій через 28 діб з досягненням показників міцності 59,2 МПа (при $V/\Omega=0,5$) та 69,4 МПа (при $V/\Omega=0,35$). Питома міцність при цьому становить $R_{c2}/R_{c28}=0,53$ та $R_{c2}/R_{c28}=0,71$ відповідно, що дає змогу класифікувати отримані портландцементні системи як пластифіковані надшвидкотверднучі високоміцні.

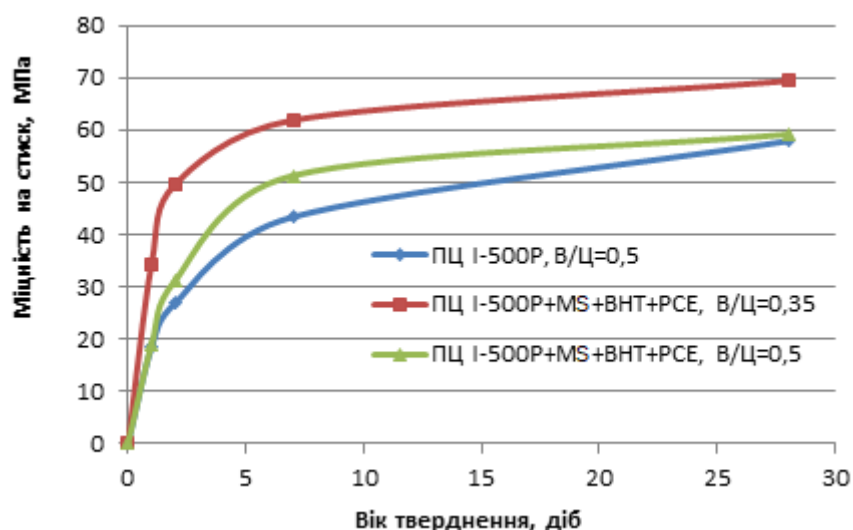


Рис. 1 Міцність наномодифікованих портландцементних систем

Підвищення фізико-механічних характеристик наномодифікованих портландцементних систем визначають покращення експлуатаційних характеристик конструкцій та розроблення нових напрямків застосувань бетону.

- [1] Sanytsky M., Marushchak U., Olevych Y., Novytskyi Y. Nano-modified ultra-rapid hardening Portland cement compositions for high strength concretes. Lecture Notes in Civil Engineering, 2020. Vol. 47. P. 392–399.
- [2] Bharj J., Singh S., Chander S., Singh R. Experimental study on compressive strength of cement-CNT composite paste. Indian Journal of Pure & Applied Physics, 2014. 52. P. 35-38.
- [3] Pushkarova K., Sukhanevych M., Marsikh A. Using of untreated carbon nanotubes in cement composition. Materials Science Forum. Brno, Czech Republic, 2016. Vol. 865. P. 6–11.
- [4] Marushchak U., Sanytsky M., Sydor N., Braichenko S. Research of nanomodified engineered cementitious composites. Proceedings of the 2018 IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties, 2018. 8914835.

**ГЕРМЕТИЗАЦІЯ СТИКІВ МІЖ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ
ПОЛІУРЕТАНОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

**SEALING OF JOINTS BETWEEN REINFORCED CONCRETE ELEMENTS
USING POLYURETHANE MATERIALS**

*д-р техн. наук, проф. О. С. Молодід¹, магістр І. В. Мусіяка¹
інженер І. В. Резніченко²*

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури (м.Київ)*

²*ТОВ "СПТ Україна" (м.Київ)*

*O. S. Molodod¹, Dr.Sc. (Tech.), I. V. Musiyaka¹
I. V. Reznichenko²*

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

²*LLC "SPT Ukraine" (Kyiv)*

Істотна зношеність об'єктів критичної інфраструктури спричиняє часті їх руйнування, особливо це стосується герметичних з'єднань.

З досвіду відомо, що найбільш поширені випадки протікання конструкцій та споруд – це місця стиків, з'єднань у підземних їх частинах.

На базі державного підприємства "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" (ДП "НДІБВ") були проведені експериментальні дослідження водостійкості стиків між залізобетонними конструкціями. Для цього було створено дослідний стенд, який складався із двох залізобетонних перемичок (імітували бетонні або залізобетонні елементи конструкцій) та герметизуючого матеріалу між ними. У якості герметизуючого матеріалу використовували новітні полімерні матеріалів торгової марки SPT[®].

Для імітації можливого гідростатичного тиску води, який повинен витримувати матеріал, у загерметизованому стику, використано заповнену водою вертикальну трубку. Висота водяного стовпа у трубці складала 2,2 м, що відповідає тиску на поверхню поліуретанового матеріалу – 21,6 кПа (0,2 атм). Відкритий кінець трубки був закупорений для того, аби вода, що знаходиться у трубці не випаровувалася. Сама трубка складалася із двох частин: сталеві нижньої частини та прозорої, для спостереження за рівнем води верхньої частини. На прозорій трубці відмічено початковий рівень води та нанесено градування для визначення можливого падіння рівня рідини у процесі експерименту.

Після заповнення трубки водою стенд залишили на 6 місяців з епізодичним зняттям відліків рівня води в трубці.

В підсумку, падіння рівня води у трубці за 6 місяців проведення дослідів, склало 10 мм або 17 мл, звідси можна зробити висновок, що полімерний матеріал SPT[®] придатний до застосування для герметизації стиків (швів) між бетонними та/або залізобетонними конструкціями. Водонепроникність матеріалу можна

пояснити тим, що матеріал має замкнуту пористість, що запобігає просоченню води вглиб матеріалу, а ін'єктування матеріалу в рідкому стані під тиском з його подальшим розширенням дає можливість заповнити нерівності мікро- та макроструктури бетону, тим самим унеможливаючи просочення води по шву між матеріалами. Після завершення основного експерименту було прийняте рішення підключити до трубки з водою компресор і створити надлишковий тиск в системі 81 кПа (0.8 атм). Незважаючи на значний тиск, місць просочення води виявлено не було.

З метою встановлення стійкості поліуретанового матеріалу до зовнішніх впливів, зокрема зміни температур, було проведено додаткові експерименти, критерієм оцінювання яких була міцність зчеплення поліуретану з бетонною поверхнею. Таку оцінку якості виконували після досліджень впливу попереминого заморожування та відтаювання на загерметизовані конструкції з подальшим порівнянням отриманих результатів з показниками адгезії контрольних зразків.

У результаті досліджень міцності зчеплення матеріалу поліуретанового до бетону встановлено, що її показники достатньо високі. За результатами відривів трьох зразків, середнє значення адгезії після попереминого заморожування та відтаювання зразків складо – 0,91 МПа. Слід зазначити, що спостерігається адгезійно-когезійне розривання зразків, з частковим розриванням зразків по тілу бетону. Середнє значення адгезії контрольних зразків складо 0,92 МПа.

За результатами проведених дослідів на водонепроникність (водостійкість), було встановлено, що не лише матеріал полімерний SPT[®] має високу водонепроникність (водостійкість), а й місце (стик) примикання його до поверхні бетону також є водонепроникним.

Використаний в дослідженнях полімерний матеріал має високі водонепроникні та адгезивні властивості, тому його можна застосовувати для герметизації стиків між бетонними та залізобетонними елементами в умовах гідростатичного тиску води та попереминого заморожування та відтаювання.

Враховуючи особливості матеріалу, його застосовування можливе без зупинки об'єктів інфраструктури (труби переходу під залізничними та іншими шляхами, дощеприймальні колектори, залізобетонні резервуари тощо).

**СУМІСНІСТЬ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИМИ
ДОБАВКАМИ**

**PORTLAND CEMENT COMPATIBILITY WITH SURFACE-ACTIVE
ADDITIVE**

О.П. Ніколаєв¹, О.В. Кондращенко¹, В.І. Кондращенко²

*¹Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова (м. Харків)*

²Російський університет транспорту (м. Москва)

A.P. Nikolaev¹, E.V. Kondrachenko¹, V.I. Kondrachenko²

¹O. M. Beketov National University of Urban Economy (Kharkov)

²Russian University of Transport (Moscow)

Застосування поверхнево-активних добавок розширює функціональні можливості в'язучих матеріалів [1,2]. Значний асортимент поверхнево-активних речовин (ПАР) різних виробників призводить до необхідності визначення ефективності їх поєднання з портландцементом (ПЦ), що використовується [3]. Ефективність цього поєднання свідчить про ступінь сумісності в'язучих матеріалів з пластифікуючими добавками [4-6]. Розрізняють пластифікуючу, водоредукуючу і міцністну сумісність [4]. Недостатня стабільність властивостей ПЦ, особливо від різних виробників, призводить до додаткових втрат часу на оптимізацію необхідної кількості ПАР, які використовуються в складі бетону. У зв'язку з цим, автори пропонують, із застосуванням оперативних методів контролю тужавлення і твердіння пластифікованих цементів, організувати попередню оцінку сумісності ПЦ, який потрапляє на виробництво, і хімічних добавок наявного асортименту.

Отримані результати дозволяють контролювати рівень стабільності споживчих властивостей ПЦ і скоротити час підбору складу бетону з заданими будівельно-технічними властивостями [7].

Авторами даної роботи була проведена оцінка сумісності цементів одного класу з найбільш поширеними пластифікуючими добавками. В дослідженнях використовували цементи марки ПЦ П/А-500р-Н різних виробників: Podolsk-Cement, Ivano-Frankivsk-Cement і Lafarge-Cement. На сумісність з цими цементами перевіряли поверхнево-активні добавки: суперпластифікатор С-3, Melment-F10 та полікарбоксилатний гіперпластифікатор Peramin-149 S. Оцінку водопотреби, динаміки тужавлення і твердіння ПЦ здійснювали з використанням методів конусної пенетрації [8,9].

1. *Пластифікуючу сумісність* добавок з цементами визначали шляхом зіставлення динаміки структурування пластифікованих цементних паст з цементом без добавок при водо-цементному співвідношенні (В/Ц) = 0,28. Кількість добавки, що додавалася і отримані результати наведені у таблиці 1. Як

параметр сумісності автори запропонували використовувати різницю у часі перебування пластифікованих цементних паст у пластичному стані відносно їх бездобавочного аналогу. Саму тривалість пластичного стану визначали з моменту закінчення укладання цементного тіста до кінця його тузавлення.

Таблиця 1. Пластифікуючий ефект досліджених ПАР при В/Ц = 0,28

№ п/п	Найменування ПАР	Тривалість пластичності, хвил./Δ пластичність, %		
		Lafarge-Cement	Podolsk-Cement	Ivano-Frankivsk-Cement
1	Без добавок	158/00	180/00	170/00
2	Peramin – 0,1 %	185/17	225/25	210/24
3	C-3 – 0,6 %	240/51	300/67	218/28
4	Melment – 0,6 %	210/33	240/33	210/24

2. *Міцністній сумісності* ПЦ і ПАР зіставляли зміну добової твердості зразків з плістифікованих цементів відносно їх бездобавочних аналогів. У таблиці 2 наведені отримані результати.

Таблиця 2. Фізико-механічні характеристики цементів при В/Ц = 0,28

№ п/п	Найменування ПАР	Твердість ПЦ, МПа/зміна твердості, %		
		Lafarge-Cement	Podolsk-Cement	Ivano-Frankivsk-Cement
1	Без добавок	120/0,0	145/ 0,0	185/ 0,0
2	Peramin – 0,1 %	120/0,0	150/ 3,5	205/10,8
3	C-3 – 0,6 %	124/3,3	143/-1,4	220/18,9
4	Melment – 0,6 %	127/6,8	140/-3,5	231/24,9

3. *Водоредукуючій сумісності* зіставляли зміни твердості пластифікованих цементних паст при зниженні В/Ц від 0,30 до 0,24 відн. од. Для аналізу були обрані умови визрівання тверднучих цементів у термосі при температурі 50 °С протягом 10 годин. Отримані результати наведені у таблиці 3.

Таблиця 3. Водоредукуючі характеристики ПАР, які досліджували

№ п/п	Найменування ПАР	Твердість В/Ц = 0,30, МПа/Δ твердості В/Ц = 0,24, %		
		Lafarge-Cement	Podolsk-Cement	Ivano-Frankivsk-Cement
1	Peramin – 0,1 %	116/ 9,5	140/21,4	190/39,5
2	C-3 – 0,6 %	120/19,2	130/23,0	215/35,0
3	Melment – 0,6 %	118/16,0	132/22,7	214/25,2

Аналіз наведених у таблицях 1-3 результатів доводить, що на практиці підтверджується закономірність непередбачуваності сумісності ПЦ з добавками ПАР навіть коли це один і той самий пластифікатор. Це підтверджує доцільність

необхідності проводити попередню оперативну оцінку сумісності поверхнево-активних добавок, що використовуються з портландцементом.

- [1] Рамачандран В. С. Добавки в бетон / В. С. Рамачандран и др. Под ред. В. С. Рамачандрана. – Москва, 1988. – 575 с.
- [2] Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика : монография / В. Г. Батраков. – Москва : Технопроект, 1998. – 560 с.
- [3] Антонян А. А. Изучение вопросов прочностной совместимости с суперпластификаторами / А. А. Антонян, В. Н. Никогосян // Технологии бетонов. – Ереван, 2017. – №1-2. – С. 43–47.
- [4] Зоткин А. Г. Прочностная совместимость цементов с суперпластификаторами / А.Г. Зоткин // Технологии бетонов: Иркутский государственный технический университет. – Иркутск, 2014.– № 9. – С. 22-26.
- [5] Зоткин А. Г. Бетоны с эффективными добавками / А. Г. Зоткин. Под ред. А. Н. Зайцева. – Вологда, 2014. – 160 с.
- [6] Ушеров-Маршак А. В. Функциональная совместимость – фактор развития современного бетона (на примере добавок в бетон) / А. В. Ушеров-Маршак, А. В. Кабусь // Наука та будівництво. – Київ, 2018. - № 1. - С. 27-33.
- [7] Усачев С. М. Подбор состава бетона с комплексными добавками для дорожного строительства / С. М. Усачев, М. А. Чурсина // Химия, физика и механика материалов. – Воронеж, 2019. – № 2 (21). – С. 162–172.
- [8] Николаев А. П. Актуальность внутреннего контроля вяжущих свойств портландцемента / А. П. Николаев, Е. В. Кондращенко // Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : Вид. ОДАБА, 2020. – Вип. 78. – С. 108-117.
- [9] Nikolaev A. P. Control of cement grout plastic properties / A. P. Nikolaev, O. V. Kondrashchenko. V. I. Kondrashchenko // International Scientific Conference on Far East Con, ISCFEC. – Vladivostok, 2018. – № 945. – С. 70–75.

УДК 665.775

ВПЛИВ ОМОЛОДЖУВАЧА НА ВЛАСТИВОСТІ БІТУМУ ТА АСФАЛЬТОБЕТОНУ

INFLUENCE OF REJUVENATOR ON THE PROPERTIES OF BITUMEN AND ASPHALT CONCRETE

*канд. техн. наук Я.І. Пиріг¹, канд. техн. наук А.В. Галкін¹,
канд. техн. наук С.В. Оксак¹, канд. техн. наук Я.В. Ільїн¹, Я.П.Шийка²*

¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

² НВП «Люкс-Х» (ТОВ) (м. Харків)

*Y.I.Pyrig¹, PhD (Tech.) A.V.Galkin¹, PhD (Tech.),
S.V.Oksak¹, PhD (Tech.), Y.V.Ilin¹, PhD (Tech.), Y.P.Shyika²*

¹ Kharkov National Automobile and Highway University (Kharkiv)

² Reserch and Production Enterprise «Lux-X» (Kharkiv)

Головним фактором погіршення властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг з часом їх експлуатації є старіння бітумного в'язучого, що відбувається під дією високих експлуатаційних температур, вологи та кисню повітря. Виходячи з цього одним з шляхів подовження терміну експлуатації асфальтобетонних покриттів є впровадження заходів запобігання погіршення властивостей бітумних в'язучих через їх старіння. Для вирішення цієї проблеми різних країнах світу здобула поширення практика використання різноманітних омолоджувачів [1, 2].

Метою виконаної роботи було дослідження впливу на властивості дорожнього бітуму та асфальтобетону вітчизняного омолоджувача Люкс «ЕД-Л». Вплив омолоджувача на властивості бітуму БНД 70/100 виробництва Мозирського НПЗ оцінювався за трьома напрямками: визначення впливу Люкс «ЕД-Л» на властивості вихідного бітуму; визначення здатності відновлювати властивості зістареного за методом RTFOT бітуму шляхом введення добавки у зістарене в'язуче; встановлення впливу на інтенсивність старіння шляхом зістарення бітуму, в який введено омолоджувач. Оцінювання впливу омолоджувача на властивості бітуму здійснювали за зміною стандартних показників якості за ДСТУ 4044 [3] – пенетрації і дуктильності за 25 °С, температур розм'якшеності і крихкості, зчеплюваності із поверхнею скла за температури 85 °С та з кам'яним матеріалом (гранітний щебінь Мокрянського кар'єру фракції 5 – 10 мм) за методом обертання пляшки впродовж 6 год [4].

На основі отриманих експериментальних даних встановлено, що введення в вихідний бітум добавки Люкс «ЕД-Л» в кількості 1 % та 2,5 % призводить до пластифікації в'язучого, що проявляється в збільшенні значень пенетрації за 25 °С (відповідно в 1,39 раз і 1,81 раз), зниженні температури розм'якшеності (відповідно на 1,2 °С та 3,7 °С) та зниженні температури крихкості (відповідно на 1 °С та 3 °С). Введення омолоджувача в зістарений за методикою RTFOT бітум призводить до повернення його властивостей до вихідного бітуму, що виражається у відновленні значень стандартних показників якості (пенетрації, температури розм'якшеності і крихкості) до рівня значень показників якості бітуму до старіння. Істотною перевагою застосування добавки Люкс «ЕД-Л» є суттєве покращення адгезійних властивостей бітуму як вихідного, так і зістареного. Після введення 2,5 % омолоджувача у вихідний бітум зчеплюваність із поверхнею скла підвищується з 26,8 % до 98,3 %, а при введенні цієї ж кількості добавки у зістарений бітум показник зчеплюваності підвищується з 15,0 % до 98,0 %. Ці залежності підтверджуються й даними визначення зчеплюваності за методом обертання пляшки [4].

Оцінювання впливу омолоджувача на інтенсивність старіння в'язучого виконано шляхом зістарювання в'язучого у яке попередньо було введено омолоджувач. Отримані дані свідчать про незначне прискорення процесів старіння бітуму при введенні в нього Люкс «ЕД-Л», особливо при збільшенні концентрації добавки до 2,5 %. Це виражається в декілька більшій зміні пенетрації в'язучих, при цьому значення температури розм'якшеності майже не змінюються, причиною чого може бути інгібуюча дія поверхнево-активної речовини, що входить до складу омолоджувача.

Для дослідження впливу омолоджувача на властивості асфальтобетону було виготовлено 4 асфальтобетонні суміші типу Б: вихідна; зістарена вихідна; зістарена, що була оброблена омолоджувачем; вихідна, що була оброблена омолоджувачем та зістарена. Для зістарення сумішей використовувалась методика ААШТО R 30-02. Порівняння властивостей асфальтобетонів, виготовлених з зістареної суміші та з вихідної суміші, що була оброблена омолоджувачем, а потім зістарена, свідчить про те, що використання омолоджувача сприяє зменшенню інтенсивності старіння асфальтобетону з

часом – значення показників міцності на стиск за 20 °С та 50 °С у обробленого асфальтобетону відповідно в 1,13 та 1,1 рази менше, ніж у не обробленого асфальтобетону. Цю ж тенденцію підтверджують і значення коефіцієнту довготривалої водостійкості, яке збільшується з введенням омолоджувача.

Для виробничої перевірки застосування Люкс «ЕД-Л» для покращення якості асфальтобетонного покриття на ділянці, розташованій в смт Світлогорське Дніпропетровської області проводиться довготривалий експеримент. Ефективність омолоджувача буде оцінена за результатами визначення міцнісних показників асфальтобетону після 3-х та 9-ти місяців експлуатація асфальтобетонного покриття обробленої ділянки.

[1] Boyer R. E. Asphalt rejuvenators “fact, or fable”. *Transportation systems*. 2000. Т. 58. Р. 1-17.

[2] Loise V., Caputo P., Porto M., Calandra P., Angelico R., Oliviero Rossi C. A review on Bitumen Rejuvenation: Mechanisms, materials, methods and perspectives. *Applied Sciences*. 2019. Т. 9. №. 20. Р. 4316.

[3] ДСТУ 4044:2019. Бітуми нафтові дорожні в’язкі. Технічні умови. [Чинний з 2020-05-01]. Вид. офіц. Київ, ДП «УкрНДНЦ». 2020. 12 с.

[4] ДСТУ EN 12697-11:2018 (EN 12697-11:2012, IDT). Бітумомінеральні суміші. Методи випробування гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 11. Визначення зчеплюваності між заповнювачем і бітумом. [Чинний з 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ. 2018. 41 с.

УДК 543.442.3:691.3(4,5)

**ВЗАЄМОЗВ’ЯЗОК КРИСТАЛОГРАФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
(ЗА ДАНИМИ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ)
І ЕЛЕКТРОПОВЕРХНЕВИХ ПОТЕНЦІАЛІВ МІНЕРАЛІВ**

**DEFINING THE INTERRELATION OF THE CRYSTALLOGRAPHIC
CHARACTERISTICS ACCORDING TO THE X-RAY STRUCTURAL
ANALYSIS DATA AND THE ELECTROSURFACE POTENTIALS
OF MINERALS**

*д-р техн. наук А.А. Плуґін¹, кандидати техн. наук О.С. Борзяк¹,
А.В. Никитинський¹, А.А. Жигло², аспірант В.В. Журавель¹*

¹Український Державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*²Харківський національний університет міського господарства
імені О.М.Бекетова (м. Харків)*

*А.А. Plugin¹, Dr.Sc (Tech.), O.S. Borziak¹, PhD (Tech.),
A.V. Nykytynskyi¹, PhD (Tech.), A.A. Zhyhlo², PhD (Tech.),
V.V. Zhuravel¹, postgraduate student*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

Рентгенівські методи дослідження ґрунтуються на вивченні дифракційної картини, що отримується при відображенні рентгенівських променів атомними площинами в структурі кристалів [1]. Сучасні уявлення про фізичну сутність електричного заряду і абсолютного електроповерхневого потенціалу дозволяють

збільшити інформативність рентгенографічних досліджень. Виходячи з уявлень про реальну блокову (зернисту) субмікроструктуру кристалів і їх електроповерхневих властивостей припущено, що рентгенівські промені будуть проникати через прошарки між блоками уздовж їх граней, роблячи цим кристал прозорим для рентгенівських променів. На прикладі гіпсу і ангідриту досліджено взаємозв'язок кристалографічних характеристик і електроповерхневих потенціалів мінералів. Кристалографічні характеристики мінералів уточнені методом рентгеноструктурного аналізу. Встановлено [2], що грані кристалів гіпсу характеризуються різноманітними поверхневими зарядами і електроповерхневими потенціалами. Поздовжні грані двугідрату сульфату кальцію є позитивно зарядженими, а поперечні грані є негативно зарядженими. Електроповерхневі потенціали визначені розрахунковим методом. Встановлено, що на величину електроповерхневого потенціалу істотно впливає розташування атомів кисню, які поляризуються і створюють додатковий позитивний потенціал. Визначено коефіцієнт впливу поляризованих поверхневих атомів кисню на електроповерхневий потенціал і подвійний кут рентгенівського відображення.

[1] Cowley John M. Diffraction physics / John M. Cowley / ISBN 0080530397 – Elsevier, 1995, 481 p.

[2] Структура и прочность гипсового камня: развитие представлений о структуре / А.Н.Плугин, А.А.Плугин, Ю.Г.Гасан, Е.Н.Червенко // Зб.наук.праць УкрДАЗТ.- Харків: УкрДАЗТ, 2013.- Вип.138.- С.125-136

УДК 691.32

**МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПРОДУКТІВ ГІДРАТАЦІЇ ЦЕМЕНТУ НА КОЕФІЦІЄНТ
ДИФУЗІЇ КАТІОНІВ КАЛЬЦІЮ**

**THE MECHANISM OF THE INFLUENCE OF THE ELECTRO-
SURFACE PROPERTIES OF CEMENT HYDRATION PRODUCTS ON
THE DIFFUSION COEFFICIENT OF CALCIUM CATIONS**

*д-р. техн. наук Д.А. Плугін, д-р. техн. наук С.В. Панченко,
канд. техн. наук О.А. Дудін, канд. техн. наук С.О. Змій,
асп. В.В. Зінченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D.A. Plugin, Dr.Sc. (Tech.), S.V. Panchenko, Dr.Sc. (Tech.),
O.A. Dudin, PhD (Tech.), S.O. Zmii¹, PhD (Tech.),
V.V. Zinchenko, postgraduate student*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Загальноприйнятий механізм і модель корозії бетону , а також нормування його відповідних термінів служби ґрунтуються на уявленнях про фільтрації води через бетон і вилуговування з нього розчинних продуктів гідратації. Швидкість вилуговування продуктів гідратації і, відповідно, руйнування цементного

каменю визначається швидкістю дифузії іонів Ca^{2+} в рідкій фазі бетону.

Метою дослідження було розкриття механізму впливу електричного поля негативно зарядженої поверхні частинок гідросілікатного гелю на коефіцієнт дифузії катіонів Ca^{2+} .

В [1] представлені дані по залежності коефіцієнта дифузії від В/Ц. Така залежність може бути обумовлена зменшенням в'язкості граничного шару води на поверхні частинок гідросілікатів кальцію. У свою чергу, сильне зменшення коефіцієнта дифузії може бути обумовлено зв'язуванням іонів (зменшенням рухливості), зокрема катіонів Ca^{2+} , в електричному полі негативно зарядженої поверхні частинок гідросілікатного гелю і структуруванням води в граничному шарі цих частинок.

Представлений механізм впливу електричного поля негативно зарядженої поверхні частинок гідросілікатного гелю на коефіцієнт дифузії катіонів Ca^{2+} . Виведено формулу для діелектричної проникності води в граничному шарі. Представлені залежності діелектричної проникності води в граничних шарах від відстаней від поверхні для різних електроповерхневих потенціалів, що характеризують гідросілікати кальцію ГСК різної основності.

За аналогією з представленими в [2] теоретичними і експериментальними дослідженнями механізму проникнення солей комплексної хімічної добавки розраховані величини коефіцієнта дифузії іонів Ca^{2+} в бетоні з різними В/Ц. Високий ступінь збігу розрахункової кривої, як за характером зміни, так і за абсолютними величинами, з експериментальними даними для бетону свідчить про коректність кількісного опису механізму дифузії катіонів Ca^{2+} в граничному шарі води.

Даний механізм дає можливість розглядати процеси, які відбуваються в обводнених бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкціях, які включені в ланцюг змінного, або постійного струму «рейока-земля».

[1] Дудин, А.А. Усовершенствование классификации бетонов по водопроницаемости [Текст] / А.А. Дудин // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2013. – Вип. 71. – С. 268-272.

[2] The Mechanism of a Penetrative Action for Portland Cement-Based Waterproofing Compositions Plugin, A.A., Pluhin, O.A., Borziak, O.S., Kaliuzhna, O.V. Lecture Notes in Civil Engineering, 2020, 47, pp. 34–41

**ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ГІДРАТАЦІЇ ТА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ
БІЛОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ В ПРИСУТНОСТІ КАРБОНАТНИХ
ДОБАВОК РІЗНОЇ ДИСПЕРСНОСТІ ТА РІЗНОГО АГРЕГАТНОГО
СТАНУ**

**HYDRATION PROCESS AND STRUCTURE FORMING OF WHITE
PORTLAND CEMENT IN THE PRESENCE OF CARBONATE ADDITIVES
OF DIFFERENT DISPERSION AND DIFFERENT PHYSICAL STATE**

*д-р техн. наук К.К. Пушкарьова¹, д-р техн. наук Л.О. Шейніч²,
асп. Д.Р. Гадайчук¹, канд. техн. наук О.А. Гончар¹,
канд. техн. наук М.О. Кочевих¹, студ. В.О. Мазур¹*

¹*Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)*
²*Державне підприємство „Державний науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій” (м.Київ)*

*К.К. Pushkarova¹, Dr.Sc (Tech.), L.O. Sheinich², Dr.Sc (Tech.),
D.R. Hadaichuk¹, graduate student, O.A. Honchar¹, PhD (Tech.),
M.O. Kochevykh¹, PhD (Tech.), V.O. Mazyr¹, student*

¹*Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)*

²*State enterprise „State research institute of building constructions” (Kyiv)*

Сучасне промислове, цивільне та індивідуальне будівництво характеризується високими вимогами як до дизайну всіх інтер'єрів, так і до зовнішнього архітектурного і колористичного оформлення будівель, споруд і будівельних комплексів. Вирішення цієї важливої проблеми будівництва можливо тільки при використанні ефективних оздоблювальних будівельних матеріалів, в тому числі декоративних, які повинні мати необхідний комплекс будівельно-технічних і декоративних властивостей, особливо в умовах сучасного швидкісного індустріального багатопверхового будівництва. Декоративні будівельні матеріали, що використовуються в дизайні архітектурного середовища, повинні відповідати жорстким вимогам щодо міцності, атмосферо-, корозійно- і морозостійкості (особливо в північних широтах), забезпечувати можливість створення широкої кольорової гами, бути стабільними в різних кліматичних умовах [1].

Метою даної роботи є дослідження особливостей процесу структуроутворення при додаванні до білого портландцементу карбонатних добавок різної дисперсності (мікро- та нанорівня) при наявності полікарбоксилатного пластифікатора та встановлення доцільності їх введення для забезпечення найкращих умов синтезу міцності штучного каменю.

Проведеними дослідженнями встановлено, що введення до складу білого портландцементу карбонатних добавок різного ступеня дисперсності сприяє стабілізації міцності у часі отриманого штучного каменю не тільки за рахунок

зміни складу новоутворень, але й їх габітусу, що має визначальний вплив на особливості мікроармування матриці композиційного матеріалу.

Показано, що при додаванні тонкомеленого вапняку в кількості 10...15% має місце спад міцності на 3 добу (порівняно з аналогом без добавок) та відчутне зростання міцності (до 10%) на 7 добу. Оптимальна кількість введення вапняку до складу білого цементу становить 10%, однак зростання міцності має місце тільки в ранні терміни, а на 28 добу досягнений ефект майже нівелюється (порівняно з аналогом без добавок).

При введенні до пластифікованої цементної композиції нанокарбонатних добавок різного агрегатного стану на ранніх термінах твердіння трохи краще працює добавка у вигляді порошку: на 3-ю добу міцність таких зразків на 5...17 % перевищує міцність зразків, модифікованих нанокарбонатною дисперсією; на 7 добу показники міцності зразків при використанні нанокарбонатних добавок різного агрегатного стану майже не відрізняються, а на 28 добу найбільш міцними є зразки, що модифіковані нанокарбонатною дисперсією в кількості 2,5%. Ефект підвищення міцності порівняно з бездобавочною композицією становить майже 22%.

При використанні в якості карбонатної добавки дисперсії з розміром зерен (до 300 нм) має місце гальмування процесу перекристалізації еtringіту в моносольфатну форму та направлене утворення карбонатного еtringіту [2, 3], що надалі виступає як підкладка для направленої кристалізації волокнистих гідросилікатів кальцію. В той же час при додаванні до складу білого портландцементу нанокарбонатних добавок, як у вигляді порошку, так і дисперсії, в пізні терміни твердіння (після 28 діб) має місце їх зв'язування у термодинамічно стабільні сполуки типу скоутиту, що буде гарантувати стабільність у часі не тільки міцності, але й інших експлуатаційних властивостей отриманих матеріалів на їх основі.

Враховуючи особливості технології введення добавок у будівельній галузі, модифікація білого цементу нанокарбонатною дисперсією може бути використана при виготовленні декоративних будівельних розчинів та бетонів, а модифікація нанодобавкою у вигляді порошку краще підійде при отриманні сухих будівельних сумішей.

[1] Белый портландцемент/ Зубехин А.П., Голованова С.П., Кирсанова П.В. под ред А.П.Зубехина. - Ростов на дону, 2004. - 263 с.

[2] Пушкарьова К.К., Гадайчук Д.Р., Кушнерова Л.О., Мазур В.О., Іонов Д.С. Особливості процесу гідратації мінералу С₃А в присутності нанокарбонатних добавок//«Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка» № 64 (ISSN 2413-7693) – 2021. Київ – с. 28-33.

[3] Elmer T. Carlson and Horace A. Berman /Some Observations on the Calcium Aluminate Carbonate Hydrates// J Res Natl Bur Stand A Phys Chem. 1960 Jul-Aug; 64A(4): 333–341, published online 1960 Aug 1. doi: [10.6028/jres.064A.032](https://doi.org/10.6028/jres.064A.032)

**ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРИ
ВИРОБНИЦТВІ ПОРИСТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО
ТВЕРДНЕННЯ**

**REDUCED HOSES OF ENERGY STORAGE WHEN VIBRATING POROUS
CONCRETE AUTOCLAVE SOLID**

д-р техн. наук В.Р. Сердюк¹, канд. техн. наук Д.Г. Рудченко²

¹Вінницький національний технічний університет (м. Вінниця)

²ТОВ «Аерок» (м. Обухів)

V.R. Serdyuk¹, Dr.Sc (Tech.), D.G. Rudchenko², PhD(Tech.)

¹Vinnitsia National Technical University (Vinnitsia)

²Aerok LLC (Obukhov)

Газобетон автоклавного тверднення на сьогодні являються основним стіновим матеріалом, який стрімко витісняє з будівельному ринку традиційні стінові метериали – глиняну, силікатну цеглу, керамзитобетон. За загальними обсягами його виробництва Україна потіснила Німеччину і вийшла на 4 місце в Європі після РФ, Туреччини і Польщі.

Доля автоклавного газобетону в стінових матеріалах в 2020 році зросла до 53%, а обсяги виробництва дещо перевищив 4 млн. м³. В Київській області виробляється 60% газобетону. В західній частині країни працює тільки один завод в Тернополі, на який приходить 2% загального виробництва цього матеріалу. Протягом наступних 2-3 років передбачено будівництво ще 2-х нових заводи у Львівській області.

Зростання додаткової вартості газобетону для кінцевого його споживача пов'язано з витратами на великі відстані його транспортування. За даними офіційної статистики Україна імпортує майже 80% палива (бензин, дизель).

Виробництво автоклавного газобетону, крім енергоємної автоклавної обробки, яка проводиться при 200 °С і надлишковому тиску перегрітої пари 12-14 бар, потребує високо енергозатратних сировинних компонентів - цементу та вапна. Як не парадоксально звучить, вапно, попри меншу енергоємність виробництва, для українських виробників газобетону обходиться дорожче цементу.

Виробництво цементу в світі за останніми даними МЕА відповідальне за 10% викидів CO₂. Основними джерелами викидів CO₂ у виробництві цементу є прямі викиди від процесу кальцинації (50 %), спалювання палива (40 %) та непрямі викиди, пов'язані зі споживанням електроенергії (10 %) [1].

Автоклавна обробка газобетонної суміші проводиться при температурі близько 200 °С і надмірному тиску перегрітої пари 12-14 бар. Додаткові енерговитрати приходяться на помел піску і безперервну гомогенізація піщаного шламу, транспортні витрати та ін.

Постійно продовжується пошук технологічних рішень, направлених на

зменшення енергетичної складової у вартості автоклавного газобетону. Зменшення енергоємності виробництва цементу і цементних матеріалів, емісії CO₂ передбачає заміну традиційного викопного палива на менш вуглецеве, заміщення частини цементного клінкеру активними мінеральними добавками природного та техногенного походження.

Режими автоклавної обробки газобетону на сучасних заводах німецького виробництва добре відпрацьовані (передбачений перепуск пари в автоклави, тепла енергія, яку містить конденсат використовується для різних господарських і технологічних цілей.

Економія енергетичних і матеріальних ресурсів при виробництві газобетону досягається переважно за рахунок реалізації двох основних напрямків - це зменшення густини газобетону при збереженні його міцності та використання природних і техногенних мінеральних добавок. На момент розпаду СРСР автоклавний газобетон вироблявся з середньою щільністю 643 кг / м³ [2].

На сьогодні середня густина автоклавного газобетону, що виготовляється в пострадянських країнах становить приблизно 500 кг / м³, наприклад, в РФ в 2020 році вона становила 507 кг / м³, в Україні виготовляється газобетон густиною 400-500 кг / м³, а густиною 600 кг / м³ практично не виробляється, середня його густина дещо більше 450 кг / м³.

Компанії «Аерок» першою на території пострадянського простору розпочала масштабне виробництво конструкційно-теплоізоляційного газобетону марки D300 з міцністю на стиск не менше 2,5 МПа, що відповідає вимогам кращих європейських виробників і не має аналогів в СНД і газобетону D150. Розподіл обсягу випуску газобетону «Аерок» за густиною: 25% густина D150- D300; 54% - D400 і 20% D500 [3].

Проведені нами дослідження підтверджують технологічну доцільність використання добавки опоковидного мергелю, доменного гранульованого шлаку [4-5] в складі автоклавного газобетону.

[1] Friedrich W. Locher, "Cement – Principles of production and use," Verlag Bau+Technic GmbH, 2006, 536 p.

[2] Коровкевич В.В., Пинскер В.А. и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. – Ленинград, ЛенЗНИИЭП, 1989. – 284 с.

[3] Рудченко Д. Г., Сердюк В. Р. Пути энергосбережения при использовании и производстве газобетона низкой плотности. Будівельні матеріали та вироби. №1-2 (102).2021. –С.4-10.

[4] Сердюк В.Р., Д.Г. Рудченко Д.Г. Перспективи використання карбонатної мінеральної сировини Поділля в технології виробництва автоклавного газобетону. Вісник ВПІ., 2020. вип. 5.-С. 7–16.

[5] Рудченко Д.Г., Дюжилова Н.О., Сердюк В.Р. Вісник ОДАБА 2020. № 79, -С. 117-126.

**ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ЕПОКСИУРЕТАНОВИХ СКЛАДІВ ДЛЯ ВІБРОЗАХИСТУ
МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ**

**STUDY OF VISCOELASTIC PROPERTIES OF EPOXYURETHANE
COMPOSITIONS FOR VIBRATION PROTECTION OF METAL
PRODUCTS**

*канд. техн. наук А.В.Скрипинець¹, канд. техн. наук Н.В.Саєнко¹,
канд. техн. наук Р.О.Биков¹, В. Коврига¹,
канд. техн. наук І.Г. Маладика²*

¹*Харківський національний університет будівництва та архітектури (Харків)*

²*Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України (Черкаси)*

*A. V. Skripinets¹, PhD (Tech.), N. V. Saienko¹, PhD (Tech.),
R. A. Bikov¹, PhD (Tech.), V. Kovryha¹, I. H. Maladyka², PhD (Tech.)*

Kharkiv national university of civil engineering and architecture (Kharkiv)

²*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of
National University of Civil Defense of Ukraine (Cherkasy)*

На даний час проблема зниження рівня вібрації є актуальною у всіх галузях промисловості (у будівництві, космічній техніці, транспорті тощо). З розвитком сучасних промислових технологій з'являється необхідність захисту будівельних металевих конструкцій і виробів від підвищеного рівня вібрації і шуму за допомогою різних вібропоглинаючих матеріалів [1].

Створення таких ефективних вібропоглинаючих матеріалів на основі полімерів вирішували шляхом модифікація полімерних епоксидних матеріалів за допомогою введення в їх структуру олігомерів з уретановими ланками, що дозволяє цілеспрямовано поліпшити пружно-деформаційні характеристики епоксидних полімерів [2]. Таким чином, регулювання в'язкопружних властивостей можливо досягти не тільки за рахунок синтезу нових полімерних матеріалів, але і за допомогою модифікації структури і властивостей вже відомих полімерних матеріалів.

Відомо [3], що в'язкопружні характеристики визначаються показниками: тангенсом кута механічних втрат ($\text{tg}\delta$), динамічним модулем зсуву (G') і модулем втрат (G''). Внутрішні механічні втрати енергії обумовлені молекулярними релаксаційними процесами, що проявляються при фазовому зсуві між напругою і деформацією в матеріалі та пов'язані з початком сегментальної рухливості головною полімерного ланцюга.

В'язкопружні властивості епоксиуретанових полімерів були досліджені методом динаміко-механічного аналізу (ДМА) на крутильному маятнику [4] при частоті 1 Гц в інтервалі температур від -110°C до 100°C . В результаті досліджень отримані температурні залежності модуля зсуву і тангенса кута механічних

вtrat.

Крім хімічної будови олігомерного ланцюга та фізичних вузлів сітки, обумовлених міжмолекулярною взаємодією, багато експлуатаційних властивостей сітчастих в т.ч. епоксиуретанових полімерів значною мірою визначаються параметрами просторової сітки (середня молекулярна маса відрізків макромолекул між вузлами сітки (M_c)), а також ефективною щільністю зшивання (n_c) [5].

Модуль високоеластичності $E_{вс}$ досліджених полімерів визначали при одноосьовому стисканні за температурою, що перевищує температуру склування на $50\text{ }^\circ\text{C}$ і за наведеними співвідношеннями обчислювали M_c і n_c [5]. Зразки полімерів отверджували протягом 7 діб при $25\text{ }^\circ\text{C}$ (холодне отвердження – режим I) і при термообробці – 24 год ($25\text{ }^\circ\text{C}$) і 4 год при $100\text{ }^\circ\text{C}$ (режим II).

В якості об'єктів дослідження обрані трьохфункційний олігоциклокарбонат марки Лапролат-803 (ОЦК) і модифікуючі епоксидні олігомери марок ЕД-20, Т-111 і УП-655. Загальним отверджувачем був обраний диетилентриамін (ДЕТА).

Виходячи з результатів проведених досліджень, можна відзначити, що розробленні епоксиуретанові полімерні склади поблизу температури склування характеризуються високими значеннями $\text{tg}\delta = 0,7-0,98$. При цьому, більш високі значення модуля втрат G'' серед складів мають епоксиуретанові композити, модифіковані Т-111 і ЕД-20. Однак, при підвищенні температури композити переходять в високоеластичний стан, де модуль зсуву і відповідно модуль втрат зменшуються. Тому рівень вібродемпфіруючої здатності в високоеластичному стані, яка простягається від -20 до $+80\text{ }^\circ\text{C}$ і вище можна оцінити за величиною механічних втрат. Найбільші значення $\text{tg}\delta = 0,45-0,47$ у високоеластичному стані спостерігаються для епоксиуретанових матеріалів на основі суміші ЕД-20:ОЦК і з практичної точки зору цей склад може бути використаний в якості основи для вібропоглинаючих матеріалів, працездатних як при понижених (менше $0\text{ }^\circ\text{C}$) так і помірних температурах ($0 \div +60\text{ }^\circ\text{C}$).

[1] A.V. Skripinets. Development and Evaluation of the Possibility of Using Epoxyurethane Mastic in Railway Transport / A.V. Skripinets., N.V. Saienko, O. Hryhorenko, A. Berezovskiy // Selected, peer-reviewed papers from the International Scientific Applied Conference "Problems of Emergency Situations" (PES 2020), May 5-20, 2020, Ukraine, Kharkiv, Vol.1006, PP. 273-281. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.273

[2] Yu.M. Danchenko, A.V. Skripinets, A.V. Kabus, Study of technological and physico-chemical laws for the manufacture of vibration-absorbing products based on epoxyurethane polymer compositions, East European Journal of Advanced Technology, 75(2015) 4-8 [in Russian].

[3] Нашиф А. Демпфирование колебаний / Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж.; пер. с англ. Л. Г. Корнейчук. – М. : Мир, 1988.- 448 с.

[4] Шут М. І., Використання методу релаксаційної спектроскопії в курсі загальної фізики / М. І. Шут, А. В. Касперський – К. : КДПІ, 1990. - 40 с.

[5] Бартнев Г. М., Физика полимеров / Г. М. Бартнев, С. Я. Френкель – Львов: Химия, 1990. - 432с.

**КОРОЗІЙНОСТІЙКИЙ ОБЛИЦЮВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ З
СЕРОГІПСОВОГО КОМПОЗИТУ**

**CORROSION RESISTANCE FACING MATERIAL
WITH SEROGYSE COMPOSITE**

*канд. техн. наук В.І. Тарасевич, канд. техн. наук Ю.Г. Гасан
Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

*V.I. Tarasevych, PhD (Tech), Y.G. Gasan, PhD (Tech)
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Ефективним способом підвищення водостійкості й покращення інших будівельно-технічних властивостей капілярно-пористих будівельних матеріалів, зокрема й на основі гіпсу, є їх просочення речовинами, здатними тверднути в поровому просторі цих матеріалів, що сприяє ущільненню структури й перешкоджає проникненню в них вологи.

Оптимальною просочувальною речовиною для модифікації гіпсобетонів є сірка, оскільки її розплав має ефективні просочувальні властивості, сильну адгезію до різних мінеральних наповнювачів і високу хімічну стійкість у різних агресивних середовищах.

Технологія просочення гіпсобетонних виробів включає наступні операції: виготовлення гіпсобетонних виробів за будь-якою традиційною технологією; сушка і нагрівання виробів до температури розплаву сірки (140...150 °С); просочення виробів розплавом сірки; охолодження виробів до температури навколишнього середовища.

В якості наповнювача використовували золу-винесення Ладижинської ТЕС. Відомо, що зола є ефективною добавкою до гіпсових в'язучих. У той же час, сірка має сильну адгезію до частинок золи і гіпсу. Для зниження в'язкості розплаву сірки й підвищення вогнестійкості в нього можна вносити різні добавки комплексної дії (стірол, дициклопентадієн та ін.)

В результаті лабораторних досліджень було вивчено процеси тепло- і масопереносу в гіпсобетонних зразках при нагріванні до температури розплаву сірки, а також досліджені порова структура й процеси структуроутворення в гіпсобетонних зразках при різних режимах термообробки й концентраціях наповнювача. На підставі цих досліджень розроблена технологія виготовлення виробів, що забезпечує оптимальні характеристики для просочення гіпсобетонних виробів в розплаві сірки.

Дослідження й врахування показників масопереносу при просочуванні гіпсобетонних виробів розплавом сірки дозволили оптимізувати технологію. Так, методом капілярного просочення на оригінальній лабораторній установці були виміряні коефіцієнти масопереносу по сірці. В результаті цих досліджень отримано залежності коефіцієнта масопереносу від температури розплаву сірки,

темпу нагрівання розплаву, концентрації наповнювача й водотвердого відношення.

Вироби, що виготовлені з композиційного матеріалу на основі гіпсу й сірки, мають наступні будівельно-технічні характеристики: межа міцності при стисненні, не менше 30,0 МПа; межа міцності при згині, не менше 6,0 МПа; коефіцієнт водостійкості, не менше 0,7; коефіцієнт корозійної стійкості, не менше 0,7; зносостійкість, не більше 0,3 г/см².

Проведеними дослідженнями встановлено, що вироби з композиційного матеріалу на основі гіпсу й сірки не включають до свого складу потенційно небезпечні для організму людини й навколишнього середовища сполуки; є хімічно стабільними і не виділяють в повітряне, водне та кислотне середовища нестабільних неорганічних сполук. На підставі висновку Головного санітарного лікаря України композиційний матеріал на основі гіпсу і сірки рекомендується при будівництві будівель груп "Б" і "В" (промислові і громадські будівлі) [1].

Аналіз основних будівельно-технічних характеристик композиційного матеріалу на основі гіпсу і сірки показує, що одержаний композит відрізняється високою міцністю, водо- і корозійною стійкістю до різних агресивних середовищ. Облицювальні плити, виготовлені з такого матеріалу, мають високі експлуатаційні характеристики і їх доцільно застосовувати в облицюванні будівель залізничної інфраструктури, дренажних систем, сховищ добрив, підлог і стін підприємств хімічної та харчової промисловості.

[1] Гасан Ю.Г., Тарасевич В.И., Долгошей В.Б. Исследование токсикологической безопасности производства и эксплуатации изделий из серогипсового композита. *Кераміка. Наука і життя*. 2019. №2 (43). С.15–17.

**ОСОБЛИВОСТІ ДОГЛЯДУ ЗА МОНОЛІТНИМ ДОРОЖНІМ БЕТОНОМ
В РАННІЙ ПЕРІОД**

**FEATURES OF CARE FOR MONOLITHIC ROAD CONCRETE IN THE
EARLY PERIOD**

*д-р техн. наук С.М. Толмачов¹, канд. техн. наук Д.С. Толмачов²,
канд. техн. наук О.А. Бєліченко¹*

*¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків),
²ТОВ «РС ІНЖЕНЕРІНГ» (м. Харків)*

*S.M. Tolmachov¹, Dr.Sc. (Tech.),
D.S. Tolmachov², PhD (Tech.), O.A. Belichenko¹, PhD (Tech.)*

*¹Kharkov National Automobile and Highway University (Kharkiv)
²LLC "RS ENGINEERING" (Kharkiv)*

У світі все більше зростають обсяги перевезень вантажів автомобільним транспортом. Сильно зростаюча інтенсивність перевезень і навантаження на вісь транспортного засобу призводять до руйнування покриттів з асфальтобетону. У цих умовах цементобетонні покриття в кілька разів довговічніші. В останні роки в Україні збільшується обсяг будівництва доріг з покриттями із цементного бетону. Цей вид покриттів вимагає більш суворого дотримання технологій, порушення яких, особливо технології догляду за твердіючим бетоном, може привести до поступового руйнування покриттів.

Особливу небезпеку для монолітного бетону, що твердіє являє випаровування із нього вологи. Це призводить до усадки і утворення тріщин, які, в свою чергу, ведуть до зниження довговічності бетону і його руйнування. Для боротьби з випаровуванням вологи застосовують нанесення на покриття плівкоутворювальних матеріалів (ПУМ), які представляють собою водні емульсії, найчастіше, на основі латексу або парафіну. Час нанесення емульсій залежить від температурно-вологісного режиму укладання, наявності та швидкості вітру, складу бетону та ін. Кількість різних за складом ПУМ, що наноситься на 1 м² покриття різна. В даний час в Україні відсутні будь-які критерії, що дозволяють оцінити, чи достатньо ефективний захист чи ні. До сих пір таку оцінку проводять візуально: з'явилися усадочні тріщини - значить захист проведений погано, тріщини відсутні - значить добре. З іншого боку, дослідження, проведені в ХНАДУ і деяких інших лабораторіях показують, що навіть при наявності усадочних тріщин з плином часу можливо їх закриття. Це може відбуватися за рахунок триваючої гідратації цементу в самій тріщині. Тому актуальним є розробка кількісної оцінки захисної здатності плівкоутворювальних складів і оцінка можливості відновлення властивостей бетону, в разі їх часткової втрати.

В середині 80-х років минулого століття дослідження СоюздорНІ дозволили встановити критичну величину вологовтрат, що дорівнює 0,055 г/см² за три доби

твердіння. Тобто, якщо втрати вологи не перевищували $0,055 \text{ г/см}^2$, то в подальшому бетон стає стійким до можливої пластичної усадки і утворення тріщин. Це досить обґрунтовано, якщо врахувати, що основні процеси структуроутворення проходять за перші 3 доби твердіння, а бетони на сучасних цементах до цього періоду часу мають міцність 80...90 % від міцності у віці 28 діб.

Проведені нами дослідження показали, що більшість застосовуваних в Україні ПУМ задовольняють вимогам за граничною величиною вологовтрат ($0,055 \text{ г/см}^2$ поверхні або $0,55 \text{ кг/м}^2$). При цьому було встановлено, що вологовтрати із піщаних бетонів при збільшенні витрати ПУМ з 200 до 400 г/м^2 змінюються незначно. Враховували також, що збільшення витрат ПУМ більше 400 г/м^2 може призводити до стікання ПУМ з поверхні покриття через ухил поперечного профілю дороги. У ряді країн в останні роки введено нову вимогу щодо забезпечення паропроникності бетону. Однак, оскільки оцінка паропроникності досить складна і вимагає спеціального обладнання, то була запропонована інша критична величина втрат вологи – не менше 100 г/м^2 за 3 доби твердіння. Тому, на нашу думку, найбільш ефективними з точки зору забезпечення паропроникності і мінімуму вологовтрат із бетону, є ПУМ, у яких вологовтрати наближаються за величиною до 550 г/м^2 .

Однією з причин утворення тріщин є контракція, тому що витрата цементу на практиці може досягати $430...450 \text{ кг/м}^3$. Обстеження ділянок покриття дороги показало, що ширина розкриття усадочних тріщин не перевищувала 1...2 мм. З плином часу кількість цих тріщин зменшувалася, хоча спеціальних методів догляду за бетоном не застосовували.

Слід зазначити, що при утворенні тріщини на її краях виникають різнойменні заряди і електроповерхневий потенціал, тому в цілому тріщина має схильність до «самозаліку». Однак, потрапляння в тріщину води або ПАР призводить до екранування електрогетерогенних контактів, виникненню однаково заряджених поверхонь, які будуть відштовхуватися, і, тим самим сприяти заростанню тріщини. В цьому проявляється ефект адсорбційного зниження міцності (ефект Ребіндера). Деякі дослідники відзначали, виникнення розклинюючого ефекту при попаданні води в тріщини, що призводить до зниження міцності бетону до 30 %. Однак, в подальшому, наявність води сприяє вторинній гідратації всередині тріщин, «самозаліку» тріщин і збільшенню міцності бетону на 20...25 %.

У дослідженнях В.М. Вирового, з якими узгоджуються наші дослідження, була висловлена гіпотеза про те, що в разі, якщо кількість і зростання продуктів гідратації буде вищою за швидкість розвитку тріщини, то новоутворення будуть відкладатися всередині тріщини і «самозаліковувати» її. Вона знайшла підтвердження в експериментах, проведених нами і на практиці. Причому ширина розкриття тріщин на поверхні бетону досягала 2...3 мм.

Наші дослідження показали, що при твердінні бетону в повітряно-сухих умовах за 3 доби він втрачає до 63 % всієї води. Це призводить до зниження міцності на 50 %. Однак, якщо після 3 діб такого твердіння бетон помістити у вологе середовище (воду), то до 28 діб його міцність відновлюється до 97 % в порівнянні з бетоном, який твердів в умовах 95...100 % вологості. Також було

показано, що існує критична величина втрат вологи, до досягнення якої, властивості бетону, що різко знизилися за рахунок вологовтрат відновлюються, якщо для подальшого твердіння бетон помістити у вологе середовище. Ця величина була визначена в кількості 2000 г/м². Це приблизно в 3,6 разів більше, ніж гранична величина вологовтрат, що рекомендована раніше в кількості 550 г/м².

УДК 624.21:69.059.2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАЙБІЛЬШ РОСПОВСЮДЖЕНИХ ДЕФЕКТІВ МОСТІВ НА ЗАЛІЗНИЦІ УКРАЇНИ

TOTAL CHARACTERISTIC OF THE MOST WIDESPREAD BRIDGE DEFECTS ON UKRAINIAN RAILWAYS

д-р техн. наук Л. В. Трикоз, Р.В. Юрченко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

L. V. Trykoz, Dr.Sc (Tech.), R.V. Yurchenko

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Обстеження мостів є важливою частиною забезпечення їх експлуатаційної надійності. Під час оглядів можна виявити багато дефектів, які визначають умови руху, термін служби та вартість експлуатації. Погіршення стану мостів вимагає ефективних методів оцінки стану та обслуговування, а також відповідних методів їх ремонту та відновлення. Дана робота спрямована на систематизацію дефектів залізобетонних мостів для визначення ефективного методу відновлення їх технічного стану. Для досягнення цієї мети у період з 2017 р. по 2021 р. було обстежено понад 100 залізобетонних мостів на залізницях України. Прогонові будови, підферменні блоки та опори були обстежені візуальними та інструментальними методами. Оцінювалося швидкість ультразвукового імпульсу, опір проникненню, степінь корозії арматури та товщина захисного шару бетону. Під час обстеження було визначено три категорії дефектів. Перша не впливає на рух поїздів (наприклад, тріщини вздовж робочої арматури з розкриттям до 0,3 мм). Друга може обмежити рух поїзда (наприклад, корозія робочої арматури з ослабленням перерізу на 20 %). Третя категорія загрожує безпечній експлуатації залізниці (наприклад, руйнування бетону на торцевій ділянці в місцях встановлення анкерів). На українських залізницях використовуються три основні види ремонту: торкретування, улаштування металевої обойми, нанесення водонепроникного шару. Однак раніше зв'язок між типом дефекту та методом відновлення не оцінювався.

При обстеженні залізобетонних мостів було виявлено велику кількість різноманітних дефектів, що виникли в результаті динамічного впливу руху поїздів, агресивної дії навколишнього середовища, блукаючого струму на

електрифікованих ділянках та розвиток дефектів, що були утворені при виготовленні конструкції, транспортуванні та монтажі. Результати обстеження приведені в таблиці.

Таблиця 1. Розподіл дефектів конструкцій мостів за видами

№ п/п	Найменування дефекту	Кількість дефектів, %
1	Руйнування бетону прогонової будови біля опорних частин	11
2	Тріщини вздовж стержнів робочої арматури прогонової будови	11
3	Відшарування захисного шару прогонової будови	13
4	Відшарування захисного шару та тріщини підферменного блоку	10
5	Тріщини в тілі опори	10
6	Вилуговування цементного каменю прогонової будови	9
7	Раковини та сколи бетону в прогоновій будові	11
8	Корозія арматури прогонової будови	18
9	Вилуговування цементного каменю стоянів	7

Як свідчать дані таблиці, найбільш розповсюдженим дефектом є корозія арматури прогонової будови (18 % усіх виявлених дефектів). Це врешті решт призводить до розвитку інших дефектів та зниження несучої здатності всієї споруди. Вдвічі менше випадків (7-9 %) припадає на вилуговування цементного каменю стоянів та прогонових будов. Інші дефекти зустрічаються з майже однаковою вірогідністю (10-13 %). Слід зауважити, що корозія арматури прогонової будови зустрічається частіше, ніж відшарування захисного шару бетону. Хоча де-які дослідники вважають друге явище причиною першого дефекту. Отже, існують не тільки зовнішні, але й внутрішні причини виникнення корозії арматури.

Показано, що найбільш ймовірними причинами дефектів є природний вплив (заморожування-відтавання, зволоження-висушування), техногенні фактори (вібрація поїзда, струми витоку) та технологічні недоліки (незадовільне виробництво або монтаж). Запропоновано зіставити зовнішні ознаки пошкодження з причинами їх появи та методами відновлення. Важливо, щоб методи ремонту та захисту конструкцій призначалися відповідно до їх експлуатаційного стану (незадовільний стан вимагає негайного відновлення конструкції або її заміни), а також причин появи дефектів (руйнівні дії). Ці методи повинні запобігти майбутньому руйнуванню або захистити конструкції.

**СУЧАСНЕ БЕТОНОЗНАВСТВО: ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ, ПРИНЦИПИ,
ІНФОРМАТИЗАЦІЯ**

**MODERN CONCRETE SCIENCE: FUNCTIONALITY, PRINCIPLES,
INFORMATIZATION**

*докт. техн. наук О.В. Ушеров-Маршак, канд. техн. наук О.В. Кабусь,
канд. техн. наук І.А. Міхеєв
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*O.V. Usherov-Marshak, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Kabus, PhD (Tech.),
I.A. Mikheev, PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Ознаки, що визначають прогрес, виробництво і застосування бетону – багатокомпонентність, гетерогенність, функціональність, сумісність, технологічність, наукоємність та цифровізація. Сучасні бетони все більше наповнюють інформаційну сферу розумних будівельних матеріалів.

Функціональність, як поняття матеріалознавства визначає, можливості матеріалу виконувати одну або декілька функцій на технологічних та експлуатаційних стадіях. Наприкінці ХХ століття основна концепція бетону з заданими властивостями доповнилась і навіть змінилась на концепцію високофункціональних бетонів – High-Performance Concrete (HPC). Її справедливість і своєчасність підтверджується освоєнням бетонів нового покоління з саморегульованими, унікальними функціями. Перш за все – це високотехнологічний самоущільнюючий бетон (СУБ) з високофункціональними добавками, який став лідером ринку бетонів. Можна додати бетони з функціями самолікування, самоочищення, самодіагностики, прозорості та інш.

Нова, можна сказати, революційна концепція отримала розвиток у вигляді Ultra High-Performance Concrete (UHPC) стосовно ексклюзивних бетонів з високими показниками міцності (більше 120 МПа), щільності, зносостійкості.

Масова номенклатура бетонів, які традиційно називають рядовими, підтримується концепцією бетонів з заданою (певною) функціональністю – Define-Performance Concrete (DPC). Широке коло таких бетонів характеризується відносно невисокими показниками властивостей.

Основні принципи бетонознавства, що узагальнюють апарат і науково-технологічні уявлення, базуються на адаптації фізико-хімічного апарату і засобів інформатизації укладаються у три базові блоки: фізико-хімічний, технологічний та інформаційний. Вони охоплюють наукові підстави бетонознавства, їх практичне застосування та інформаційне забезпечення.

Обґрунтовано при цьому термодинамічний характер мимовільності та термокінетичні особливості безперервних реакцій гідратації в'язучих та процесів твердіння бетонів. Раніше було встановлено явище функціональної

селективності дії і сумісності компонентів, особливо цементів с добавками, які визначають ефективність технологічних рішень. Багатокомпонентність – чинник ускладнення їх реалізації потребує значного об'єму кількісної інформації, адекватної чи симетричної в сенсі системи «наука-експеримент-практика». Головна вимога – відповідність технологічних рішень принципам бетонознавства, що забезпечують безперервне та безперешкодне здійснення потрібних функцій з урахуванням умов і тривалості функціонування бетону.

Інформаційні технології бетону використовують елементи ІТ на окремих етапах проектування, виготовлення, контролю за допомогою інформації, отриманої в результаті лабораторних випробувань і моніторингу процесів твердіння та формування властивостей бетону.

В ХНУБА в цьому напрямку розроблені комп'ютерні програми інформаційних систем температурно-часового моніторингу (ТЧМ) впливу добавок на твердіння цементів і бетонів. Система ТЧМ реалізована у вигляді функціонально-кінетичного аналізу технологічних рішень для бетонів різного призначення з добавками на основі калориметричної інформації. Своє місце знаходить розроблена також в ХНУБА інформаційно-термінологічна система (ІТС) на підставі систематизації понять і термінів фундаментальних наук у вигляді лексикону бетонознавства. Терміносистема як-би відсікає велику кількість надуманих непотрібних понять і визначень, що засмічують наукову літературу про бетон.

Інформаційний підхід – основа технологій цифрового бетону (Digital Concrete), який вже сьогодні реалізуються у адитивних технологіях 3D-друку виробів і конструкцій. Перспективна технологія пошарового екструзивного друку з бетону, властивості якого – реологічні, швидкості твердіння і набору міцності взаємопов'язані з параметрами друку контурів конструкції – товщини і довжини шару в часі. Застосовуються різні типи будівельних принтерів – стаціонарні, мобільні, летаючі, крокуючі і навіть плаваючі. В якості компонентів дрібнозернистих бетонів використовуються швидкотверднучі цементи, хімічні і мінеральні добавки, фібра.

Технологічне мислення ХХІ століття означає інтеграцію технологій з комп'ютерними моделями і інформаційно-обчислювальними засобами, здатними створювати, зберігати та застосовувати науково обґрунтовану доцільну інформацію на стадіях виробництва та функціонування бетону.

"Технології обумовлені станом знань та засобів досягнення мети." Так лаконічно і образно більше півстоліття тому визначив видатний польський філософ і фантаст Ст. Лем. Наступаюча епоха цифрових технологій взагалі, і технологій бетону зокрема, підтверджує справедливість вислову автора.

**ПОВЕРХНЕВІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ
ДЕРЕВИНИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ЗАХИСНИМ ПОКРИТТЯМ**

**SURFACE PROPERTIES OF THERMALLY MODIFIED WOOD AT
INTERACTION WITH PROTECTIVE COATING**

*д-р техн. наук Ю.В. Цапко^{1,2}, канд. техн. наук О.Ю. Горбачова²,
канд. техн. наук О.П. Бондаренко¹, канд. техн. наук С.М. Мазурчук²*

¹Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

²Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

*Yu. V. Tsapko^{1,2}, Dr.Sc. (Tech.), O. Yu. Horbachova², PhD (Tech.),
O.P. Bondarenko¹, PhD (Tech.), S.M. Mazurchuk², PhD (Tech.)*

¹Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

В будівництві все більш інтенсивно ведеться пошук нових високоефективних способів захисту деревини від руйнування. Оскільки захист деревини сьогодні повинен не тільки підвищувати її експлуатаційні параметри, а й вирішувати екологічну безпеку. Одним з методів підвищення рівня експлуатації є термічне модифікування деревини, яке широко застосовується в деревообробній промисловості, оскільки підвищує стійкість матеріалу до чинників зовнішнього середовища. В результаті зменшення гігроскопічності деревини сприяє стабільності розмірів обробленого матеріалу, оскільки набрякання та всихання в основному пов'язані з явищами поглинання та десорбції води. Однак, при модифікуванні деревини (зокрема тривалості та температури впливу) не завжди досягається необхідна стійкість до проникнення в деревину тих чи інших чинників, зокрема, води, а застосування такої деревини призводить до її швидкого руйнування.

Автори досліджували змочуваність деревини сосни звичайної, термічно обробленої олією та модифікованої деякими промисловими покриттями на водній основі [1]. Підвищення гідрофобного характеру модифікованої деревини було виявлено через високі кути контакту води. На відміну від них, зовнішні водяні покриття демонстрували набагато краще змочування на модифікованих підкладках, ніж на немодифікованих. Хороше змочування модифікованої деревини водними покриттями є цікавим результатом. Але залишається невирішеним питання, які пов'язані з встановленням температури модифікації, що знижує якість отриманих результатів.

Все це дає підстави стверджувати про доцільність проведення дослідження, присвяченого визначенню параметрів, які забезпечують сумісність спільної дії з покриттям, а також впливу на механізм перетворень деревини при термічному модифікуванні та її оброблені. Тому метою роботи є виявлення закономірностей зміни поверхневих енергетичних характеристик при термічній модифікації деревини та при створенні на поверхні захисного покриття, що дає можливість

обґрунтувати застосування таких виробів та розширити сферу застосування термомодифікованої деревини.

Для встановлення енергетичних характеристик матеріалів використовували зразки дубового шпону, як необроблений, так і термічно модифікований та при застосуванні захисного покриття, що утворює на поверхні безбарвну плівку та здатне створити на поверхні захисний шар.

Проведення випробування: на зразок за допомогою піпетки наносилася крапля захисного засобу. Після досягнення краплею рівноважного стану були визначені її висота і діаметр за допомогою мікроскопа. За даними крайових кутів була розрахована вільна енергія поверхні за методом Фоукса. Результати визначення крайового кута змочування тестовими рідинами і визначення відповідних компонентів вільної енергії поверхні деревини наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Крайовий кут змочування та складова вільної енергії поверхні деревини

Термічно модифікована деревина	Крайовий кут змочування, θ , °		Вільна енергія поверхні, мДж/м ²			Полярність
	Вода	Етиленгліколь	Загальна	Поляр-на	Дисперсна	
немодифікована	44,2	25,1	85,3	43,7	41,6	51,2
за температури 220°C і часу 10 хв	68,2	42,8	56,6	20,3	35,5	35,8
за температури 220°C і часу 20 хв	76,1	44,2	44,1	14,7	30,2	33,3
за температури 220°C і часу 30 хв	84,4	61,2	40,3	12,4	28,5	30,7
за температури 250°C і часу 10 хв	78,6	61,3	37,7	10,8	25,9	28,6
за температури 250°C і часу 20 хв	84,6	62,8	34,4	9,7	24,7	28,2
за температури 250°C і часу 10 хв	98,6	63,3	22,3	5,6	16,7	25,1

Висновки: при нанесенні захисного покриття на термічно модифіковану деревину на поверхні підкладки не відбувається помітного руйнування внутрішньомолекулярних зв'язків, але збільшується впорядкованість підкладки. Взаємодія покриття здійснюється з гідроксильними групами целюлози і з карбоксильними групами лігніну. Крім того, поверхнєве покриття отриманих композитів з термічно модифікованої деревини захисними покриттями призводить до вирівнювання полярностей гідрофобних сполучних і гідрофільного компонента деревини, що сприяє посиленню молекулярної взаємодії між контактуючими фазами.

[1] M. Gaff, F. Kačík, M. Gašparík, L. Makovická, L. Osvaldová, H. Čekovská. (2019). The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. *Construction and Building Materials*. 200. 551-558.

**ВОГНЕЗАХИСТ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ
ІНТУМЕСЦЕНТНИМ ПОКРИТТЯМ**

**FIRE PROTECTION OF THERMALLY MODIFIED WOOD WITH
INTUMESCENT COATINGS**

*д-р техн. наук Ю.В. Цапко^{1,2}, канд. техн. наук О.П. Бондаренко¹,
канд. техн. наук О.Ю. Горбачова², канд. техн. наук С.М. Мазурчук²*

¹Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

²Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

***Yu.V. Tsapko^{1,2}, Dr.Sc. (Tech.), O.P. Bondarenko¹, PhD (Tech.),
O.Yu. Horbachova², PhD (Tech.), S.M. Mazurchuk², PhD (Tech.)***

¹Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Деревина, широко застосовується в будівництві й архітектурі завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям, але під впливом атмосферних чинників руйнується. З метою підвищення рівня експлуатації будівельних конструкцій з деревини проводиться її термічне модифікування, суть якого полягає в наданні деревині здатності протистояти, наприклад, дії вологи та запобігати біологічній деструкції деревини, але така деревина є горючою. Тому важливою проблемою забезпечення життєдіяльності та безпечного функціонування об'єктів будівництва є розроблення, з економічної, технологічної та екологічної точок зору, інтумесцентних покриттів для термічно модифікованої деревини, що уможливило запобігання виникненню техногенних аварій.

Найпростіші вогнезахисти засоби на основі неорганічних в'язучих матеріалів містять у своєму складі зв'язану воду, яка під час нагрівання випаровується і блокує перенесення тепла до обробленої поверхні. У якості зв'язки використовують здебільшого натрієве рідке скло, портландцемент, глиноземистий цемент, фосфатні і алюмосилікатні в'язучі [1]. Такі матеріали характеризуються незначною еластичністю, при дії температурного фактору в навколишнє довкілля виділяють тільки водяні пари [2]. Однак такі покриття є недовговічними та не ефективними, а також не забезпечують достатньої адгезійної міцності, оскільки вони мають великий температурний коефіцієнт лінійного розширення.

Тому встановлення ефективності вогнезахисту термічно модифікованої деревини є невирішеною складовою забезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій, що обумовило необхідність проведення досліджень у даному напрямку.

Проведені дослідження ставили за мету визначити особливості вогнезахисту термічно модифікованої деревини інтумесцентним покриттям.

Для встановлення індексу горючості будівельної конструкції використовували зразки термічно модифікованої деревини, необробленої та обробленої вогнезахисним інтумесцентним покриттям на основі органічних та неорганічних речовин. Після термічної дії визначали пожежонебезпечні властивості та механізм вогнезахисту (рис. 1).



Рис. 1. Результати утворення захисного шару коксу при дії полум'я на вогнезахисний зразок термічно модифікованої деревини.

Розраховано індекс горючості зразків деревини (табл. 1).

Таблиця 1. Час проходження фронтом полум'я контрольних точок

Зразок очерету	Темпера-тура димових газів, °С		Час займ., с	Час проходження фронтом полум'я ділянок зразка, с									Час досягнення T_{max} , с	Довжина горіння зразка, м	Індекс горючості
	T_1	T_{max}		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Необроб.	52	226	52	70	81	85	96	99	98	-	-	-	200	220	79,8
Вогнезах. покриттям	51	76	597	-	-	-	-	-	-	-	-	-	598	22	0,32

Під час випробувань дослідних зразків було встановлено, що необроблений зразок зайнявся на 52 с, полум'я поширилося по всьому зразку протягом 100 с, натомість, зразок вогнезахисний інтумесцентним покриттям, а саме, у кількості 260 г/м², зайнявся на 597 с, поширення полум'я поверхнею відбулося тільки на першу ділянку, максимальна температура димових газів становила 76 °С за час, більший понад 5 разів, а індекс горючості знизився до 0,32.

Таким чином, гальмування процесу займання та поширення полум'я для вогнезахисного зразка пов'язане з розкладом антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів (азот, діоксид вуглецю), зміною напрямлення розкладання в сторону утворення негорючих газів і важкогорючого коксового залишку.

[1] Tsapko Yu., Tsapko A. Establishment of the mechanism and fireproof efficiency of wood treated with an impregnating solution and coatings. East European Journal Enterprise Technologies. – Vol. 3, №10 (87), 2017. – p. 50-55.

[2] Tsapko Yu., Kyrycyok V., Tsapko A., Bondarenko O., Guzii S. Increase of fire resistance of coating wood with adding mineral fillers. MATEC Web of Conferences 230, 02034 (2018), Proceed. 7th International Scientific Conference "Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings". – Transbud-2018. – Kharkiv; 14-16 November, 2018. – Kharkiv, Ukraine, 2018. – 6 p.

**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ
АРМУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ**

**ANALYSIS OF EXISTING MATERIALS APPLICABLE TO
REINFORCEMENT OF ROADWARE AND THEIR PROPERTIES**

канд. техн. наук О.П. Шимчук

Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)

O.P. Shymchuk, PhD (Tech.)

Lutsk Nation Technical University (Lutsk)

В результаті циклічного прикладання статичних і динамічних навантажень на верхню частину дорожнього покриття відбувається об'ємна деформація зернистих шарів через переміщення, локального руйнування і поворотів частинок, що негативно впливає на міцність конструкції в цілому і може виражатися в розвитку відомих руйнувань дорожнього одягу, як, наприклад – колійність, зсуви, напливи і т.д.

При цьому дискретний матеріал, не має здатності чинити опір розтягуванню і має обмежені величини опору зрушенню твердих частинок одна відносно одної.

У практиці дорожнього будівництва широко поширені проміжні конструктивні шари, виконані з щебеню, гравію та інших необроблених в'язучих зернистих матеріалів, що сприяє утворенню мікрозсуву в контактній зоні з ґрунтом, які під дією постійних навантажень накопичуються і призводять до порушення цілісності дорожнього покриття і погіршення транспортно-експлуатаційних показників дороги [1], [2].

Одним з рішень цієї проблеми може служити армування основ з зернистих матеріалів геотекстильними прошарками.

В даний час як в Україні так і за кордоном в дорожньому будівництві все активніше впроваджуються геосинтетичні матеріали в якості армуючих конструктивних елементів дорожніх одягів, для зміцнення основи і укосів насипу земляного полотна, в якості гідроізолюючих шарів і т.д.

Під армуванням розуміється використання в ґрунтових конструкціях деяких спеціальних елементів, які дозволяють покращити механічні властивості ґрунту. При роботі армуючі елементи, маючи контакт з ґрунтом, роблять перерозподіл навантаження між ділянками конструкції, при цьому забезпечуючи передачу напружень з зон перевантажених на сусідні, які є недовантажені. Такі елементи можуть виготовлятися з різних матеріалів, які працюють на розтяг: метал, залізобетон, полімерне волокно, каучуки, гума тощо.

Максимально підходять по придатності для армування ґрунтів геосинтетичні матеріали, які мають унікальні властивості: висока міцність та стійкість до низьких температур, дії агресивного середовища, опірність до корозії і гниття, підвищена довговічність [3].

На сьогоднішній день для армування дорожніх одягів використовуються такі геосинтетичні матеріали: геосітки з полімеру і георешітки, георешітки із сталевими дротами.

Геосинтетичні сітки і геосинтетичні решітки застосовуються для армування різних шарів дорожнього одягу. Використовуватися георешітки можуть для підсилення слабких основ, яке має на меті знизити прогин та підвищити зсувостійкість. Крім того, георешітками можна армувати шар асфальтобетонного покриття, при цьому підвищуючи міцність на розтягнення і вигинання, через що знижується тріщино- і колієутворення.

Георешітки застосовуються для армування підпірних стін та укосів, для розділення шарів із різних матеріалів. Геосинтетичний матеріал, який має великий об'єм, як правило, використовується для армування укосів і тіла насипу [4].

Матеріали, з яких виготовляються елементи для армування, можуть бути різними: полімери, каучуки, матеріали зі скловолокна, матеріали із вуглеволокна, гуми, метали і т.д.

Георешітки зі сталевими проволоками мають досить високі механічні характеристики, в тому числі модуль пружності. При цьому вартість таких георешіток менша, ніж вуглеволоконних виробів. До їх недоліків можна віднести піддатливість до корозії, а це в свою чергу вимагає захисних заходів; утруднення при об'єднанні в вузлах окремих ребер. Такі фактори призводять до збільшення вартості георешіток зі сталевими волокнами в порівнянні з полімерними і скловолокнистими георешітками. Георешітки із використанням вуглеволокна мають ще більш високі механічні характеристики, при цьому зберігають стійкість до корозії, проте вартість таких виробів доволі висока [5].

[1] Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві: ВБН В.2.3-218-544:2008. - К.: Укравтодор, 2008. - 126 с.

[2] Determining the Contribution of Different Structural Layers of Asphalt Pavement System to Rutting Using Transverse Profile Analysis / S. Hussan, M.A. Kamal, M.B. Khan, M. Irfan, I. Hafeez. American Journal of Civil Engineering and Architecture. 2013. Vol. 1. Issue 6. P. 174– 180.

[3] Савенко В.Я., Петрович В.В., Каськів В.І., Усиченко О.Ю. Синтетичні матеріали – перспектива використання в дорожніх конструкціях / Автомоб. дороги і дор. буд-во, – 1999. – Вип. 57. – с. 143–153.

[4] Кострицький В.В., Коломієць А.Я., Артеменко Л.Ф., Гамеляк І.П. Дослідження експлуатаційних характеристик геограт призначених для армування асфальтобетонного покриття. Вісник КНУДТ. – 2007. – Вип. 6. – с. 46 – 50.

[5] Гамеляк І.П., Кострицький В.В., Артеменко Л.Ф., Проблеми використання геосинтетичних матеріалів у дорожньому будівництві та шляхи їх вирішення. Вісник КНУДТ. – 2009. – Вип. 6. – с. 17 – 27.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОКРИТТІВ АВТОДОРИГ

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF ROAD COVERINGS

докт. техн. наук О.О.Шишкін

Криворізький національний університет, Кривий Ріг

O.Shyshkin, Dr.Sc. (Tech.)

Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih

У дорожньому будівництві розрізняють асфальтобетонні і цементобетонні покриття. Асфальтобетонні відносяться до безшовному виготовленню великих поверхонь з швидким введенням в експлуатацію, цементобетонні для високої вантажопідйомності і міцності.

Недоліком цементобетонних покриттів є тривалий час формування його властивостей і необхідність влаштування деформаційних швів.

Позитивні якості обох будівельних матеріалів об'єднуються в напівжорсткому покритті, в якому порожнечі асфальтобетону (25-30 %) заповнюються цементним дрібнозернистим бетоном – асфальтоцементобетоні, який в Європі і в світовій практиці застосовується вже багато років.

Основою даного матеріалу є високопористий дренажний асфальтобетон, який виконує роль каркаса, порожнечі якого заповнює високоміцний цементний дрібнозернистий бетон. За своїм гранулометричним складом асфальтобетонна суміш в складі асфальтоцементобетону більше схожа на чорний щебінь.

Істотні властивості напівжорсткого покриття - це безшовне виготовлення великих площ з раннім введенням в експлуатацію і високий опір деформацій і крапкових навантажень.

У будівництві покриття автомобільних доріг із застосуванням асфальтоцементобетону за міцністю можна порівняти з цементобетонним, а за величиною коефіцієнта температурних деформацій наближається до асфальтобетону.

Дорожній цементобетон менш стійкий до впливу шипованої гуми (підвищений знос) і агресивних середовищ (сіль). Застосування цементобетонна пов'язано з улаштуванням швів і тривалим набором міцності, що особливо важливо в умовах міського руху, де необхідно відкривати рух транспортних засобів якомога швидше.

З цього можна зробити висновок, що асфальтоцементобетон як композиційний матеріал, поєднуючи в собі кращі властивості традиційних матеріалів: пружно-пластичні властивості асфальтобетону і жорсткокристалічні властивості цементобетону, є напівтвердим покриттям.

Для отримання високоякісного асфальтоцементобетону необхідно застосовувати для його виробництва високоміцний дрібнозернистий бетон, що володіє високою швидкістю формування фізико-механічних властивостей.

Таким вимогам найбільш повно відповідає дрібнозернистий бетон одержуваний на основі води, структурованої поверхнево-активними речовинами.

Суть структурування води, в даному випадку, полягає у взаємодії між молекулами поверхнево-активних речовин, розчинених у воді, на значних відстанях. Опис даного виду взаємодії дано в роботах Дерягіна-Ландау, основні положення яких полягають в наступному.

Дисперсійні сили, які визначаються атомними коливаннями, синхронізують ці коливання в великих обсягах у порівнянні з обсягами середовища, синхронізуються звичайними дисперсійними силами Лондона. Розміри областей синхронізованих коливань однакових осциляторів характеризують частоти міжмолекулярних коливань і проявляються в ІК-спектрах води. Введення в однорідну середу (систему однакових осциляторів) сторонніх молекул (осциляторів іншого сорту) призводить до порушення синхронізації середовища. В результаті властивості води в розчинах навіть дуже малих концентрацій $\sim 10^{-9}$ моль і вище для розчиненої речовини істотно змінюються. Ці зміни залежать від властивостей розчинених молекул і в певному інтервалі малих концентрацій розчиненої речовини можуть нелінійно залежати від їх концентрації. Цей ефект буде мати місце при таких концентраціях розчинених молекул, при яких ще не виникає міцних зв'язків між розчиненими молекулами через розчинник як середовище, в результаті чого можливі флуктуації концентрацій розчинених молекул в розчиннику. Руйнування самоузгодженої структури однорідної рідкої води введенням чужих молекул вже в дуже малих концентраціях призводить до зміни характеру міжмолекулярної взаємодії у воді і в певній галузі малих концентрацій може призвести до нелінійної залежності властивостей розчину від концентрації розчиненого речовини.

Проведеними дослідженнями встановлено, що водний розчин поверхнево-активних речовин вже при їх концентрації 10^{-4} - 10^{-5} моль призводить до різкого збільшення швидкості формування і величини міцності дрібнозернистого бетону.

Асфальтоцементобетон, отриманий на основі модифікованого дрібнозернистого бетону, володіє наступними фізико-механічними властивостями:

Міцність через 1 добу більше 3-4 МПа

Міцність на 7 добу більше 6 - 9 МПа

Міцність на 28 добу більше 10 -15 МПа

Морозостійкість на 28 добу більше 150 циклів ,

які дозволяють ліквідувати недоліки асфальтоцементобетону і забезпечити його широке застосування.

**ДО ПИТАННЯ ПРО ВЗАЄМОДІЇ ЦЕМЕНТНОЇ МАТРИЦІ ІЗ
ЗАПОВНЮВАЧЕМ**

**TO THE QUESTION ABOUT THE INTERACTION OF THE CEMENT
MATRIX WITH AGGREGATES**

канд. техн. наук О.О.Шишкіна

Криворізький національний університет, Кривий Ріг

O. Shyshkina, PhD (Tech.)

Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih

Взаємодія між заповнювачем і цементним матрицею бетону засноване на механічних явищах, хімічній взаємодії, явище епітаксії. Багато питань у цій галузі досліджень до цих пір ще не з'ясовані. Згідно з дослідженнями відомого фахівця з колоїдної хімії та поверхневих явищ академіка Б.В. Дерягіна адгезія і зчеплення різнорідних і однорідних тіл суцільний структури поверхні обумовлена донорно-акцепторні взаємодією між іонами, молекулами і диполями. Найбільш міцні зв'язки між однорідними і різнорідними тілами виникають в тих випадках, коли утворюються хімічні зв'язки типу Са-О, Mg-О, Si-О і т.д. У тих випадках, коли спостерігається іон-дипольна, диполь-дипольна і дисперсійна взаємодія, у викладеному порядку сила зв'язку зменшується пропорційно їх енергії зв'язку (розриву). Б.В. Дерягіним показано, що при відриві злиплих поверхонь відбувається розрив хімічних або донорно-акцепторних зв'язків. При цьому одна з поверхонь набуває позитивний знак заряду, інша – негативний, що супроводжується електромагнітним випромінюванням, аж до появи рентгенівських променів.

Робота присвячена застосуванню напрацювань шкіл академіка Б.В. Дерягіна та проф. Плугіна А.А. до зчеплення між заповнювачем і цементним каменем, в основі якого лежать процеси склеювання і прилипання, обумовлені міжмолекулярними, електро-поверхневими і механічними силами взаємодії.

У процесі дослідження властивостей бетонів, приготованих на воді структурованої гідрофобними поверхнево-активними речовинами, встановлені закономірності формування складу контактної зони цементного каменю з заповнювачем в залежності від електро-поверхневих властивостей заповнювача. Це дозволяє робити обґрунтований вибір наповнювачів в залежності від складу в'язучого. Якщо на поверхні зерен заповнювача переважають негативно заряджені активні центри (кварцовий пісок, граніт, кварцит, піщаник), то в контактній зоні кристалізується переважно портландіт. На поверхні зерен заповнювача з переважанням позитивно заряджених активних центрів (мармур, вапняк) осідають в основному частки гідросилікату кальцію (CSH). Мабуть, у зв'язку з цим електро-поверхневі властивості наповнювачів впливають на міцність бетонів.

Застосування митого відсіву дроблення гранітного щебеню замість рядового практично не позначилося на жорсткості і ступеня ущільнення цементно-піщаної суміші та на міцності бетону. Мабуть, пилоподібні частки, що містяться в рядових відсівах подрібнення, виконують роль мікронаповнювача.

Для отримання бетонів міцністю 50 МПа і вище була розглянута можливість застосування змішаного заповнювача, що складається з природного Дніпровського піску (П) і митого відсіву дроблення гірничих порід, що містять залізо, (ДГЩ). Застосування укрупнюючої добавки призвело до підвищення міцності і морозостійкості бетону. Найбільший приріст міцності бетону має місце при співвідношенні П: ДГЩ = 1: 1, так як міцність збільшилася на 12 - 13 МПа тобто на 30-40%.

Негативний заряд поверхні заповнювача зумовлює використання катіоактивних ПАР, здатних найбільш ефективно підвищити адгезійний зв'язок на поверхні розділу цементна матриця – заповнювач. Звідси випливає, що однією з важливих характеристик ПАР є їх електрокінетична активність і не менш важливий показник оптимальний вміст ПАР в бетоні, що забезпечує максимальне збільшення міцності.

Дослідженнями впливу структурованої води на процеси структуроутворення та властивості дрібнозернистого бетону встановлено, що при використанні для структурування води гідрофобних ПАР відбувається зменшення водневого показника рідини та вибірково-орієнтована адсорбція макромолекул. Полярна кінцева група молекул заряджена позитивно, і тому вона притягується негативно зарядженою поверхнею кремнезему, який входить до складу заповнювача, і одночасно гідрофобні вуглеводневі ланцюги молекул прагнуть звільнитися від води і приєднатися один до одного, формуючи в розчині адсорбційний моношар, в результаті чого поверхня заповнювача стає гідрофобною. Такий характер адсорбції сприяє більш проникненню цементної композиції в мікрорельєф заповнювача, тим самим створюються сприятливі умови для отримання міцного адгезійного контакту.

Важливо також зазначити, що хімічний склад контактної зони заповнювача залежить від того, чи схильний заповнювач вступати в хімічні реакції з цементним каменем. Якщо для бетонів з інертними наповнювачами, які не реагують з цементним каменем, контактна зона переважно складається з гексагональних кристалів $\text{Ca}(\text{OH})_2$, еттрінгіту, і не великої кількості гелю C-S-H, то у випадку з реакційно-здатним заповнювачем утворюється додатковий шар високоосновних гідросилікатів кальцію. Однак, в будь-якому випадку тенденція до збільшення пористості і підвищеному вмісту $\text{Ca}(\text{OH})_2$ зберігається.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY

*д-р техн. наук Є.О. Тищенко¹,
канд. техн. наук О.І. Сігал², Н.А Ніжник²,
канд. техн. наук А.С. Сафьянц^{2,3}*

*¹Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності
Черкаської області (м. Черкаси)*

²Інститут технічної теплофізики НАН України (м. Київ)

*³Національний технічний університет України імені «Ігоря Сікорського» Київський
політехнічний інститут (м. Київ)*

*I.A. Tyshchenko¹, D. Sc. (Tech.),
A.I. Sigal², PhD (Tech.), N.A. Nizhnyk²,
A.S. Safiants^{2,3} PhD (Tech.)*

¹Methodological Center for Civil Protection and Life Safety of the Cherkasy Region (Cherkasy)

²Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine (Kyiv)

³National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (Kyiv)

Країни ЄС, США, Канада, Японія, Китай також вже понад 30 років освоюють можливості, які дає водень. Існують різні способи використання водню – світова практика показує позитивні результати при додаванні 5-20% водню до природного газу (професор Кудря С.І. говорить про можливості додаванні до 25 % в газову мережу [1]), що транспортується трубопровідним транспортом, застосування водневих технологій для акумуляції та передачі «зеленої» енергії, виробництва металургійної, хімічної продукції, а також у транспортному секторі. Проте, розглядаючи водень, як сировину вже в енергетичних цілях (джерело отримання енергії для промислових процесів) - питання вартісної доцільності використання цього компонента має першочергове значення.

Якщо фінансові питання доцільності та окупності таких процесів віднести на другий план, то існує багато варіантів його технічного отримання, наприклад, завдяки електролізу води з використанням енергії сонця або вітру. Це на перший погляд позитивно впливає на екологію, бо сприяє декарбонізації енергетики, промисловості та транспорту.

Але, говорячи про переваги використання водню у промислових процесах, слід зауважити, що супутні процеси розвитку водневої енергетики не є такими простими та безпечними. Саме розглядаючи питання стрімкого розвитку водневих технологій слід зважати на ризики, які несе з собою цей процес.

Сучасний важливий аспект сталого енергетичного комплексу - це прогнозована маневрена альтернативна енергетика. За сьогоднішніми оцінками для врегулювання т.з. нічних провалів і згладжуванні екстремумів графіка навантаження балансувати необхідно близько 20% всієї електроенергії, що виробляється на низькоманеврових українських АЕС ТЕС, ТЕЦ. Воднева

енергетика – один із можливих шляхів вирішення цієї задачі.

Відповідно до розрахунків, із 1 м³ води методом електролізу можна одержати 1242 м³ водню і 621 м³ кисню. Проте перехід енергетики на водневе паливо гальмують великі витрати енергії, необхідні для отримання водню з води. Найсучасніші електролізери витрачають на одержання 1 м³ водню вочевидь більше енергії, ніж можна отримати при його спалюванні (4 і 3,55 кВт/год відповідно).

На сьогодні електроліз води може використовуватись як допоміжний процес, щоб нівелювати пікові екстремуми у енергобалансі України, так званий метод балансу потужностей. Євросоюзу необхідно перетворити свою енергетичну систему на кліматично нейтральну. Звідси зацікавленість у водневій стратегії. Прогнозується, що загальний обсяг інвестицій в водневу енергетику в Європі до 2050 року може сягнути від 180 до 470 млрд євро. Стати учасником європейської «зеленої угоди» - одне із зобов'язань України в плані євроінтеграції. На сайті Держенергоефективності опубліковані матеріали [2], де йдеться про перспективи транспортування водню до Європи. В них Україна представлена основним потенційним експортером цього енергопродукту. Проте нічого не сказано, про наслідки для нашої країни в екологічному та енергетичному сенсі. Також висловлено припущення, що для нашої держави у перехідний період (до 2030 року) зелений водень Європа «дозволить» виробляти на електричних потужностях АЕС – а це є ще однією проблемою, адже ресурс 70% блоків АЕС уже пролонговано, тобто більшість з них вже працюють у над проектний термін експлуатації [3].

Ідею транспортування водню у ЄС через українську ГТС в найближчі кілька десятиліть розглядає і «Оператор газотранспортної системи України». Використовувати водень у газотранспортній системі України не є можливим через незадовільний її стан. Для транспортування водню необхідно проводити модернізацію трубопроводів, адже в Україні переважна більшість труб є сталевими і збудованими ще у 60-70-х роках. Подача у них водню може спричинити додаткову корозію і витіки водню в атмосферу. Утім, проникнення водню і руйнування металу процес тривалий і потребує близько 25 років. З огляду на вік української ГТС проблема може бути гострішою. І цілком можливо, що взявши на себе зобов'язання перед ЄС по виробництву водню у тому контексті, як вони представлені сьогодні – це крок до необхідності інвестицій у нові блоки атомної генерації чи ще більшого розбалансування і руйнації енергосистеми України. Тобто, частково вирішуючи глобальні задачі Європи, Україна ще більше поглиблює енергетичні проблеми локального внутрішньодержавного характеру.

[1] Kudria, S., Riepin, O., Yatsenko, L., Shynkarenko, L., Tkalenko, M. (2019). The concept of the roadmap for the development of hydrogen energy in ukraine for the period until 2035. Scientific and Applied Journal Vidnovlavana energetika, 4 (59), 22-28. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4\(59\).22-28](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4(59).22-28).

[2] Водень – у центрі енергетичної революції. URL: <http://saec.gov.ua/uk/news/3420> (дата звернення 21 січня, 2021).

[3] Сігал О.І., Ніжник Н.А. Перспективи використання водню у промислових процесах спалювання. Київ – Теплофізика і теплоенергетика, 2020, №3. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2020.8>.



MAPEI[®]

КЛЕЇ · ТЕРМЕТИКИ · ПРОДУКЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ХІМІЇ

www.mapei.com.ua



- Суперпластифікатори для підводного і надводного бетонування
- Матеріали для ремонту, відновлення та структурного посилення бетонних конструкцій
- Гідроізоляція та захист конструкцій
- Система для підземного будівництва та відновлення

ТОВ «МАПЕІ УКРАЇНА»
м. Київ, вул. Є. Сверстюка, 13, 5 поверх
044 221-15-01/02/03

**Спеціаліст по реконструкції
та відновленню будівель**
050 479 26 88
www.mapei.com.ua



Добавки до бетону
Ремонт та захист бетону
Гідроізоляція та герметизація
Ін'єкційні суміші
Підливи під устаткування
Полімерні та цементні покриття підлоги
Клей для плитки



ТОВ "Ноліміт Німеччина"
м. Харків, вул. Римарська 21-А,
6 поверх

+38(057) 750-61-69

+38(068) 164-34-34





МЦ Баухемі –
Ми створюємо технології бетону
для надійних, витривалих і
добрих бетонів.

www.mc-bauchemie.ua

м. Березань, Київська обл.
вул. Маяковського, 38
телефон: +38 044 286 46 27
info@mc-bauchemie.ua



У нас є правильне рішення для будь-якого питання

Вимога	Рішення
● Пластифікація для збільшення легкоукладуваності	Centrament
● Зниження значення в/ц для більшої витривалості	Muraplast / Centrament
● Пори для покращення стійкості до морозу та засобів для відтаювання	Centrament Air
● Захист від морозу для швидшого досягнення стійкості до заморожування	Centrament Rapid
● Затримка тужавіння для подовження часу укладання	Centrament Retard
● Піноутворювачі для бетонів, призначених для заповнення порожнин	Centripor SK
● Стабілізатор для підвищення однорідності бетонної суміші	Centrament Stabi

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ЗАПРОШУЄ НА НАВЧАННЯ ЗА **50** ОСВІТНІМИ ПРОГРАМАМИ

- Наша освіта визнана світом.
- Широкий вибір програм підготовки.
- Попит на ринку праці.

ХОЧЕШ НА БЮДЖЕТ?

ОБИРАЙ НАС
за першим пріоритетом



@ukrduzt.University



@ukrduzt_university



kart.edu.ua



t.me/infostup_ukrduzt

АДРЕСА: ПЛОЩА ФЕЙЕРБАХА 7, 61050, ХАРКІВ

