

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



ТРАНСБУД-2018

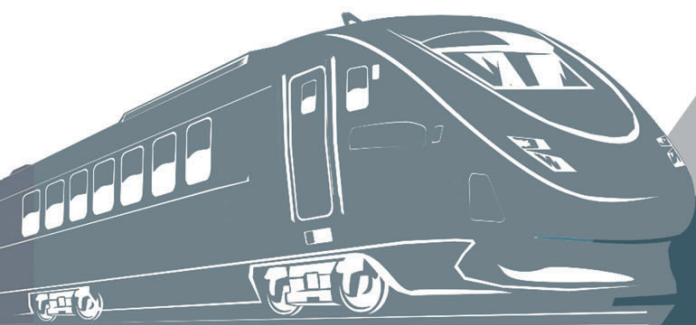
Конструкції, Матеріали та Інфраструктура

ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ,

присвячена 110-річчю зі дня народження Заслуженого
діяча науки і техніки України д.т.н. професора Ангелейка В.І.

VII-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Тези доповідей



14–16 листопада 2018 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 7-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

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

що присвячена 110-річчю зі дня народження Заслуженого ді-
яча науки і техніки України д.т.н., професора Ангелейка В.І.

Харків 2018

7-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», що присвячена 110-річчю зі дня народження Заслуженого діяча науки і техніки України д.т.н., професора Ангелейка В.І., Харків, 14-16 листопада 2018 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 223 с.

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

ЗМІСТ

Секція

ЗАЛІЗНИЦІ, МЕТРОПОЛІТЕНИ, ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

EXPERIENCE GAINED DURING EXAMINATION OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY BETWEEN ROLLING STOCK AND AXLE COUNTERS Andrzej Białoń, Dominik Adamski, Łukasz Zawadka	13
POSSIBILITIES FOR CONTROL OF A TRUCK SEMI-ACTIVE SUSPENSION IN ORDER TO REDUCE PITCH ANGLE AND SUSPENSION JOUNCES WHEN BRAKING ON RAILWAY CROSSING N.L. Pavlov	14
MODELING OF A PENDULUM TYPE CHILD TRAVEL SEAT N.L. Pavlov	16
НАДІЙНА ІНФРАСТРУКТУРА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ О.М. Баль	18
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ НЕРІВНОСТЕЙ НА ХРЕСТОВИНАХ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ В. Д. Бойко, В.М. Молчанов, В.М. Твердомед	20
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Д.И. Бочкарев, П.В. Ковтун, О.В. Осипова	22
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ Д.И Бочкарев, А.С. Лапушкин	24
ОЦІНКА ЗАХОДІВ ПО ЗМЕНШЕННЮ ЗНОСУ КОЛІСНИХ ПАР ТА РЕЙОК ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ В ГІРСЬКИХ УМОВАХ С.І. Возненко, А.П. Фалендиш, А.Л. Сумцов, О.В. Клецька, М. Блатниці	26
ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТОВИХ НАСИПІВ К.Ц. Главацький, В.Е. Черкудінов, О.П. Посмітюха	28
ЗМІННІСТЬ ПРУЖНОЖОРСТКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОКОВОГО ЗГИНУ ТА КРУЧЕННЯ РЕЙКОВОЇ НИТКИ ЗАЛЕЖНО ВІД СПІВВІДНОШЕННЯ КОЛІСНИХ НАВАНТАЖЕНЬ $R_{дин}/H_{дин}$ Е.І. Даніленко, В.М. Молчанов, Т.П. Даніленко	30
ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ДЕФЕКТІВ КОНТАКТНО-ВТОМЛЕНОГО ПОХОДЖЕННЯ В РЕЙКАХ О. М. Даренський, В. Г. Вітольберг, Д. О. Потапов, Горяїнова О.В.	32

ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВУЗЛА ПРОМІЖНОГО РЕЙКОВОГО СКРІПЛЕННЯ КПП-5 ЗА ДОПОМОГОЮ РЕМОНТНИХ ПРОКЛАДОК ПРП 3.2	
О.М. Даренський, О.В. Горяінова, Н.В. Бугаєць, С.В. Кулік	33
ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ В КРИВИХ, В ЗОНАХ НЕРІВНОСТЕЙ ЛАНОК КОЛІЇ	
О. М. Даренський, Я.С. Лейбук	35
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСИЛИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ОТ НАГРУЗОК ПО КАЗАХСТАНСКИМ И ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ	
А.К. Джалаиров, Д.Б. Кумар, П.Г. Хардигов.....	37
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	
И.П. Дралова	39
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПУТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	
И.П. Дралова, Н.С. Сырова.....	41
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ	
П.В. Ковтун, Т.А. Дубровская.....	43
ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
М. Б. Курган, Д. М. Курган.....	45
ПОБУДОВА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ «ВАГОН-ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ» ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАВАНТАЖЕННЯ БУКСОВОГО ВУЗЛА	
І.Е. Мартинов, А.В. Труфанова, Шовкун В.О	47
РОЗРАХУНОК ШИРИНИ МІНІМАЛЬНОГО ЖОЛОБУ В СИМЕТРИЧНОМУ СТРІЛОЧНОМУ ПЕРЕВОДІ ПРИ КОРЕНЕВІЙ ВІДСТАНІ БІЛЬШІЙ ЗА ВЕЛИЧИНУ ХОДУ ШИБЕРУ СТРІЛОЧНОГО ПРИВОДУ	
О.А. Олійник	49
ВИКОРИСТАННЯ ПЛОСКОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПРОКЛАДАННЯ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ СПОСОБОМ СТАТИЧНОГО ПРОКОЛУ ҐРУНТУ	
О.П. Посмітюха, С.В. Кравець, В.М. Супонєв, К.Ц. Главацький	51
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК ДЛЯ УМОВ МЕТРОПОЛІТЕНІВ	
Д. О. Потапов, В. Г. Вітольберг, Д. В.Шумик	53

ЧАСТОТНИЙ АНАЛІЗ ПРИВОДУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З КАНАТНОЮ ТЯГОЮ	
С. В. Ракша, П. Г. Анофрієв, О. С. Куроп'ятник,	54
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОТУЖНОСТІ КОМПРЕСОРУ ПНЕВМАТИЧНИХ КОНВЕЄРІВ ВІД ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАСПОРТНИХ УСТАНОВОК	
С.В. Ракша, В.М. Богомаз, Щека І.М.	56
ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ	
В.В. Романенко, А.Н. Полозов, А.А. Куксо.....	58
ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ	
В.В. Романенко, А.Н. Полозов, А.А. Куксо.....	60
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМІЖНОГО РЕЙКОВОГО СКРІПЛЕННЯ ТИПУ КПП-5 НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	
В.О. Сахаров, В.М. Сулов	62
ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ЗАСОБАМИ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ СТІЛОК ТА СИГНАЛІВ	
І.М. Сіроклин, С.О. Змій, А.М. Маслій, С.В. Буряковський	64
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ НОРМ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ШИРИНИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ З ПРОМІЖНИМИ РЕЙКОВИМИ СКРІПЛЕННЯМИ ТИПУ КБ-65 В БЕЗСТИКОВІЙ КОЛІЇ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ШПАЛАМИ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	
О.О. Скорик, В.В. Новіков, Ю.М. Кравченко, О.О. Овчинніков.....	65
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Н.С. Сырова.....	66
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ ШПАЛ МЕТРОПОЛІТЕНУ	
Д.А. Фаст, П.В. Пліс, О.А. Дудін.....	68
АНАЛИЗ СЪЕМКИ ПУТИ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДВИЖЕНИИ В УКРАИНЕ	
А.А. Шевченко, А.А. Матвиенко, В.А. Лютый, В.Г. Мануйленко, М.В. Павлюченков	70
ФОРМУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ ПРИ ЇХ ЗВАРЮВАННІ В КОЛІЇ	
В.П. Шраменко, Н.В. Бєлікова	72
ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПООДИНОКОГО ВИХОДУ РЕЙОК У ДЕФЕКТНІ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЇХ НАДІЙНОСТІ	
А.М. Штомпель, О.О. Скорик, В.В. Новіков, Ю.М. Кравченко, Є.М. Коростельов	73

ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВІДМОВИ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛІЙНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦЬ

А.М. Штомпель, Л.В. Трикоз, Д.Ю. Бородин, А.О. Ісмагілов.....75

**Секція
БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ**

COMPUTERIZED METHOD FOR ESTIMATION OF ULTIMATE
LOAD OF PILES

Basheer Younis, Khudhair Abed Thamer, F.I. Kazimahomedov,77

INFLUENCE OF EXTERNAL AND INTERNAL COOLING AT
SOLIDIFICATION

ON STRENGTH OF BRITTLE DURALUMIN IN COMPRESSION

Semko O.V., Fenko O.G., Hasenko A.V., Harkava O.V., Kyrychenko V.A.,79

ВПЛИВ ВІДСОТКА АРМУВАННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ
СТАН ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ПРИ ЗГІНІ

О.В. Андрійчук, В.Є. Бабич, І.М. Ясюк, С.О. Ужегов81

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК АРМОВАНИХ
ВИСОКОМІЦНОЮ СТЕРЖНЕВОЮ АРМАТУРОЮ В ПОЄДНАННІ
З СТРІЧКОВОЮ

Т.В. Бобало, Я.З. Бліхарський, Р.В. Вашкевич, М.Е. Волинець83

ВПЛИВ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА І ТЕМПЕРАТУРИ НА МЕХАНІЧНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРНИХ ВОЛОКНИСТИХ СТРУКТУР

Н.В. Бондар, В.В. Астанін85

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,
УСИЛЕННЫХ ВНЕШНИМ КОМПОЗИТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

**Ю.В. Бондаренко, К.В. Спиранде, Р.Н. Шемет,
М.В. Якименко, М.Ю. Избаш87**

ВЛИЯНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА НАПРЯЖЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ И ПРОЧНОСТЬ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ
ВЫСОКОНАПОРНОГО ТУННЕЛЯ ГЭС СЕКАМАН-3 В ЛАОСЕ

А.И. Вайнберг89

ПОКАЗНИКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ БАЛОК ЗІ ЗМІШАНИМ
АРМУВАННЯМ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЮ ТА МЕТАЛЕВОЮ
АРМАТУРОЮ

**О.І. Валовой, П.М. Коваль, О.Ю. Єрьоменко,
М.О. Валовой, С.О. Волков91**

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ
РАСЧЕТОВ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ БАЛКИ

Г.Л. Ватуля, С.Д. Комагорова, М.В. Павлюченков.....93

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ПРОФИЛЕ-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ТРУБ, ЗАПОЛНЕННЫХ АРМИРОВАННЫМ БЕТОНОМ Г.Л. Ватуля, А.В. Лобяк, В.Б. Черногиль, М.А. Новикова	94
ТЕПЛОПТЕРИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ В УЗЛАХ СОПРЯЖЕНИЯ ОКОННОЙ РАМЫ СО СТЕНОЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ В.И. Винниченко, А.И. Габитов, А.С. Салов, А.М.Гайсин, Д.В.Кузнецов..	96
ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОРТРЕТУ КОНСТРУКЦІЇ Л.В. Гапонова, С.С. Гребенчук, Н.О. Псурцева, О.А. Калмиков, Демьяненко І.М.	98
ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, А.И. Алейникова, Ю.В. Коломиец, О.А. Гринчук.....	100
МЕТОДОЛОГІЧНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ПІДТРИМКА ВИБОРУ МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ Д.Ф. Гончаренко, І.В. Шумаков, О.В. Старкова, А.И. Алейникова, Р.І. Мікаутадзе	102
ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ ГЕОЦЕМЕНТНОГО АДГЕЗИВА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ С.Г. Гузий, О.П. Бондаренко, А.Н. Милонова	104
ЗРІЗОВА ФОРМА РУЙНУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСОЛЕЙ О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Д.Ю. Марюха	106
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ БЛАГОДАРЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БЕТОННЫХ РАБОТ И.А. Емельянова, Н.И. Деревянко, С.А. Гузенко, Д.О. Чайка, Д.Ю. Субота	108
ОСОБЛИВОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ ПІД КРУГЛИМ ШТАМПОМ М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, І.І. Ларцева, С.П. Сівіцька.....	110
ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ В.І. Киричок, Ю.В. Цапко, О.Ю. Цапко, О.П. Бондаренко	112
РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ТРИПРОГОНОВОГО БАЛОЧНОГО МОСТА ПІД ДІЄЮ ПОСТІЙНОГО І ТИМЧАСОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ Ю.П. Кітов, М.А. Веревічева, С.В. Дериземля, Г.Л. Ватуля, Є.Ф. Орел	114
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГІНІВ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д.В. Кочкаръов, Т.А. Галінська.....	115

ВПЛИВ РІВНЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІДСИЛЕНИХ ОБОЙМОЮ П.І. Країнський, Я.З. Бліхарський, П.І. Вегера, Р.Є. Хміль	117
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ МІЦНОСТІ ПРОГОННИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ О.М. Крантовська, М.М. Петров, Л.М. Ксьоншкевич, С.В. Синій, П.О. Сунак	119
АНАЛІТИЧНІ ФОРМУЛИ ДЛЯ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ ШАРНІРНО ОБПЕРТИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ВЛАСНОЇ ВАГИ Ю.С. Крутій, Н.Г. Сур'янінов, В. Ю. Вандинський	121
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ ПЛИТ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ, АРМОВАНИХ НЕМЕТАЛЕВОЮ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ О.І. Лугченко, А.Х. Нажем, Д.О. Орешкін	123
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ СИЛОСНИХ ЄМНОСТЕЙ НА ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ Н.О. Махінко	113
НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ АРХІТЕКТУРНИХ СПОРУД В УМОВАХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ В. П. Мироненко, Д. В. Сопов	127
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ И СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С.Ф. Неутов, М.М. Сидорчук, А.С. Шиляев	129
МЕТОДИКИ НАТУРНИХ ВОГНЕВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ МІЖ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ПРОМИСЛОВИМИ СПОРУДАМИ В.В. Ніжник, С.В. Поздєєв, Ю.Л. Фещук	131
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ О.М. Нуянзін, М.А. Кришталь, А.А. Нестеренко, Д.О. Кришталь	133
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ Ю.А. Отрош, О.В. Васильченко, О.М. Данілін, І.М. Хмиров	135
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТІВ О.П. Пінчук, В.І. Соломка, А.Ю. Решетньов	137
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БАЗАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТАХ Є.П. Плазій, А.М. Онищенко	139

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
К.В. Плахотников, Д.А. Бондаренко, Е.Б. Деденева, М.Г. Салия, Т.А. Костюк.....	141
ВДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ МІСЦЕВОМУ СТИСНЕННІ	
В.В. Погрібний, О.О. Довженко, І.Г. Кузнєцова, Д.В. Усенко	143
МЕТОД РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ МОЖЛИВОСТІ ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬ УНАСЛІДОК ПОЖЕЖІ	
С.В. Поздєєв, О.В. Некора, Т.М. Кришталь, С.О. Сідней, В.М. Зажома ...	145
МОДИФИКАЦИЯ ЗОНАЛЬНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ	
П.А. Резник	147
ЩОДО ОЦІНКИ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ	
О.В. Ромашко, В.М. Ромашко	149
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ	
О.В. Семко, Т.А. Дмитренко А.О. Дмитренко, Т.М. Деркач, О.П. Воскобійник.....	151
К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ИЗГИБА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
Н. Г. Сурьянинов, Ю. С. Крутий.....	152
ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА ЧЕРНОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИЕ ТЕРМОГРАФИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ	
А.П. Фалендиш, О.В. Василенко, А.В. Онищенко, О.В. Клецкая, Ян Дизо.....	154
ПОВНІ ДІАГРАМИ «НАПРУЖЕННЯ - ДЕФОРМАЦІЇ» СТАЛЕВИХ ПРОКАТНИХ БАЛОК	
С.Л. Фомін, Ю.В. Бондаренко, І.А. Плахотнікова, С.В. Бутенко, К.В. Спиранде.....	156
РОЗРАХУНОК СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРЕКРИТТЯ В БУДИНКАХ, СПОРУДАХ І ФРАГМЕНАХ ПРОЛЬОТІВ МОСТІВ	
С.Л. Фомін, Ю.М. Ізбаш, С.В. Бутенко, М.В. Якименко, Р.М.Шемет	158
РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ МОСТОВОЇ ОПОРИ (ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ)	
В.С.Шмуکلєр, О.О.Петрова, М.Т.Хаммуд	160
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КУТА ЦЕГЛЯНОЇ СТІНИ ПРИ РОЗТАШУВАННІ ДОДАТКОВОГО УТЕПЛЕННЯ В ЦЕГЛІ	
Юрін О.І., Азізова А.Г., Галінська Т.А.	162

ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГРАВІТАЦІЙНИХ СТОЯНІВ НА СКЕЛЬОВІЙ ТА НЕСКЕЛЬОВІЙ ОСНОВАХ ЗА КРИТЕРІЄМ СТІЙКОСТІ ПРОТИ ЗСУВУ НА ПРИКЛАДІ ГІДРОВУЗЛІВ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ А.О. Мозговий	164
ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГРЕБЛІ ІЗ ГРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ГІДРОВУЗЛА НАМ СНІЕН У В'ЄТНАМІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ МОНТЕ–КАРЛО А.О. Мозговий, С.В. Бутнік	166

**Секція
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАХИСТ І РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЙ
ТА СПОРУД**

ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ТА ЗРІЛОСТІ БЕТОНУ, ЩО ТВЕРДІЄ І.М. Белих, В. П. Сопов, Л.М. Буцька, Л.О. Першина, О.В. Макаренко.....	168
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНІ СВОЙСТВА СИЛІКАТНИХ І АЛЮМОСИЛІКАТНИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ Д.А. Бондаренко, И.А. Плахотникова, М.Г. Салия, О.И. Демина, А.И. Бондаренко	170
ВПЛИВ ДОБАВКИ ВИСОКОДИСПЕРСНОЇ КРЕЙДИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ О.С. Борзяк, С.М. Чепурна, Т.В. Жидкова, А.А. Жигло, А.О. Ісмагілов..	172
БУДІВЕЛЬНІ В'ЯЗКИ Й ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЇХ ВИРОБНИЦТВА В.І. Вінниченко, О.М.Рязанов.....	173
ЕФЕКТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ ТА РЕСТАВРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ДИСПЕРСНОНАПОВНЕНИХ ЕПОКСИПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ Ю.М. Данченко, Т.М. Обіженко, Ю.О. Кириченко.....	175
БАГАТОКОМПОНЕНТНІ БЕТОННІ СУМІШІ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ МАГІСТРАЛЕЙ В.П. Долгий, В. П. Сопов, К.В. Латорець, В.А. Гуркаленко, В.О. Буцький	178
ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ БЕТОНУ В.О. Дума, О.Р. Позняк, В.М. Мельник	180
АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ ПРИЧИН РОЗВИТКУ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ФУНДАМЕНТАХ СИЛОСІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СУХОГО ЗЕРНА А.О. Ісмагілов, О.С. Герасименко,.....	182

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ РУХЛИВОСТІ ТОВАРНОЇ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ДО БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА О. В. Кабусь, Л. М. Буцька, О. В. Макаренко, Л. О. Першина, А. М. Тимошенко	183
ОЦІНКА КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКІСТІ МОДИФІКОВАНИХ БЕТОНІВ В РОЗЧИНІ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ О.В. Кабусь, Ю.В. Коломієць, В.В. Лихограй	185
ВИКОРИСТАННЯ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНКИ КОРОЗІЙНОГО ВПЛИВУ ДОБАВОК НА СТАЛЕВУ АРМАТУРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ О.В. Калюжна, О.С. Борзяк, А.А. Плугін, В.В. Булгаков	186
ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ СКЛАДИ НА ОСНОВІ АКРИЛОВИХ ПОЛІМЕРІВ С.М. Камчатна, В.Г. Мануйленко, О.М. Пустовойтова	188
РОЗРОБКА СКЛАДІВ ЛУЖНИХ БЕТОНІВ, ЩО ПРИЗНАЧЕНІ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ АГРЕСИВНОСТІ СЕРЕДОВИЩА О.Ю. Ковальчук, В.В. Грабовчак, Я.О. Говдун	189
СТІЙКІСТЬ БЕТОНІВ ПРИ ПЕРІОДИЧНИХ ЗОВНІШНІХ ВПЛИВАХ О.О. Коробко, В. М. Вировой, В.Г. Суханов, Ю.О. Загорчємний	191
ДИСПЕРСНЕ АРМУВАННЯ ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛКАТНИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ П.В. Кривенко, В.І. Киричок	193
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКУЮЧИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЗАХИСТУ ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ Т.П. Кропивницька, Р.М. Семенів, А.Т. Камінський, В.В. Гоц	195
РЕСУРСОЗБЕРЕГАЮЩІЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ. ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ А.Ю. Крот, В.А. Рязанова, А.И.Габитов, А.С.Салов	197
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ДОБАВКОЮ МІКРОКРЕМНЕЗЕМУ Л. М. Ксьоншкевич, О. М. Крантовська, М. М. Петров, С. В. Синій, А. В. Уль	199
АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОПЕРЕДНЬОГО ВИТРИМУВАННЯ БЕТОНУ ПРИ ТЕПЛОВІЙ ОБРОБЦІ НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ Т. С. Кугаєвська, В.В.Шульгін	201
ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНИХ БЕТОНІВ ДО УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У.Д. Марущак, М.А. Саницький, Н.І. Сидор	203

ГРУНТОПОЛІМЕРНА КОМПОЗИЦІЯ НА ОСНОВІ ІН'ЄКЦІЙНОГО ПОЛІУРЕТАНУ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ СПОРУД С.В. Мірошніченко, Д.А. Плугін, О.А. Калінін, А.С. Зверєва, І.В. Резніченко.....	205
ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ІН'ЄКТУВАННЯМ ЦЕМЕНТНИХ РОЗЧИНІВ З ДОБАВКАМИ-МОДИФІКАТОРАМИ А.В. Никитинський.....	207
ЗАСТОСУВАННЯ ВКЛАДИШІВ З БЕТОНУ НА КВАРЦОВИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ І ПОЛІУРЕТАНОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВІБРАЦІЇ, ШУМУ І ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТРАМВАЙНОЇ КОЛІЇ О.В. Палант, Д.А. Плугін, А.А. Плугін, О.В. Лобяк, О.А. Плугін.....	208
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛАСТИФІКУЮЧИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В РОЗЧИНАХ І БЕТОНАХ НА ОСНОВІ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, І.І. Руденко, О.М. Петропавловський, О.П. Констатинівський, О.В. Ластівка.....	209
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛУЖНОГО КОМПОНЕНТУ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕЗКЛІНКЕРНИХ І МАЛОКЛІНКЕРНИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ Ю.Ю. Савчук, А.А. Плугін, В.А. Лютий, О.А. Плугін, О.С. Борзяк.....	211
ВПЛИВ СТУПЕНЯ НАПОВНЕННЯ ПОРОЖНИСТИМИ МІКРОСФЕРАМИ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ Н.В. Сасенко, Ю.В. Попов, Р.О. Биков, Д.В. Демідов.....	212
ВИРОБНИЦТВО КОМПЛЕКСНО АКТИВОВАНИХ КОМПОЗИТІВ НА СИЛКАТНОЇ МАТРИЦІ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ О.С. Шинкевич, Є.С. Луцкін, О.І. Сурков.....	214
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОЛОШЛАКІВ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ВАЖКИХ БЕТОНІВ В.В. Шульгін., О.В. Демченко, Д.А. Єрмоленко, О.В. Петраш, Г.Ф. Дураченко.....	216
СПОСОБ ФОРМУВАННЯ БЕТОННИХ І ЖЕЛЕЗОБЕТОННИХ ТРУБ ВИБРОВАКУУМІРОВАНИЕМ Башир Юнис, И.Э. Казимагомедов, Саад Салем, Т.О. Костюк, Е.Б. Деденёва.....	218
ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДУ ВИМУШЕНИХ І ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ОБОЛОНКИ ВАНТОВОГО ПОКРИТТЯ КІНО-КОНЦЕРТНОГО ЗАЛУ «УКРАЇНА», РОЗТАШОВАНОГО В М. ХАРКОВІ НАД ДІЛЯНКОЮ ПЕРЕГОНІВ ДІЮЧОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ В.С. Шмуклер, В.Я. Жилияков, О.М. Шаповалов	220
МОДИФІКОВАНІ ЛЕГКІ КЕРАМЗИТОБЕТОНИ ПІДВИЩЕНОЇ МІЦНОСТІ К. К. Пушкарьова, К. О. Каверин, Д. Р. Гадайчук.....	222

Секція
ЗАЛІЗНИЦІ, МЕТРОПОЛІТЕНИ, ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

UDC 681.3

**EXPERIENCE GAINED DURING EXAMINATION OF
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY BETWEEN ROLLING STOCK
AND AXLE COUNTERS**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РУХОМОГО
СКЛАДУ І ЛІЧИЛЬНИКІВ ОСЕЙ**

*Andrzej Białoń, PhD. SC., Dominik Adamski, Łukasz Zawadka, M.Sc.Eng.
Instytut Kolejnictwa (Warszawa, Polska)*

*к.т.н. Біалоń Andrzej, магістру Adamski Dominik, Łukasz Zawadka
Залізничний інститут (Варшава, Польща)*

Axle counters are more and more often applied in train detection systems. The wheel sensor is a main part of each axle counter system. In parallel, more and more complex railway vehicles, especially traction ones, are a potential source of interferences influencing the operation of these train detection systems. It is the reason to verify the electromagnetic compatibility (EMC) between the signaling equipment, particularly train detection systems and new vehicles in the process of obtaining the permission for their exploitation. The measurement of interfering magnetic fields generated by vehicles is one of tests to be carried out. For the simplification and unification purpose of the applied interference test methods the EN 50238 standard and TS 50238-3 technical specification were developed. The specification defines unified testing procedures. However, it is necessary to verify if it may replace different testing methods used in particular European states. It is the goal of the European research project financed from the TEN-T network resources. This project is part of the larger project of facilitation and speeding up the ERTMS system deployment. One of nine measurement campaigns planned in the frame of this project was conducted in Poland by Railway Research Institute.

Measurement method and used equipment provided repeatability of results on acceptable level what ensured reliability under condition of regular calibration of whole system according to procedures. Further conclusion concerning tests was that it is possible to distinguish some groups of vehicles regarding results types. First of all electric traction vehicles equipped with electro-mechanical traction converters generated significantly less disturbances than the newer generation vehicles equipped with electronic converters. Interference generated by diesel locomotives, which were even smaller and mostly did not exceed disturbance of a background noise. Moreover it was noticed that the higher values of magnetic fields were observed in Y and Z directions. Experience gained so far also indicates that the magnetic fields strength exceedances emitted by rolling stock generally concern the measurement plane Y. This

is due to the mutual influence of magnetic fields generated from rail currents and from rolling stock in this direction. Results gathered during campaign in all countries that participated in the project may contribute to elaboration of uniform European measurement method of disturbances from rolling stock. This step will give opportunity to eliminate all sources of exceeded interferences on the stage of approval tests. Facing the general trend of introducing axle counters on new railway lines and replacing track circuits with them on modernized ones, the issue of testing the impact of magnetic fields on axle counters is essential and it should be carried out for the entire range of rolling stock that is operating on a rail network. Presented method of measuring magnetic field strength meets the requirements of the technical specifications of the TS 50238-3 and allows clear determination of whether the tested vehicle may affect the operation of the wheel sensors and consequently the axle counters. Such action would eliminate rolling stock that may affect the operation of axle counters, and thus will reduce disturbances in train movements allowing easier traffic management.

UDC 524.1

**POSSIBILITIES FOR CONTROL OF A TRUCK SEMI-ACTIVE
SUSPENSION IN ORDER TO REDUCE PITCH ANGLE AND SUSPENSION
JOUNCES WHEN BRAKING ON RAILWAY CROSSING**

**МОЖЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ АКТИВНОЮ ПІДВІСКОЮ
ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ НА
ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ**

N.L. Pavlov, PhD (Tech.)

Technical University – Sofia, Faculty of Transport (Sofia)

канд. техн. наук N.L. Pavlov

Софійський технічний університет (Софія)

Road transport and commercial vehicles are constantly being studied and improved, and proof of this is the availability of various publications on the topic. Along with the fuel economy and the exploitation efficiency of the road freight transport [1, 2 and 3], the problems of the dynamics of commercial vehicles are a question of present interest [4, 5]. When the road vehicles are under braking on the vehicle body acts a powerful disturbance as a torque. Its magnitude is proportional to the inertia force and, on the other hand to the mass center height of the vehicle [6, 7]. The action of the torque is accompanied by longitudinal tilting of the vehicle body (pitch angle) due to the presence of elastic suspension. This results in redistribution the normal reactions of the front and rear wheels. The phenomenon is most pronounced in vehicles with a short base and a high mass center as trucks and motorcycles, also in vehicles with a light rear axle such as tractors with a detached semitrailer. When the ground vehicles brakes, the wheel suspension travel may be spend and shocks may occur as a result of the inclusion of the jounce stops at maxi-

imum suspension deflection [8]. The phenomenon is known as a suspension "slam" or "jounce", which is an amalgamation of the words jump and bounce. In suspension terminology, it means the most compressed condition of a spring. These phenomena are even more pronounced when vehicle passing through convex irregularities such as some railway crossings (Fig. 1).

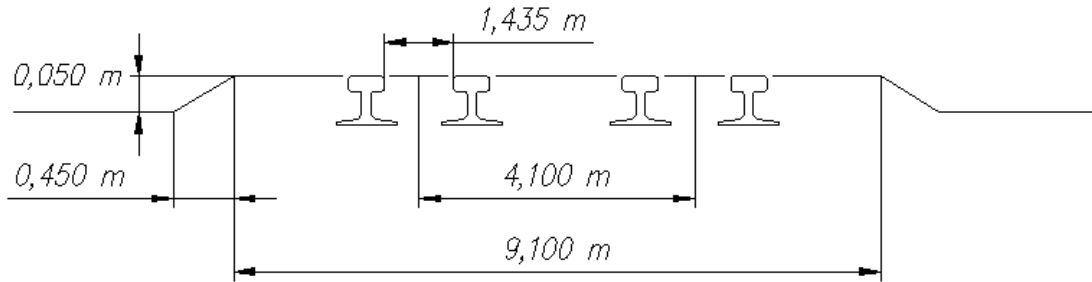


Fig. 1. A scheme of railway crossing

In order to find the pitch angle and the suspension deflection values when the truck simultaneously braking and crossing over the railway, the dynamic model shown in Fig. 2 is used. It takes into account the mass of the vehicle, its moment of inertia around the transverse axis, the elasticity of the front and rear suspension and the damping of the shock absorbers. The railway crossing is presented as irregularity with trapezoidal form.

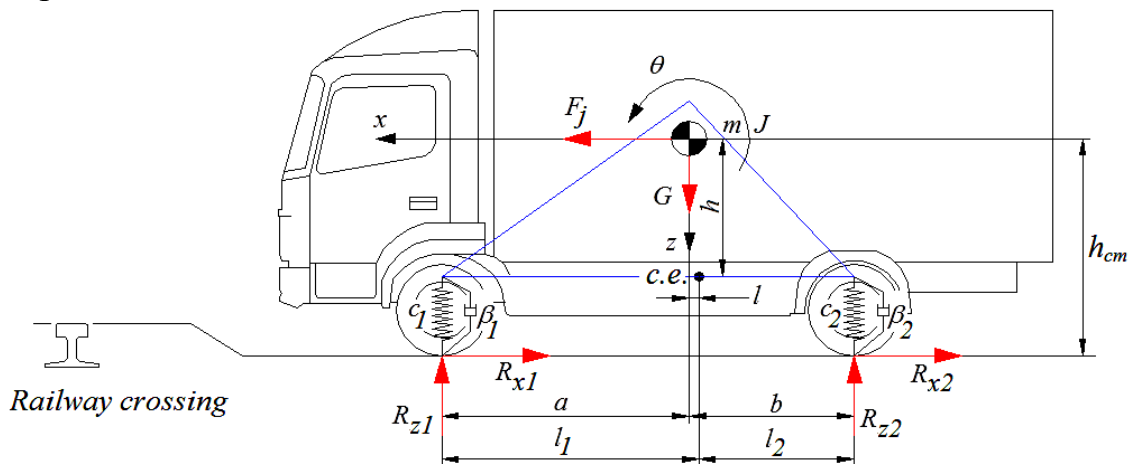


Fig. 2. Dynamic model of a truck when braking on railway crossing

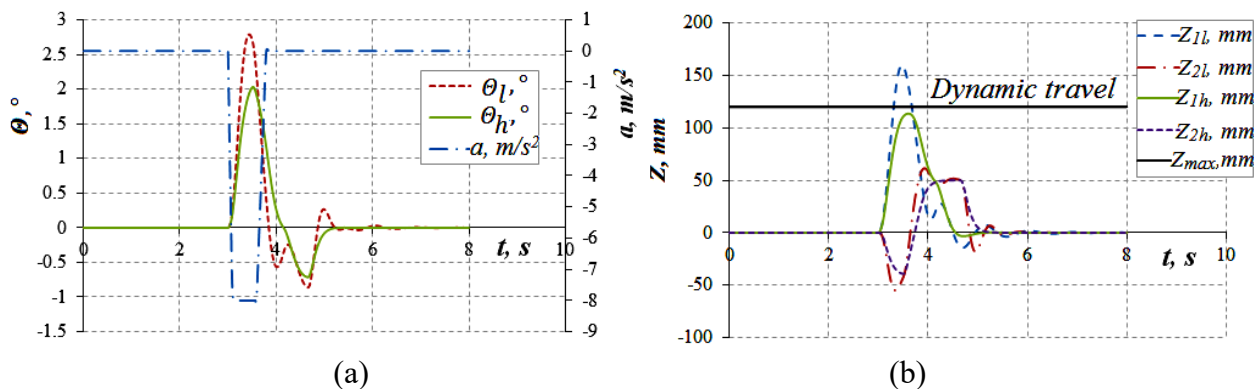


Fig. 3. Effect of the shock absorber damping ratio (β) on the pitch angle (a) and the front z_1 and rear z_2 suspension deflection (b) when the truck brakes on the railway crossing with maximum acceleration $a=8 \text{ m/s}^2$. Subscribe l when β_{low} , h when β_{high} .

- [1] L. Kunchev, Methodology for selection the truck route. Engineering for Rural Development 2017 - Proceedings, Jelgava, LATVIA, 263-272, (2017)
- [2] S. Stoilova, L. Kunchev, Application of the graph theory, AHP method and cost benefits analysis for route selection of a road train. Journal of the Balkan Tribological Association, 1, 1041-1056, (2016)
- [3] R. Ivanov, K. Georgiev, G. Kadikyanov, G. Staneva, An experimental research on the wear of truck tire. Transport Problems, 10(4), 91-98, (2015)
- [4] R. Ivanov, E. Avramov, D. Ivanova, Modeling of the reactions, acting on the tires and studying the stability of two axle's lorry in case of unsteady motion. BulTrans 2013 - Proceedings, Sofia, Bulgaria, 58-63, (2013), In Bulgarian
- [5] P. Kubo, C. Paiva, A. Larocca, J. Dawson, Quantification of the vertical load applied to the pavement during braking maneuver of a commercial vehicle. Journal of Transportation Engineering, 142(4), 1-4, (2016)
- [6] A. Revin, The necessity of accounting for the dynamics of the vehicles pitch angle under braking with the assessment of the stability of motion. Izvestiya VolgGTU, 10(113), 28-30, (2013), In Russian
- [7] A. Revin, Body dynamics and stability of the vehicle during braking. Avtomobilnaya promyshlennost, 11, 13-13, (2013), In Russian
- [8] N. Pavlov, Possibilities for Control of Semi-active Shock Absorbers in order to Reduce Cases of Suspension Jounces when Braking. Trans Motauto World, 1, 19-20, (2018)

UDC 435.23

MODELING OF A PENDULUM TYPE CHILD TRAVEL SEAT

МОДЕЛЮВАННЯ ДИТЯЧОГО СИДІННЯ МАЯТНИКОВОГО ТИПУ

N.L. Pavlov, PhD (Tech.)

Technical University – Sofia, Faculty of Transport (Sofia)

канд. техн. наук N.L. Pavlov

Софійський технічний університет (Софія)

When passengers are in a vehicle travelling round a curve at speed they will be familiar with the reality of the radial inertial force. Experiments have shown that an uncompensated radial (lateral) acceleration in excess of about 0,1g is definitely unpleasant [1]. This acceleration would be attained at about 100 km/h on an 800 m radius curve ($a=v^2/r$). One of solution is the superelevation of the track or road cross slope (virage). In addition to reducing the side thrust on the rails, super elevation tends to ensure that the resultant force due to weight and inertia force is normal to the seat. Then if the superelevation is sufficient, there is no side force tending to slide the passenger across the seat. However, if a train moves slowly or stops on a curve, the inside rail is subject to considerable thrust or the road vehicles can slip on the road. A second solution to the problem is to allow the body of the carriage to swing like a pendulum [1]. This method is widely used in many high-speed trains to improve ride comfort [2]. The principle of inclination is also used in small narrow vehicles [3]. There are passive and active trains tilting systems. There are no such structures in road transport. Instead of tilting the carriage or car (bus), seat-only tilt can be used [4]. The seat can be passive pendulum type. When vehicle cornering the centrifugal force tilts the seat and the lateral acceleration acting on travelling people is reduced. It will improve the ride comfort of travelling people. Given the fact that children are the most vulnerable group of kinetosis effects, a tilting child traveling seat can be used to improve the ride comfort of the children when they traveling by car or by train. A scheme of an experimental prototype of such a seat is shown in Fig. 1.

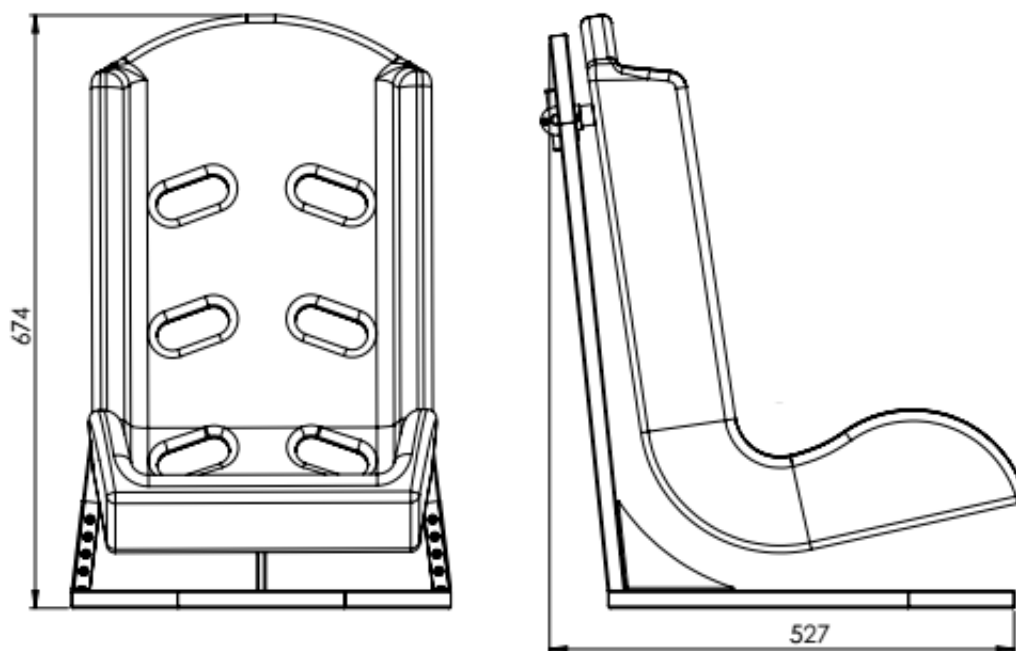


Fig. 1. A scheme of an experimental prototype of tilting child seat

A more detailed view of the seat is shown in Fig. 2.

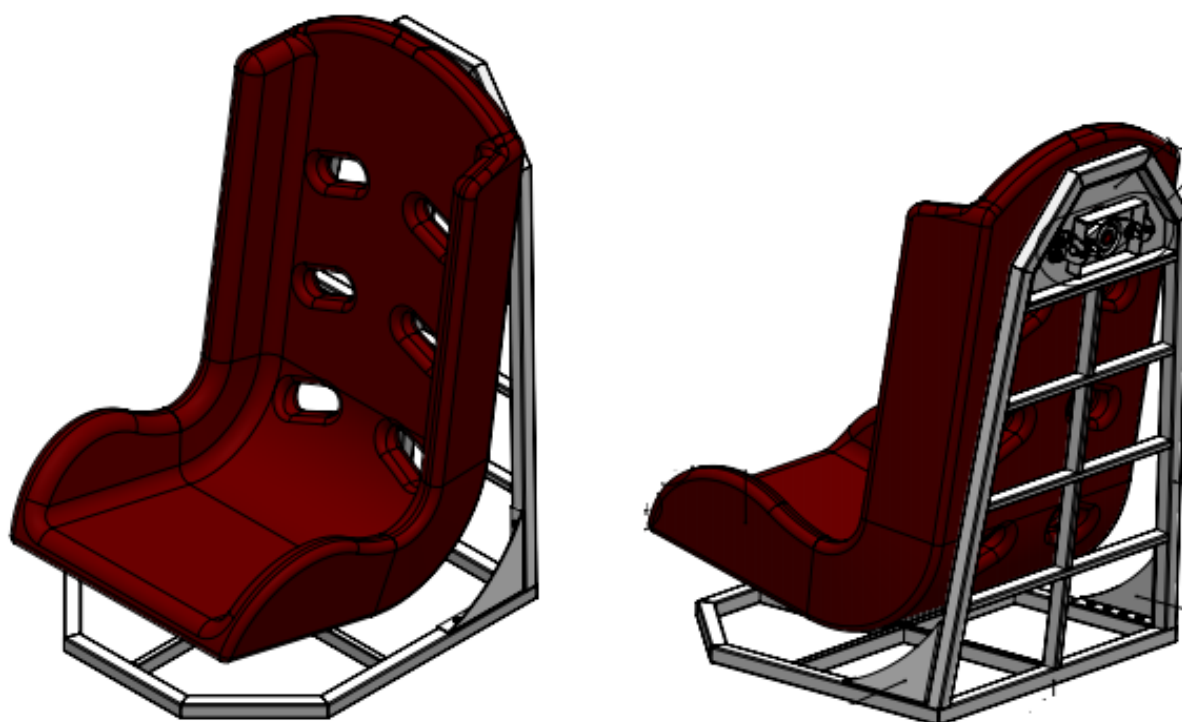


Fig. 2. Front and rear view of the prototype of the child seat

As shown in the figures above the seat in concert with the child can rotate around cylindrical joint located above its mass center. The child seat can be presented like a physical pendulum. This way they will be received results for displacement, velocity and acceleration of the pendulum type child travel seat.

Acknowledgments

This research was supported by the National Science Fund of the Ministry of Education and Science of the Republic of Bulgaria [Grant No. ДМ 07/8 (December 17, 2016)].

[1] J. Hannah, M. J. Hillier, Applied Mechanics. Longman Pub Group, (1996)

[2] R. Persson, R. M. Goodall and K. Sasaki, Carbody Tilting – Technologies and Benefits. Vehicle System Dynamics, 47(8), 949-981, (2009)

[3] R. Hibbard and D. Karnopp, Twenty First Century Transportation System Solutions – a New Type of Small, Relatively Tall and Narrow Active Tilting Commuter Vehicle. Vehicle System Dynamics, 25(5), 321-347, (1996)

[4] M. Mauer, J. C. Gerdes, B. Lenz and H. Winner, Autonomous Driving. Springer, Berlin, (2016)

УДК 656.2

НАДІЙНА ІНФРАСТРУКТУРА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ

RELIABLE INFRASTRUCTURE OF RAILWAY TRANSPORT. CHALLENGES OF MODERNITY

к.т.н., доцент, судовий експерт О.М. Баль

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (м. Львів)

Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз (м. Львів)

Ph.D., associate professor, judicial expert O. Bal

Lviv branch of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan (Lviv)

Lviv Research Institute of Forensic Expertise (Lviv)

Модернізація транспортної інфраструктури є важливим інструментом розвитку економіки нашої країни. Розвиток ефективного транспортного сполучення, створення великих спільних інфраструктурних проєктів між Україною та Євросоюзом дозволить утворити міцні зв'язки між державами. Для інтеграції транспортної системи України в європейську та світову мережу залізниць необхідним є забезпечення безпеки інфраструктури залізничного транспорту. Однак це вимагає докорінних змін у всіх сферах пов'язаних з інфраструктурним комплексом, починаючи з освіти і продовжуючи у виробництві та експлуатації.

Сучасний стан інфраструктури залізничного транспорту в Україні хоч і забезпечує нагальні потреби перевезень, однак рівень технічного стану залишає бажати кращого. Впродовж 2017 року на залізницях України допущено 686 транспортних подій, що на 24,7 % більше в порівнянні з минулим роком [1]. На залізничних переїздах сталося 86 ДТП [1]. Як правило, механізм розвитку залізнично-транспортних подій складається з комплексних причин, які охоплюють кілька господарств залізничного транспорту. Однак в цих цифрах є і вплив технічного стану залізничних колій. Також потрібно зазначити, що за останні роки спостерігалось збільшення кількості кілометрів з протермінованим капітальним ремонтом залізничних колій.

Технологічний розвиток має стати необхідною умовою для виконання поставлених задач перед інтегрованою транспортною системою України. Створення і розвиток сучасних мультимодальних транспортно-логістичних центрів дозволить оптимально розподілити потоки між видами транспорту і сформува-ти опорну сучасну транспортну інфраструктуру. Розвиток мереж контейнерних маршрутів і будівництво високошвидкісних магістралей в майбутньому вимагатиме нового погляду на існуючу інфраструктуру. Цифрові технології також стануть невід'ємною транспорту.

Прийняття нового проекту закону «Про залізничний транспорт» № 7316 від 17.11.2017 дозволить адаптувати законодавство України відповідно до основних положень законодавчих актів ЄС у сфері залізничного транспорту, імплементація яких передбачена Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Стосовно інфраструктури цей законопроект враховує відокремлення діяльності оператора інфраструктури та перевізника; забезпечення недискримінаційного та рівноправного доступу до послуг інфраструктури; збереження державного регулювання тарифів на обов'язкові послуги доступу до інфраструктури залізничного транспорту загального користування; зміну системи державного управління на залізничному транспорті; створення системи безпеки руху на залізничному транспорті та ін.

Одною з важливих задач збільшення життєвого циклу об'єктів транспортної інфраструктури є оновлення нормативних документів пов'язаних з будівництвом та експлуатацією об'єктів транспорту. При цьому потрібно враховувати міжнародні норм в сфері проектування та будівництва, також необхідним є введення ефективних стандартів управління якістю матеріалів і виконання будівельно-ремонтних робіт. Нові норми повинні стимулювати використовувати інноваційні проектні рішення і бути гнучкими, враховуючи швидкий розвиток технологій.

Можна виділити деякі напрямки поетапних змін для забезпечення надійної роботи інфраструктури залізничного транспорту:

Трансформація існуючої системи технічного регулювання в сфері транспортної інфраструктури.

Структурна реформа ПАТ «Укрзалізниця», яка передбачає створення оператора інфраструктури.

Підвищення ефективності системи управління проектами в сфері інфраструктурного будівництва.

Створення умов здорової конкуренції між постачальникам продукції та послуг в сфері будівництва та експлуатації інфраструктури, що в свою чергу підвищить якість матеріалів, конструкцій, технологій, послуг та ін.

Створення механізмів полегшення входу постачальників на ринок з одночасним підвищенням їх відповідальності за якість надання послуг. Створення реєстру учасників ринку.

Формування системи управління ризиками на залізничному транспорті та попередження залізничного транспортних подій.

Не менш важливу роль відіграє якісна підготовка кадрів для забезпечення розвитку інфраструктурного комплексу за новими освітніми програмами.

[1] Аналіз аварійності на транспорті України за 2017 рік. – К. Мінінфраструктури України, 2018.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ НЕРІВНОСТЕЙ НА ХРЕСТОВИНАХ
СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ**

**RESEARCH OF VERTICAL SURFACE IRREGULARITIES ON THE
SWITCH FROG OF THE METRO**

*канд. техн. наук В. Д. Бойко, канд. техн. наук В.М. Молчанов,
канд. техн. наук В.М. Твердомед
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*V. D. Boyko PhD (Tech.), V.M. Molchanov PhD (Tech.),
V.M. Tverdomed PhD (Tech.)
State university of infrastructure and technologies (Kyiv)*

Стрілочні переводи, на відміну від звичайної колії, мають складнішу конструкцію і працюють у важчих умовах експлуатації, що призводить до підвищеної зношуваності їхніх окремих елементів.

Зокрема, для магістральних залізниць проблема зносу гостряків, рамних рейок та хрестовин та формування силової взаємодії в межах хрестовин стрілочних переводів досліджується досить широко як у вітчизняних, так і закордонних наукових колах, однак для метрополітенів подібні дослідження фактично відсутні.

Прогнозування сил взаємодії найбільш зношуваних елементів стрілочних переводів в процесі експлуатації дозволяє раціонально й ефективно використовувати високовартісні конструкції стрілочного господарства метрополітенів, прогнозувати строки служби та планувати їх заміну, особливо в умовах обмеженого фінансування колійної інфраструктури.

Дослідженнями ЛПЗТу було встановлено, що головними характеристиками які визначають обрис нерівності при описанні траєкторії руху колеса є: форма і параметри нерівності (довжина, глибина і уклони нерівностей). Тому для оцінки рівня динамічних сил взаємодії необхідно встановлювати ці характеристики.

Під керівництвом проф. Е.І. Даніленка спочатку в ДПТі (м. Дніпро), а пізніше в ДУІТі (м. Київ) були проведені масові експериментальні дослідження траєкторій перекочування коліс по хрестовинах різних конструкцій та марок, що були виконані на ділянках з різними експлуатаційними умовами магістрального та промислового транспорту. Дана робота також є продовженням цих досліджень.

Величини динамічних вертикальних сил, що діють на хрестовину від коліс рухомого складу в зоні нерівності, можна визначати за формулою:

$$P_{дин} = P_{ст} + \Delta P_{к}, \quad (1)$$

де динамічна добавка вертикальної сили від впливу нерівності на поверхні кочення по хрестовинах $\Delta P_{к}$ знаходиться як функція від параметрів нерівності –

глибини та ухилів нерівності, а також умов експлуатації – пропущений тоннаж, швидкість та напрям руху поїзда:

$$\Delta P_{\kappa} = f(i_3, \sum i, h, V), \quad (2)$$

де i_3 –зустрічний ухил, ‰, (для (ПШ) хрестовин – ухил на вусовику, а для (ПРШ) хрестовин – ухил на осерді); $\sum i$ – сумарний ухил на переломі нерівностей, ‰; h – глибина нерівності, мм; V - швидкість руху, км/год.

Параметри нерівностей i_3 , $\sum i$, h та умови експлуатації хрестовин: швидкість руху V , пропущений тоннаж T , переважний напрям руху поїзда – пошерстний (ПШ) або протишерстний (ПРШ) є необхідною вихідною інформацією для розрахунку динамічних вертикальних сил.

Оскільки вертикальні нерівності на хрестовинах не можуть бути визначені звичайними способами, зокрема при проїзді колісвимірювального вагона, то для їх вивчення слід використовувати спеціальне обладнання. В даному дослідженні використано траєкторіограф, що емітує реальне перекочування колеса в зоні хрестовини.

Узагальнені результати проведених досліджень наведено на рис. 1 і 2.

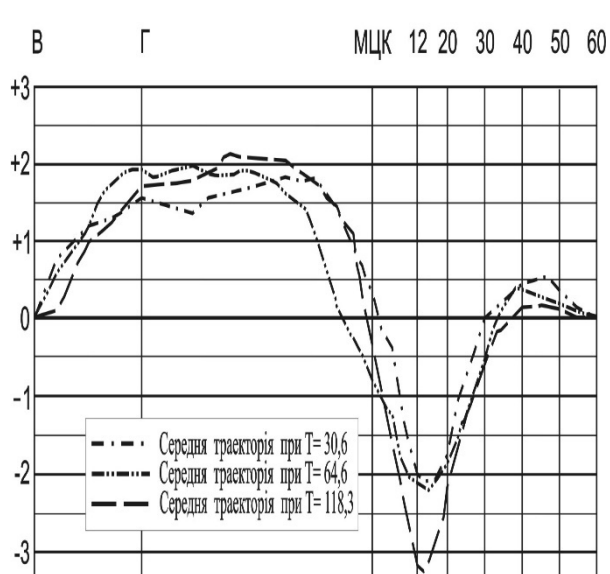


Рис. 1. Середньостатистичні вертикальні нерівності для (ПШ) хрестовин типу Р50 марки 1/9 на різних стадіях експлуатації

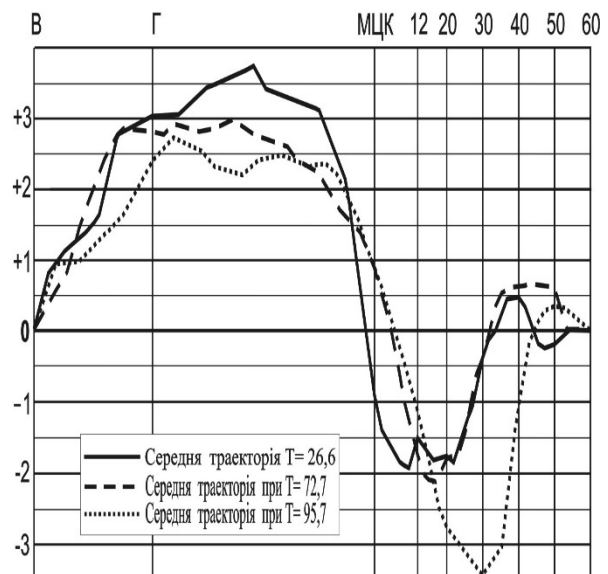


Рис. 2. Середньостатистичні вертикальні нерівності для (ПРШ) хрестовин типу Р65 марки 1/9 на різних стадіях експлуатації

Проведені дослідження дозволили встановити форми, параметри та основні закономірності формування нерівностей в зоні перекочування на хрестовинах типу Р65 і Р50 марки 1/9 на дерев'яних брусах в різних умовах експлуатації, що є основою для визначення вертикальних динамічних сил взаємодії в межах хрестовини, на основі яких встановлюють максимальні допустимі швидкості руху.

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ НА ЧИСЛЕННОСТЬ
МОНТЕРОВ**

**INFLUENCE OF STRUCTURE OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
OF TRACK MAINTENANCE ON THE NUMBER OF TECHNICIANS**

*канд. техн. наук Д.И. Бочкарев, канд. техн. наук П.В. Ковтун, О.В. Осипова
Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)*

*D. I. Bochcarov, PhD (Tech.), P. V. Kovtun, PhD (Tech.), O. V. Osipova
Belarusian State University of Transport (Gomel)*

Обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов без снижения установленных скоростей требует постоянной исправности железнодорожного пути на всем протяжении, своевременного установления и устранения причин появления неисправностей. Работы по текущему содержанию пути выполняются в плановом порядке в течение всего года. Планирование работ производится на основе данных, получаемых в результате ежедневных наблюдений, периодических осмотров и проверок состояния пути, а также анализа их результатов. Для обеспечения текущего содержания на каждый километр главного пути, станционный путь и на стрелочный перевод планируется на год определенное количество рабочей силы, машин, механизмов и материалов в соответствии с эксплуатационными факторами.

Все выполняемые работы по текущему содержанию пути можно разделить по сезонам года на летние, осенние, зимние и весенние. Кроме того, данные работы можно классифицировать по технологическому признаку на: работы по балласту, работы по шпалам, работы по рельсам и скреплениям, работы по стрелочным переводам, погрузочно-разгрузочные и транспортные работы, работы по путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота. По данному технологическому признаку были сгруппированы 233 технологических процесса, выполняемые по текущему содержанию пути, с указанием используемых машин и средств малой механизации. В результате анализа полученной информации можно выделить следующие технологические процессы:

1) выполняемые исключительно вручную (данные работы носят локальный характер, их частичная или полная механизация затруднительны вследствие незначительности по объему, но рассредоточенности по протяженности);

2) выполняемые вручную, но имеющие возможность полной механизации (данные работы должны быть исключены при качественном выполнении аналогичных технологических процессов с использованием машин и инструментов);

3) выполняемые путевым механизированным инструментом, но имеющие возможность выполнения машинами;

4) выполняемые машинами циклического действия (повышение производи-

тельности данных технологических процессов не представляется возможным вследствие циклического характера самих работ);

5) выполняемые машинами (производительность данных технологических процессов может быть увеличена при использовании более современных моделей машин (в частности замене машин циклического действия машинами непрерывного действия) или при более эффективной эксплуатации существующих).

Технологические процессы, выделенные в п. 5, можно сгруппировать на работы по балласту, работы по шпалам, работы по рельсам и скреплениям, работы по стрелочным переводам. Анализ фактических данных о выполнении дистанциями пути Белорусской железной дороги объемов работ по текущему содержанию пути показал, что около половины от общего объема работ (48,9 %) приходилось на работы по рельсам и скреплениям. Около 1/5 от общего объема работ связано с работами по стрелочным переводам (21,3 %), а также по балласту (19,7 %). Менее десяти процентов от общего объема работ приходится на работы по шпалам (9,4 %). На погрузочно-разгрузочные и транспортные работы, работы по путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота, а также работы по исправлению пути на пучинах в сумме приходится около 0,6 % от общего объема работ.

Для установления состава работ по текущему содержанию пути на отдельных полигонах Белорусской железной дороги был выполнен анализ работ и их структурирование по дистанциям пути. Сравнение производилось по трудозатратам на текущее содержание пути в целом, а также на выполнение отдельных видов работ. Наибольший объем работ (в пересчете на трудозатраты) по текущему содержанию выполнялся Гомельской (8,5 % от общего объема), Минской (7,8 %), Молодечненской (7,6 %), Калинковичской (7,3 %), Оршанской (7 %) дистанциями пути. В работах по рельсам и скреплениям наибольший объем выполняют дистанции Молодечно (9,6 %), Минск (9,3 %), Гомель (8 %), Калинковичи (7,4 %). В работах по стрелочным переводам наибольший объем выполняют дистанции Гомель (12,3 %), Калинковичи (9,8 %), Минск (7,9 %), Волковыск (7,4 %), Жлобин (7,4 %). В работах по балласту наибольший объем выполняют дистанции Полоцк (10,2 %), Жабинка (8,3 %), Осиповичи (8,1 %), Гомель (7,7 %). В работах по шпалам наибольший объем выполняют дистанции Орша (18,3 %), Волковыск (9,4 %), Брест (9,2 %), Жабинка (7,5 %).

Далее был выполнен анализ состава работ и трудозатрат на них внутри каждого вида и выявлены резервы сокращения трудозатрат при эффективном использовании современных путевых машин. В связи с этим, были пересмотрены действующие дифференцированные нормы затрат труда на текущее содержание пути и постоянные устройства. В результате корректировки нормативов расчетная численность монтеров уменьшилась.

Таким образом, оптимизация технологических процессов по текущему содержанию железнодорожного пути с учетом современных путевых машин и механизмов способствует сокращению трудовых затрат при улучшении качества выполняемых работ.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

FEATURES OF COMPILING TECHNOLOGICAL CARDS OF THE RAILWAY

*канд. техн. наук Д.И Бочкарев, ассистент А.С. Лапушкин
Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)*

*D.I. Bochkarev, PhD (Tech.), A.S. Lapushkin
Belarusian state university of transport (Gomel)*

Технологические карты показывают виды выполняемых работ, их последовательность, применяемые механизмы, нормы времени, расходные материалы, производительность, а также приемы работы и должности работников. Широко применяются технологические карты в строительстве, в машиностроении и других отраслях. Не является исключением и путевое хозяйство железных дорог.

С одной стороны количество рабочих с достаточно низкой квалификацией может увеличиваться из года в год, что ведет к невозможности качественного выполнения самых простых работ. С другой стороны, могут появляться новые виды работ, поэтому даже квалифицированный рабочий или мастер зачастую не знают, как же правильно и максимально быстро выполнить возложенные на них обязанности. В таких случаях предприятиями составляются технологические карты.

Готовая технологическая карта отвечает на вопросы: какие операции необходимо выполнять и в какой последовательности, с какой периодичностью (при повторении операции более одного раза), сколько уходит времени на выполнение каждой операции в отдельности, каков результат выполнения и какие необходимы инструменты и материалы.

В случае высокой сложности выполняемых операций, наличия спорных элементов и неоднозначностей в их выполнении, технологические карты разрабатываются подробно на каждую составляющую с детальным ее детальным описанием.

Состав технологических карт по текущему содержанию железнодорожного пути включает такие разделы как: общие положения; перечень нормативных документов; состав исполнителей, механизмы и инструмент; организация и технология производства работ; требования безопасности и требования экологической безопасности.

В разделе «Общие положения» представляется характеристика ремонтируемого участка, оговариваются места расположения требуемых для работ материалов, указываются особенности выполнения отдельных работ, требующих особое внимание при их производстве. Перечень нормативных документов со-

держит необходимый и достаточный объем нормативных источников, на основании которых построена технологическая карта.

Раздел «Состав исполнителей» содержит информацию о том, под чьим руководством выполняется работа, а так же должности и количество работников занятых на выполнении данной работы.

В разделе механизмы и инструмент приводится перечень и количество единиц необходимого путевого инструмента для выполнения тех или иных работ.

Раздел «Организация и технология производства работ» содержит информацию о составе и порядке выполнения работ по тому или иному технологическому процессу. В состав работ могут входить подготовительные работы, в процессе выполнения которых производится подготовка необходимых условий для выполнения основных работ. Так, например, при выполнении исправления просядок и перекосов пути на гравийном и песчано-гравийном балласте подбивкой деревянных шпал электрошпалоподбойками ЭШП-9, до начала следует подтянуть гайки клеммных и закладных болтов при скреплении, КД (К-4), довернуть шурупы при скреплении КД (К-4) и добить костыли с подвешиванием шпал при скреплении ДО. Это позволит тщательно закрепить шпалы и исключить их перемещения относительно рельса при вывешивании домкратами во время проведения основных работ. Вслед за подготовительными работами, выполняются основные.

При написании раздела «Организация и технология производства работ» разрабатывается цепочка, определяющая последовательность работ и подбирается необходимый инструмент. Цепочка последовательности проведения работ, а так же наименование и количество необходимого инструмента для проведения исправления просядок и перекосов пути на гравийном и песчано-гравийном балласте подбивкой деревянных шпал электрошпалоподбойками ЭШП-9 приведены на рис. 1.

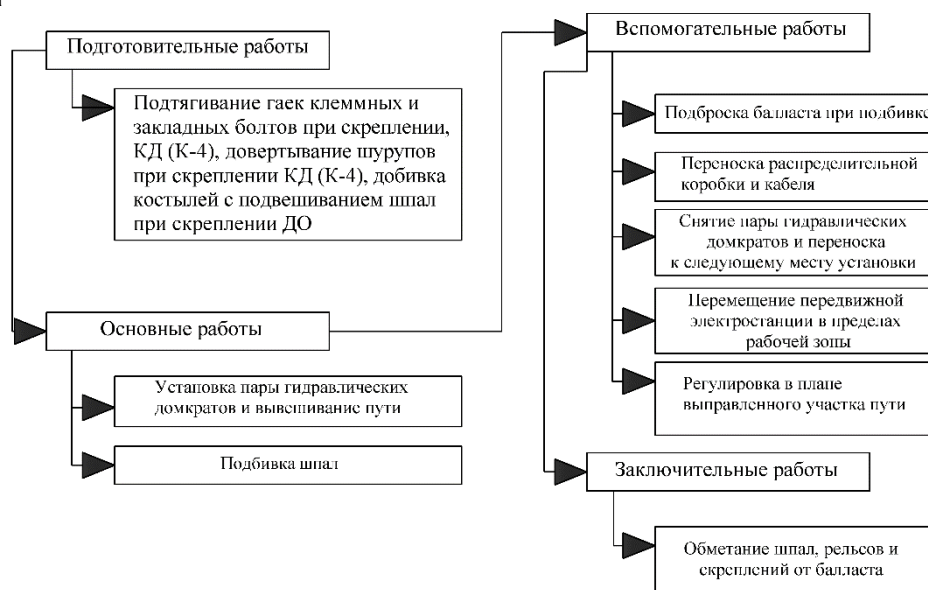


Рис. 1 – Цепочка последовательности проведения работ

Описание основных работ, как правило, содержит их последовательность, схемы установки определенного инструмента для качественного выполнения

работ, порядок движения рабочей силы и критерии судя по которым можно считать основные работы выполненными.

В разделе «Требования безопасности» приводятся положения об ограждении места производства работ сигнальными знаками и при необходимости знаками уменьшения скорости, указывается в какие документы, при необходимости должны быть сделаны записи перед началом работ и после их окончания. Оговаривается, каким вопросам необходимо уделить внимание при инструктаже работников. Акцентируется внимание на меры, которые должен принять руководитель по своевременному сходу работников с пути во время приближающегося поезда. Также в данном разделе оговариваются условия использования путевого механизированного гидравлического, электрического, мотоинструмента и других. Приводятся требования к их эксплуатации в соответствии с особенностями производства работ по данному технологическому процессу, а также правила допуска к работе с данным инструментом.

Завершающим является раздел «Требования экологической безопасности», который включает основные положения действующих нормативных и нормативно-технических правовых актов Республики Беларусь в области экологической безопасности, а также нормативных документов Белорусской железной дороги требований экологической безопасности.

УДК 629.4.027.512

ОЦІНКА ЗАХОДІВ ПО ЗМЕНШЕННЮ ЗНОСУ КОЛІСНИХ ПАР ТА РЕЙОК ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ В ГІРСЬКИХ УМОВАХ

EVALUATION OF MEASURES UNDER THE DECREASING OF CHANGE OF COLLECTED PARAS AND RISK IN THE USE OF LOCOMOTIVES IN GUILT CONDITIONS

*канд .техн. наук С.І. Возненко¹, д-р. техн. наук. А.П. Фалендиш¹,
канд. техн. наук А.Л. Сумцов¹, О.В. Клецка¹,
канд. техн. наук М. Блатницьки²*

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

²*Жилінський університет (м. Жиліна)*

*S.I. Voznenko¹, PhD (Tech.), A.P. Falendysh¹, Dr.Sci.Eng.,
A.L. Sumtsov¹, PhD (Tech.), O.V. Kletska¹, M. Blatnicky², PhD (Tech.),*

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

²*University of Zilina (Zilina)*

У нинішніх умовах до рухомого складу і основних його вузлів пред'являють все більші вимоги до надійності їх роботи. До основних вузлів, які лімітують надійність локомотива в цілому та впливають на безпеку руху відносять: колісні пари, тягові двигуни, автогальма. Тенденція підвищення швидкостей руху поїздів, збільшення їх маси, як за кордоном, так і в Україні, ще більше підкреслює актуальність проблеми надійності та довговічності колісних пар та рейок.

У такому контексті при експлуатації на колісні пари збільшуються статичні та динамічні навантаження. До того ж перехід на ринкові відносини вимагає від локомотиворемонтних підприємств пошуку нових способів продовження терміну служби колісних пар і зниження вартості їх ремонту.

Останніми роками, у зв'язку із загостренням цієї проблеми, в публікації описана велика кількість шляхів підвищення їх надійності. Але для вибору раціонального заходу необхідно виконати оцінку ефективності їх впровадження. Цій проблемі присвячена дана робота.

Одним із способів з вирішення проблеми стійкої взаємодії системи «колесо - рейка» - це лубрикація бічної поверхні головки рейки і гребенів коліс. Вона дозволяє понизити витрату паливно-енергетичних ресурсів на тягу поїздів, підвищити ресурс коліс і рейок.

Триботехнічна система «колесо-рейка» заснована на двох антагоністичних принципах. У фрикційному контакті перший визначає силу тяги локомотива по зчепленню з рейкою, а другою визначає знос колісних пар і рейок. Обидва принципи зв'язано між собою коефіцієнтом тертя, із зростанням якого коефіцієнт тяги зростає, а знос в парі тертя колесо-рейка збільшується і навпаки. З метою збільшення коефіцієнта тяги, в пару тертя подається пісок і, в той же час, з метою зменшення зносу, в пару тертя подається мастило. Пісок є сильним абразивом і значно впливає на знос колеса і рейки. Крім того, дослідження [1] показали, що після проходження першого колеса помел піску практично завершується, а поверхня піску збільшується в 4-5 разів і стає адсорбційно-активним середовищем, що інтенсивно поглинає в своїх порах мастило і вологу. У зв'язку з цим, лубрикаційні плівки на поверхні тертя колесо-рейку після попадання на них піску виконують розділові властивості і не захищають її від зносу.

Підвищення зносостійкості пари тертя «колесо-рейка» - складний багатофакторний процес, що вимагає комплексного підходу. В той же час, першим і природним кроком до вирішення цієї проблеми є усунення співвідношення їх твердості, що склалася.

На сьогоднішній день існує декілька способів підвищення твердості гребенів колісних пар, які класифікуються за способом нагріву і охолодження: об'ємна загартування в печах, загартування СВЧ, загартування лазерним, електронним променями, загартування плазмовою дугою (струменем), електроконтактне загартування, киснево-ацитіленове загартування, лазерне наплавлення, плазмове напилення.

Всі ці технології привертають увагу тим, що можуть надати:

- збільшення пробігу колісних пар локомотивів від обточування до обточування, від ремонту до ремонту;

- зниження трудовитрат і засобів на ремонт і відновлення геометричних розмірів колісних пар локомотивів за рахунок використання нових методів обробки і матеріалів.

Наприклад, проведені експлуатаційні випробування підвищення надійності колісних пар методом плазмового зміцнення гребенів продемонстрували зменшення зносу гребеня в 2,7 раз та збільшення пробігу між обточуваннями колісних пар на 60 %.

Всі ці методи окремо показують на дослідних зразках свою ефективність, але якщо застосовувати одночасно декілька методів підвищення надійності ко-

лісних пар, то можливо вийде досягти підвищення їх ефективності у декілька разів.

У роботах [2,3] на основі аналізу світового досвіду і експериментальних робіт зроблений висновок: збільшення твердості колеса на 1 НВ в експлуатаційному інтервалі твердості збільшує їх зносостійкість на 1-2 %. Крім того, збільшення твердості коліс від 250 до 600 НВ практично не впливає на знос і контактну довговічність рейки, а контактнo-втомна довговічність коліс зростає пропорційно квадрату приросту їх твердості.

Таким чином важливим напрямком подальших досліджень є обґрунтування пошуку оптимальних комбінацій з різних методів шляхом застосування комплексного підходу до оцінки проблеми «колесо-рейка».

[1] Канаев А.Т., Кусаинов К.Т., Кенжебаев М.К. Влияние плазменного упрочнения на структуру гребня колесных пар // Локомотив, 2006. – №6. – С. 38-39.

[2] Обзор популярных ресурсосберегающих технологий и технических средств // Локомотив-информ, 2008. – №11. – С. 20-22.

[3] Мороз Б.А., Марютин К.А., Балановский А.Е. Комплексная система ресурсосбережения колес и рельсов (опыт Восточно-Сибирской железной дороги) // Локомотив, 1998. – № 19. – С. 19-22.

УДК 625.73

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТОВИХ НАСИПІВ

TECHNICAL SOLUTIONS OF WORKING BODIES FOR MACHINE EFFICIENT DISPOSAL OF SOIL LIGHTS

канд .техн. наук К.Ц. Главацький, В.Е. Черкудінов, О.П. Посмітюха

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

K.Ts. Glavatskiy, PhD. (Tech), V.E. Cherkudinov, A.P. Posmituha

Dnipropetrovsk national University of railway transport named after academician V. Lazaryan (Dnipro)

У сучасних умовах виконання земляних робіт при спорудженні ґрунтових насипів, зокрема, залізничних колій, на завершальному етапі актуальним є питання ефективного ущільнення ґрунту, оскільки від цього, в значній мірі, залежить стійкість ґрунтової споруди з урахуванням стабільності параметрів вологості ґрунту та розрахункового навантаження.

Відомі ґрунтоущільнювальні машини (ГУМ) коткового типу, віброплити та трамбівки традиційно ущільнюють свіжонасипаний ґрунт послідовними проходками з дотриманням основної умови - не перевищення поверхневого тиску робочого органа (РО) на ґрунт межі пластичності ґрунту. Для цього передбачені певні технологічні послідовності застосування як ГУМ в цілому, так і їх РО [1, 2, 3].

Порядок роботи РО ГУМ характеризується або поступовим зменшенням їх контактної площі з ґрунтом за рахунок зміни розмірів і форми їх робочої повер-

хні, наприклад, поступове зменшення діаметра циліндричного металевого котка, встановлення на його поверхню змінних бандажів з кулачками змінних розмірів та профілю, поступове збільшення тиску в пневматичних котках, або поступове збільшення навантаження на РО.

Загальним недоліком роботи усіх відомих ГУМ є те, що вони не обмежують виходу ґрунту з-під їх робочої поверхні (не блокують ґрунт) у випадку перевищення поверхневого тиску РО на ґрунт межі пластичності ґрунту.

Метою роботи є розробка принципів варіантів технічних рішень РО ГУМ для прискореного блокованого ущільнення ґрунту.

Висунута авторами наукова гіпотеза полягає у перевищенні поверхневого тиску РО на ґрунт межі пластичності ґрунту шляхом блокування його переміщення з-під робочої поверхні РО і використання цього ефекту для прискорення процесу ущільнення ґрунту за рахунок скорочення кількості проходів РО ГУМ та використання заблокованого і максимально ущільненого ґрунту під РО як передаючої ланки тиску на нижче розташовані і, можливо, недостатньо ущільнені шари ґрунту.

Запропонована авторами конструкція РО блокуючої дії на ґрунт передбачає створення ними умов блокування ґрунту від поперечного розсування з-під РО і під час його руху.

Такого результату можливо досягти, виконавши робочу поверхню РО вальця котка чи робочої поверхні віброплити чи трамбівки спеціальної форми, наприклад, профільною. Запропонований технологічний ряд виконання профілів РО може бути, наприклад, прямокутним, трикутним, трапецієподібним, хвилястим, комбінованим.

Авторами запропоновані і захищені патентами ряд конструктивних рішень ГУМ, в яких передбачена зміна кількості контактуючих з ґрунтом РО, а також розроблені технологічні послідовності застосування нових РО ГУМ та машин у цілому з акцентом на блоковане ущільнення [4, 5, 6].

Запропоновані варіанти виконання змінних РО вібро-трамбівок і площадок передбачають профільне суцільне чи секційне виконання їх робочої поверхні для реалізації блокованого ущільнення ґрунту як без переміщення машини, так і у вертикальному та горизонтальному напрямку під час поступального руху для комбінованої реалізації як блокованого ущільнення ґрунту, так і зміни тиску у місці контакту робочої поверхні РО з ґрунтом.

Виконання робочої поверхні РО рельєфною збільшить її контактну площу з ґрунтом, а, отже, і до зменшення питомого тиску на ґрунт. Це дозволить більш плавного видаляти з ущільненого масиву газоподібну і рідинну фазу ґрунту.

Рельєфність зовнішньої поверхні ущільненого шару ґрунту створюватиме умови для додаткового блокування наступного насипаного шару ґрунту.

Таким чином, запропоновані розробки принципів варіантів технічних рішень РО ГУМ для прискореного блокованого ущільнення ґрунту забезпечать досягнення очікуваного результату за рахунок прискорення процесу ущільнення ґрунту шляхом збільшення робочого напруження ґрунту під поверхнею РО за рахунок його блокування.

Процес ущільнення ґрунту під блокуючою поверхнею РО ГУМ здійснюватиметься не тільки у вертикальному, але і у горизонтальному та похилому напрямку, що підвищить ефективність і якість і ущільнення.

- [1] Машина для земляних робіт: [Текст]: Навчальний посібник /Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке Л.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
- [2] Машина для земляних робіт: [Текст]: Підручник /Л.А. Хмара, С.В. Кравець, М.П. Скоблюк та ін.; за заг. ред д. т. н., проф. Л.А. Хмари, та д. т. н., проф. С.В. Кравця - Х.: ХНАДУ, 2014 - 548 с.
- [3] Блохін В.С., Маліч М.Г. Основні параметри технологічних машин. Машина для земляних робіт: У 2 ч.: [Текст]: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2006. – Ч. 1. – 497 с.
- [4] Пат. 98823 Україна, МПК⁹ E01 C 19/28. Ґрунтоущільнювальна машина. Главацький К.Ц., Небесний М.К., Посмітюха О.П., Проскурня В.М.; заявник і власник патенту Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - № 201007379 ; заявл. 14.06.2010; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.
- [5] Пат. 101518 Україна, МПК⁹ E01 C 19/28. Ґрунтоущільнювальна машина. Главацький К.Ц., Небесний М.К., Посмітюха О.П., Проскурня В.М., Черкудінов В.Е.; заявник і власник патенту Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - № a2011 033351; заявл. 21.03.2011; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18.
- [6] Пат. 99342 Україна, МПК⁹ E01 C 19/28, Ґрунтоущільнювальна машина. Главацький К.Ц., Небесний М.К., Посмітюха О.П., Проскурня В.М., Радкевич А.В., Яковлев С.О.; заявник і власник патенту Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - № 201011235; заявл. 20.09.2010; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15.

УДК 625.143.5

**ЗМІННІСТЬ ПРУЖНОЖОРСТКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОКОВОГО
ЗГИНУ ТА КРУЧЕННЯ РЕЙКОВОЇ НИТКИ ЗАЛЕЖНО ВІД
СПІВВІДНОШЕННЯ КОЛІСНИХ НАВАНТАЖЕНЬ $P_{дин}/N_{дин}$**

**THE VARIABILITY OF ELASTIC STIFFNESS CHARACTERISTICS OF
THE RAIL THREADS SIDE BENDING AND TORSION DEPENDING ON
THE CORRELATION OF ACTING WHEEL LOADS P_{dyn}/N_{dyn}**

*д-р техн. наук Е.І. Даніленко, канд. техн. наук В.М. Молчанов,
канд. техн. наук Т.П. Даніленко
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*E.I. Danilenko, Dr. Tech. Sc., V.M. Molchanov PhD (Tech.),
T.P. Danilenko PhD (Tech.)
State university of infrastructure and technologies (Kyiv)*

Вивченням характеристик просторової жорсткості та пружності рейкових ниток залізничної колії займалось багато вчених та дослідників протягом XIX – XX століть, в тому числі такі видатні вітчизняні вчені як професори С.П. Тимошенко, О.П. Єршков, В.Г. Альбрехт, й також ювіляр даної конференції проф. В.І. Ангелейко.

Однак, до теперішнього часу в довідковій технічній літературі надається дуже різноманітний спектр результатів даних характеристик, особливо в площині бокового вигину рейкової нитки та при її крученні. Приведені довідкові дані (посилання на літературні джерела наведені в одноіменній статті) не враховують реального співвідношення діючих на рейкову нитку вертикальних та горизонтальних сил $P_{дин}/N_{дин}$, і як правило, відносяться до аналізу застарілих конструкцій верхньої будови колії, що застосовувались на вітчизняних залізницях 40–50 років тому.

При цьому загальною особливістю усіх наведених у вітчизняній літературі характеристик жорсткості та пружності при боковому вигині та крученні рей-

кової нитки (для будь-яких конструкцій колії) є відсутність функціональної залежності вказаних характеристик від реально діючих на рейку динамічних вертикальних і горизонтальних сил $P_{дин}$ та $H_{дин}$.

Нашими сучасними експериментальними і теоретичними дослідженнями 2012–2016 рр. встановлено, що існує безпосередня функціональна залежність реальних значень жорсткості та модуля пружності рейкової нитки при боковому вигині та крученні від діючих на рейку вертикальних і горизонтальних колісних навантажень:

$$\beta_y^{(T)} = f_1 \cdot \left(\frac{P_{дин}}{H_{дин}} \right); \beta_\phi^{(T)} = f_2 \cdot \left(\frac{P_{дин}}{H_{дин}} \right); U_y^{(T)} = f_3 \cdot \left(\frac{P_{дин}}{H_{дин}} \right); U_\phi^{(T)} = f_4 \cdot \left(\frac{P_{дин}}{H_{дин}} \right).$$

Дослідження, виконані на мережі колій Південно-Західної залізниці на прикладі випробовувань різноманітних конструкцій залізничної колії на залізобетонних та дерев'яних шпалах з сучасними конструкціями вітчизняних скріплень без підкладкового та підкладкового типів (КБ, КПП-5, КПП-1, Д0).

Основні графічні залежності модулів пружності колії при боковому вигині рейкової нитки в функції від діючих сил $U_y^{(T)} = f_3 \cdot \left(\frac{P_{дин}}{H_{дин}} \right)$ для скріплень типів КБ, КПП-5, КПП-1, Д0 при рейках Р65 наведені на рис. 1.

Більш докладні результати виконаних досліджень наведені в одноіменній статті, що публікується за результатами даної наукової конференції.

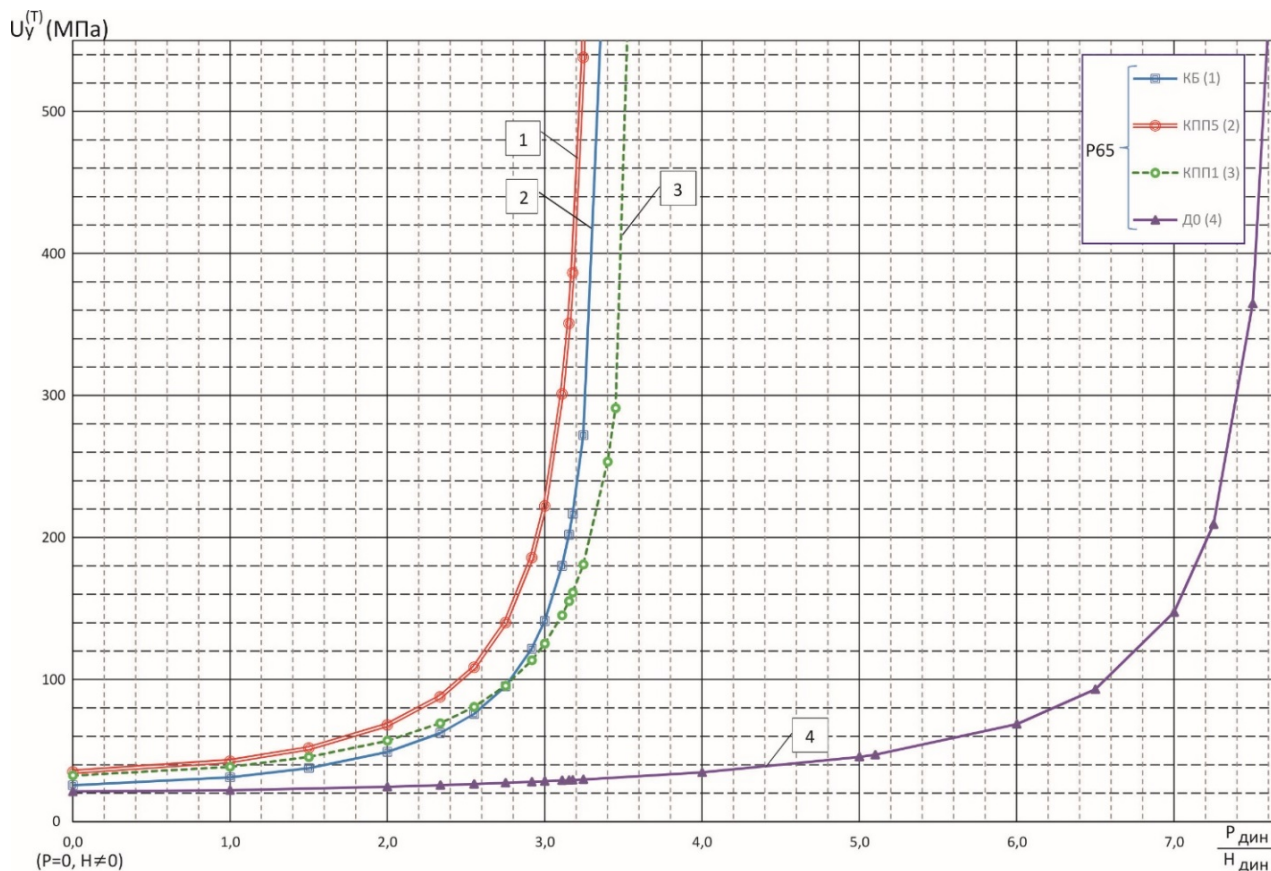


Рис. 1. Графік функціональної залежності $U_y^{(T)} = f_3 \cdot \left(\frac{P_{дин}}{H_{дин}} \right)$ для рейкової нитки Р65 на залізобетонних (1, 2, 3) і дерев'яних (4) шпалах

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ДЕФЕКТІВ КОНТАКТНО-ВТОМЛЕНОГО ПОХОДЖЕННЯ В РЕЙКАХ

FEATURES OF THE DEVELOPMENT CONTACT FATIGUE DEFECTS IN RAILS

*д-р техн. наук О. М. Даренський, канд. техн. наук В. Г. Вітольберг,
канд. техн. наук Д. О. Потапов, Горяїнова О.В.
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. M. Darenskiy, Dr. Tech. Sc., D. O. Potapov, PhD (Tech.),
V. G. Vitolberg, PhD (Tech.), O. V. Goraynova
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Терміни служби рейок в даний час визначаються, в основному, відмовами рейок в результаті появи в них дефектів і пошкоджень, в першу чергу – дефектів контактено-втомного походження. У представленій роботі зроблена спроба встановлення причин виникнення в рейках таких дефектів в умовах КП «Харківський метрополітен». Загальновідомо, що основною причиною виникнення таких дефектів є недостатня втомна міцність металу. Однак багаторічні спостереження авторів показали, що значна частина дефектів виникає в кривих ділянках колії, і немає відповіді на питання, що ж є причиною значної кількості дефектів. У зарубіжних дослідженнях, також звертається увага на високу ступінь інтенсивності утворення дефектів рейок в кривих, однак, теж немає однозначної відповіді на питання, в чому причина цього явища. Таким чином, дослідження причин появи дефектів контактено-втомного походження в рейках, продовжує оставатися актуальним завданням, особливо у специфічних експлуатаційних умовах метрополітенів.

В основу роботи були покладено результати багаторічних спостережень за роботою рейок в колії в умовах КП «Харківський метрополітен», чисельні дослідження динаміки взаємодії колії та рухомого складу із застосуванням методів теорії ймовірності для узагальнення результатів досліджень. На підставі аналізу отриманої інформації було зроблено припущення про те, що основною причиною дефектів контактено-втомного походження рейок є дія горизонтальних поперечних сил.

Слід зазначити, що експериментальне визначення таких сил, навіть в умовах магістральних залізниць, пов'язане з великими витратами матеріальних ресурсів і часу і не дає однозначної відповіді на питання про вплив характеристик рухомого складу на рівень цих сил, оскільки вихідні дані (фактичні значення швидкостей руху, осьових навантажень, жорсткостей ресорних комплектів і ін.) точно визначити практично неможливо. В умовах метрополітенів, в зв'язку із

стисненими умовами, проведення таких робіт практично неможливо. Тому авторами було прийнято рішення про проведення чисельних досліджень динамічних вертикальних і горизонтальних поперечних сил для умов метрополітену. Для вирішення цього завдання була розроблена математична модель просторової динамічної системи екіпаж-колія.

Отримані результати дозволяють надавати обґрунтовані рекомендації про зміну експлуатаційних характеристик в кривих ділянках колії метрополітенів України для зниження рівня пошкоджуваності дефектами контактно-втомного походження. Йдеться як про швидкості руху, що допускаються в кривих різних радіусів виходячи з величини підвищення зовнішньої рейки, так і про можливість коригування цих параметрів.

Також проведені дослідження можуть служити підставою для розробки рекомендацій щодо періодичності проведення ремонтно-колійних робіт.

УДК 625.143.472

ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВУЗЛА ПРОМІЖНОГО РЕЙКОВОГО СКРІПЛЕННЯ КПП-5 ЗА ДОПОМОГОЮ РЕМОНТНИХ ПРОКЛАДОК ПРП 3.2

RECOVERY OF CAPACITY OF KNOT OF INTERMEDIATE RAIL FASTENING KPP – 5 BY MEANS REPAIR GASKETS PRP 3.2

*д-р техн. наук О.М. Даренський¹, асистент О.В. Горяїнова¹,
канд. техн. наук. Н.В. Бугаєць¹, інженер С.В. Кулік²
¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)
²Куп'янськ – Вузлова дистанція колії (Куп'янськ)*

***О.М. Darenskiy¹ Dr. Tech. Sc., N.V. Bugaec¹ PhD(Tech.),
O.V. Goryainova¹ assistant, S.V. Kulik, Engineer²
¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)
²Coup'yansc - Knot distance of track (Coup'yansc)***

Починаючи з 2003 року на залізницях України дозволено до застосування проміжне скріплення типу КПП-5. Згідно діючих нормативних документів дозволяють укладання безстикової колії з застосуванням цього скріплення на ділянках з будь-якою вантажонапруженістю в прямих і кривих з радіусами 350 м і більше [1-3].

Аналізуючи нормативні документи, а також аналізуючи дослідження вітчизняних та закордонних вчених [4-7], величина початкової деформації пружних клем залежно від товщини підрейкової прокладки буде знаходитись у межах 11,24 – 13,24 мм, а жорсткість клем яка була визначена в лабораторних умовах приблизно становить 1,4 кН/мм.

Монтажне притиснення клем до шпали, під час експлуатації, буде зменшуватись внаслідок впливу остаточних деформацій та зносу підрейкової прокладки, остаточних деформацій клем та зносу отворів в анкерах та зносу бетону підрейкової площадки внаслідок чого збільшується відстань осі анкера відносно підрейкової площадки шпали.

Також потрібно враховувати зміни жорсткості підрейкових прокладок під впливом експлуатаційних умов.

Для дослідження змін деяких параметрів в залежності від їх силової роботи, а також пропущеного по ділянках тонажу було виконано розрахунки для чотирьох значень вантажнапруженості: 15,30, 45, 60 млн т км бруто /км за рік (рис. 1,2).

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновки, що подальша експлуатація конструкції в якій використовуються прокладки ПРП 2.1 потребує суцільної заміни прокладок та клем. Збереження матеріальних ресурсів, яке полягає в використанні ремонтних прокладок ПРП 3.2 товщиною 9 або ПРП 3.2.1 товщиною 10 мм, є можливим варіантом вирішення цієї проблеми.

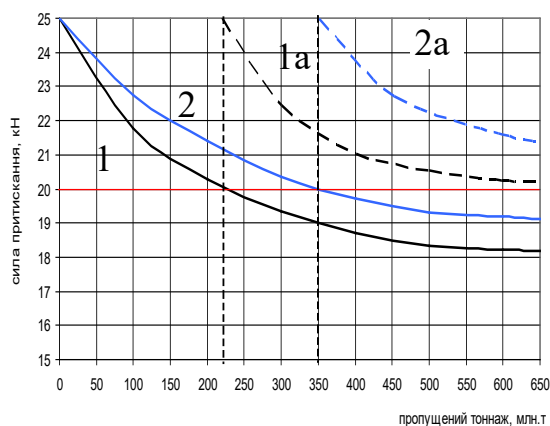


Рис. 1. Графік зміни сили притиснення рейки до шпали у вузлі скріплення КПП-5:

1 – вантажнапруженість 15 млн. т.км/км.рік;
2 – вантажнапруженість 30 млн. т.км/км.рік;

1a, 2a – зміна сили притиснення після укладання нових прокладок

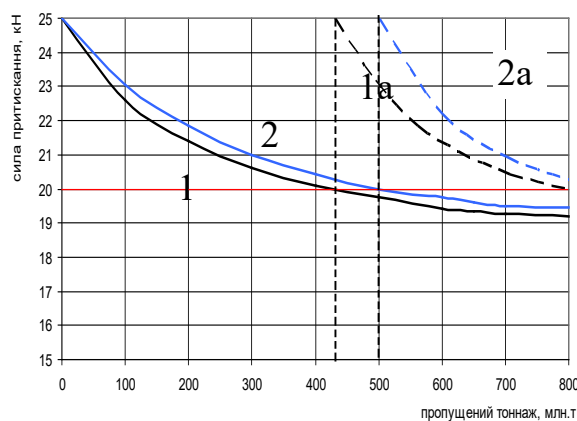


Рис. 2. Графік зміни сили притиснення рейки до шпали у вузлі скріплення КПП-5:

1 – вантажнапруженість 45 млн. т.км/км.рік;
2 – вантажнапруженість 60 млн. т.км/км.рік;

1a, 2a – зміна сили притиснення після укладання нових прокладок

Тому, прогнозування ресурсу працездатності прокладок ПРП 3.2 товщиною 9 мм та ПРП 3.2.1 товщиною 10мм, являється основним фактором для вирішення даного питання, яке потребує подальших статистичних досліджень.

[1] Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст] / Е.І. Даніленко, В.О. Яковлев, А.М. Орловський, М.І. Карпов та інші. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.

[2] Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість (ЦП-0117) / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін [Текст] / Е.І. Даніленко. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.

[3] Інструкція з укладання та утримання рейкової колії з рейками типу Р65, UIC 60 і пружним проміжним скріпленням типу КПП-5 та високоміцними ізолюючими стиками (ЦП-0104), Київ, 2003. – 52 с.

[4] Говоруха В.В. Механика деформирования и разрушения упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений: монография [Текст] / В.В. Говоруха – Днепропетровск: Изд. «Лири ЛТД», 2005. – 388 с.

[5] Sabato, Al. Feasibility of digital image correlation for railroad tie inspection and ballast support assessment [Elec-

tronic resource] / Al. Sabato, Chr. Niezrecki <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224117301203//> Measurement. – 2017. – Vol. 103, P. 93-105. – at: http://www.journalam-me.org/papers_vol49_1/4918.pdf. – Title from the screen. – Accessed: 10.04.2017.

[6] Liu, D. Numerical analysis of new pre-installed steel modular railroad track assembly [Electronic resource] / D. Liua, Ch. Sua, J. Ren, L. Wangb, B. Kendrickc, X. Liua // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 134, № 1. – P. 269-278. – Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.114> pdf. – Title from the screen. – Accessed: 10.04.2017.

[7] Holder D. E. Laboratory investigation of the Skl-style fastening system's lateral load performance under heavy haul freight railroad loads [Electronic resource] / D. E. Holder, V. C. Matthew, Yu Qian, S. M. Dersch, J. R. Edwards, B. J. Van Dyk // Engineering Structures. – 2017. – Vol. 139, № 15. – P. 71-80. – Available at: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.02.039>.pdf. – Title from the screen. – Accessed: 10.04.2017.

УДК 625.143.482

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ В КРИВИХ, В ЗОНАХ НЕРІВНОСТЕЙ ЛАНОК КОЛІЇ

NUMERICAL INVESTIGATIONS OF DYNAMIC TRANSVERSE FORCES IN CURVES, IN THE ZONES OF RAILS VARIETIES

д-р техн. наук О. М. Даренський, Я.С. Лейбук

Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

A. Darenskiy, Dr. Tech. Sc., Y. Leibuk

Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)

Метою роботи є виявлення чисельними методами причин інтенсивного бічного зносу рейок та інших відмов колії в кривих малого радіусу. Дослідження проведені для найбільш масового типу рухомого складу чотирирівісних вантажних вагонів на візках ЦНП-ХЗ, перевезення яких складають 75-90% вантажонапруженості ділянок колії. Таким чином, вплив саме таких вагонів і є основними причинами зазначених розладів. Для вирішення поставленого завдання в роботі було проведено дослідження впливу на динамічні процеси взаємодії колії та рухомого складу показників плану колії. Основний діючий нормативний документ [1], відповідно до якого повинні виконуватися розрахунки колії на міцність і стійкість, базується на квазістатичному способі розрахунків на дію вертикальних сил.

Ділянки колії в кривих малого радіусу (менше 400 м) істотно відрізняються від інших ділянок значною кількістю технічних відмов, в тому числі по боковому зносу головок рейок, розладами в плані і уширеннями рейкової колії. Незважаючи на те, що загальна протяжність кривих з радіусами менше 400 м становить близько 2,5% від загальної протяжності головних колій магістральних доріг України, вихід рейок по дефекту 44 становить до 23% від загальної кількості вилучених рейок за рік.

В кривих малого радіусу, через недостатню згинальну жорсткість стикових накладок, практично повсюдно діють відступи у вигляді "кутів" в плані. Зна-

чення цих "кутів" знаходяться в межах від $0,2^0$ до 2^0 залежно від типу стикових накладок (чотирьох або шестидирних) і величини натягу стикових болтів [2].

Для виявлення впливу цих відступів були проведені чисельні дослідження при русі чотиривісного вантажного вагону по кривій з радіусом 300 м. Величина непогашеного прискорення у всіх випадках була прийнята рівною $0,4 \text{ м/с}^2$, швидкості руху – $17,7 \text{ м/с}$ при величині підвищення зовнішньої рейки 100 мм і $20, 25 \text{ м/с}$ при підвищенні 150 мм. Величина кута в стику приймалася рівною від $0,25^0$ до $2,0^0$, що дозволило виявити вплив цього параметра на процеси динаміки.

Використання залізобетонних шпал зі скріпленням СКД65-Б викликає зростання горизонтальних поперечних сил до 120 кН для направляючих і до 137 кН для горизонтальних поперечних сил. Сумарний фактор зносу рейок збільшується на 38%. Взаємодія гребеня колеса з головкою рейки носить яскраво виражений ударний характер.

Таким чином, в стиках, навіть при шестидирних накладках і високоміцних болтах виникають кути $0,25^0$. В інших умовах значення цих кутів можуть досягати $2,0^0$. При швидкостях руху 60 – 70 км/год чинник зносу збільшується майже в 3 рази. Зменшити ці значення можливо, зменшуючи згинальну жорсткість стику.

Дослідження впливу плавних ізолюючих колій в плані проводилося з використанням моделей нерівностей, які були задані в формі зміщеної косинусоїди виду:

$$\eta(x) = \frac{a_{\text{нер}}}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot x}{L} \right), \quad (1)$$

де $a_{\text{нер}}$ – амплітуда нерівності, (м); L – її загальна довжина, (м); x – відстань від початку нерівності до ординати $\eta(x)$.

В результаті досліджень виявлено, що при загальній довжині нерівності 20 м з амплітудою 23,3 мм (нерівність 4 ступеня) її мінімальний радіус буде дорівнювати 217 м, а радіус сумарної кривої, якщо ці нерівності знаходяться в круговій кривій 300 м, складе 126 м. При русі вантажного вагону типу 18-1000 зі швидкістю 70 км/год сумарне значення чинника бокового зносу зростає від значення $0,252 \text{ кН/рад}$ до значень $17,219 \text{ кН·рад}$, тобто в 68,3 рази, при цьому в момент удару гребеня колеса в рейку значення направляючих сил будуть перевищувати 380 кН при дерев'яних і 425 кН при залізобетонних шпалах. При цьому для таких нерівностей обмеження швидкостей не встановлені. Отже, динамічні впливи на колію з нерівностями плану залежать не тільки і не стільки від величини непогашеного прискорення, скільки від сили удару і кута набігання гребеню колеса на рейку.

[1] Даніленко, Е. І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст]/ Е. І. Даніленко, В. В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.

[2] Вериго, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст]/ М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – М.: Транспорт, 1986 – 599 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСИЛИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ОТ НАГРУЗОК ПО КАЗАХСТАНСКИМ И ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ

COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFORTS IN REINFORCED CONCRETE BEAMS OF SPAN STRUCTURES OF ROAD BRIDGES FROM LOADS ACCORDING TO KAZAKHSTAN AND EUROPEAN NORMS

*докт. техн. наук, А.К. Джалаиров, канд. техн. наук Д.Б. Кумар, магистрант П.Г. Хардигов
Казакский университет путей сообщения (г. Алматы)*

*A.K. Jalairov, doctor of science, prof., D.B. Kumar, PhD (Tech.), P.G. Khardikov
Kazakh university of way communication (Almaty)*

В связи с переходом Республики Казахстан на систему европейских норм Еврокод, возникают сложности в применении нормативных документов инженерным сообществом. Данное обстоятельство вызвано прежде всего тем, что документы являются новыми, а описанные модели нагрузок и правила загрузки сильно отличаются от привычных. Однако уже очевидно, что применение Еврокода повышает уровень безопасности сооружений по сравнению с отечественными нормативными документами.

На рис. 1 и 2 приводятся модели нагрузок, принятые в отечественных нормативных документах СП РК 3.03-112-2013 [1] и СП РК EN 1991-2:2003/2011 [2].

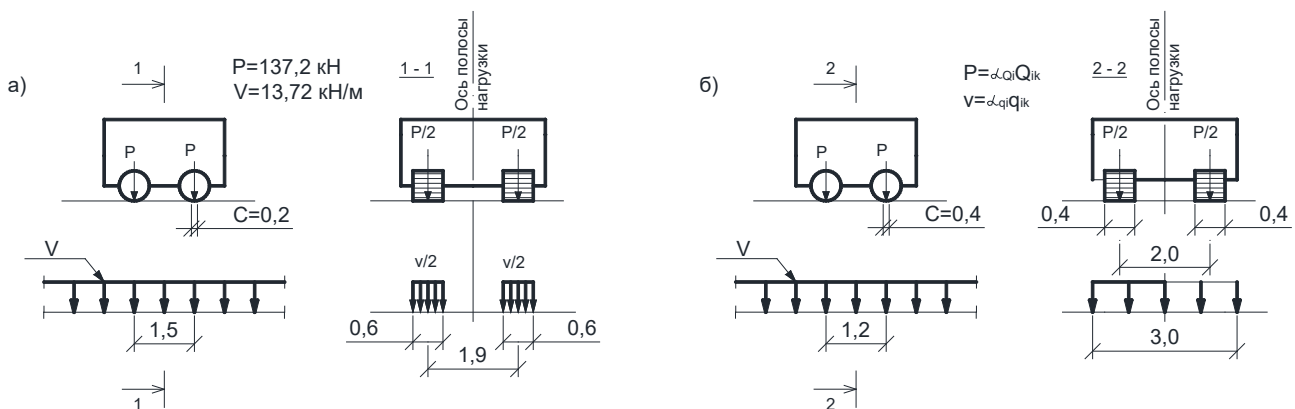


Рис.1. Модели нагрузок А14 (а) и LM1 (б) (размеры даны в метрах)

Основными моделями нагрузок для расчета автодорожных мостов являются модели нагрузок А14, и LM1, состоящие из двух частей – двухосной тележки и равномерно распределенной нагрузки (рис.1). Кроме того, в отечественных нормах приняты одиночные транспортные средства НК-120 и НК-180 (рис.2).

Тяжелые одиночные нагрузки
 НК-120 (P=196кН), НК-180 (P=294кН)

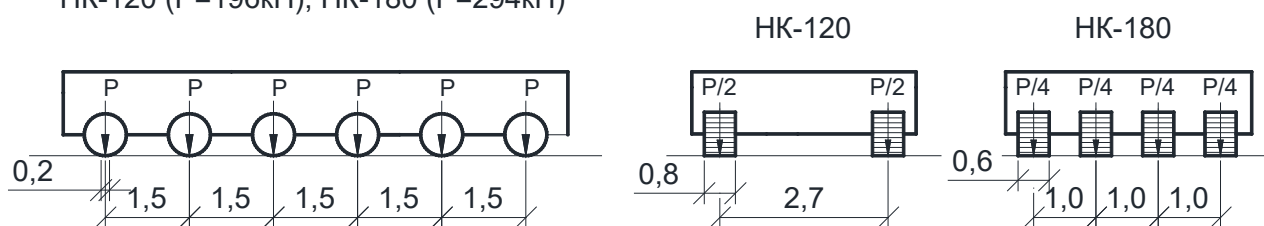


Рис.2. Модели тяжелых одиночных нагрузок НК-120 и НК-180
 (размеры даны в метрах)

Ниже приводятся результаты расчета и количественное сравнение воздействия отечественных А14, НК-120, НК-180 [1] и европейской LM1 [2] моделей нагрузок (по нагрузочному эффекту) на эксплуатируемые железобетонные пролетные строения длиной 21, 24 и 33м автодорожных мостов при габаритах проезжей части Г-8.5, Г-10, Г-11.5 при ширине служебных тротуаров 0.75м. При расчете на воздействие нагрузки А14 учитывалось расположение оси крайней тележки на расстоянии 1,5 от полосы безопасности и от ограждения проезжей части. Одиночная нагрузка НК-120 размещалась на проезжей части, а НК-180 по оси проезжей части моста.

Результаты расчетов, приведенные в таблице свидетельствуют о том, наибольший нагрузочный эффект имеет место от воздействия нагрузки LM1.

Наименование балки	Габарит	СП РК 3.03-112-2013				СП РК EN 1991-2:2003/2011		
		А14		НК-120	НК-180	LM1	Gr1	Gr1×1.3 5
		1 случай	2 случай					
ВТК-21	Г-8.5+2×0,75	93.68	95.88	88.47	116.91	104.07	105.65	142.63
	Г-10+2×0,75	92.58	96.37	86.45	117.25	110.30	111.16	150.07
	Г-11.5+2×0,75	90.74	96.89	83.80	113.45	110.37	111.18	150.09
ВТК-24	Г-8.5+2×0,75	104.37	109.30	101.30	130.37	123.05	126.20	170.37
	Г-10+2×0,75	101.39	109.82	98.85	128.63	127.46	129.59	174.95
	Г-11.5+2×0,75	98.98	108.81	93.52	123.97	128.78	130.89	176.70
ВТК-33	Г-8.5+2×0,75	145.46	157.90	148.94	187.92	193.75	199.65	269.53
	Г-10+2×0,75	138.12	158.82	145.22	182.56	196.32	200.52	270.70
	Г-11.5+2×0,75	133.22	159.10	136.51	192.26	201.25	206.98	279.42

[1] Мосты и трубы: СП РК 3.03-112-2013 – [Введено в действие 2015-07-01]. – Астана: Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2014. – 347с. – (Государственный норматив Республики Казахстан).

[2] Воздействия на несущие конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты и Национальное приложение: СП РК EN 1991-2:2003/2011 – [Введено в действие 2015-07-01]. – Астана: Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2014. – 177с. – (Государственный норматив Республики Казахстан).

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES
ON RAILWAY TRANSPORT**

ст. преп. И.П. Дралова

Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)

I.P. Dralova

Belarusian state university of transport (Gomel)

Геоинформационные системы (ГИС) на сегодняшний момент все большее получило свое применение в областях производства таких, как жилое и транспортное строительство, земельный кадастр, архитектура, градостроительство, коммуникационные системы и сфере торговли. Что позволяет повысить качество оказания услуг потребителям, увеличить конкуренцию, поднять доходность предприятия. ГИС - это действенный инструмент позволяющее определить месторасположения транспортных и промышленных объектов, зон оказания услуг, диспетчеризации, доставки грузовых маршрутов, информационное обеспечение перевозочного процесса.

Для освоения, управления и развития информационных ресурсов повсеместно используют не только геоинформационную систему, но и геоинформационные технологии и телекоммуникационные системы. Совокупность всех элементов даст возможность создать единую геоинформационную среду, которая будет являться новшеством в сфере управления на железнодорожном транспорте.

Целью создания явилось формирование единого геоинформационного пространства на Белорусской железной дороге. Она является информационной системой управления, которая позволит решить ряд задачи информационного обеспечения, особенно вопросы функционирования инфраструктуры и движением поездов. ГИС позволяет перерабатывать в себе любые виды информации такие как автоматизированные системы инвентаризации (паспортизации станций, подъездных путей), систем автоматизированного проектирования и автоматизированными системами управления на транспорте.

Железная дорога является стратегически важным транспортным объектом, и поэтому пространственная информация всегда была необходима при управлении движением поездов и налаженной работой всех служб управления и отделений дороги. Необходимо учитывать, что работа и состояние дороги во многом зависит от таких факторов, как климатические условия, численность

населения, географическое расположение перегонов, станций и железнодорожных узлов, местоположение населенных пунктов, аэропортов, речных портов. ГИС позволяет учитывать эти обстоятельства, и проводить комплексный анализ состояние железнодорожных объектов. Геоинформационная система позволяет преобразовывать в цифровой вид любой картографический материал, для дальнейшей работы с ним работника дороги, также дает возможность отображать на планах и схемах станций, расположение объектов и их техническое состояние.

Геоинформационная система, в большей мере, повысит производительность и качество работы руководителей и оперативных работников, а также улучшить коммуникацию между всеми отделениями дороги. Диспетчерская служба, сможет отслеживать, в реальном времени, местонахождение грузовых составов с использованием информационно-аналитического сопровождения перемещения грузов с применением спутниковых навигационных систем, что позволит улучшить транспортную логистику, а в результате оптимизировать маршруты перевозок, анализировать и прогнозировать грузопотоки, простой составов в парках станции, оценивать риски. ГИС технология позволит моделировать динамические процессы и явления в результате эксплуатации железной дороги.

Вся информация о сети, при использовании ГИС технологий, хранится и базе данных, что обеспечивает достоверное ведение документации и внесение в нее изменения, без потери первоначальной информации, а также значительно облегчает решение задач своевременной корректировки работы всей инфраструктуры дороги. Каждая служба и подразделение железной дороги и имеет возможность хранить и использовать любую необходимую ей информацию в специализированной базе данных. Которая дает информацию по всем объектам железной дороги в текстовом, графическом форматах, в форме иллюстраций, фотографий, видео и т.д. ГИС позволяет определить географические координаты (x, y, z) всех объектов.

Стоит уделить важное место вопросом защиты информации ГИС данных. Многие объекты инфраструктуры дороги относятся к стратегически важным, и информация о них имеет высокую степень секретности, значит, необходимо предусмотреть инструменты хранения картографических цифровых данных и графического материала, таким образом, чтобы исключить их несанкционированное использование.

Применение ГИС -технологий на железнодорожном транспорте поможет существенно повысить эффективность работы дороги, обеспечить большой объем перевозок и организовать перевозочный процесс и целом более безопасней. Также позволит обеспечить выполнение ряда организационных, технологических, управленческих, программно-технических мероприятий. Эффективность работы всех подразделений работы повысится за счет качества управления и функционирования имеющимися ресурсами и наиболее грамотно и обоснованно производить планирование и расчет материальных затрат в развитие железной дороги.

**ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПУТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

**GEODESIC SUPPORT OF DIGITAL SIMULATION OF WAYS
AT DESIGNING, CONSTRUCTION AND OPERATION OF RAILWAYS**

*ст. преп. И.П. Дралова, ст. преп. Н.С. Сырова
Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)*

*I.P.Dralova, N.S. Syrova
Belarusian state university of transport (Gomel)*

Развитие геодезической науки, методов измерений и способов представления данных позволит расширить сферу их применения на различные отрасли, в том числе применять их на железнодорожном транспорте. Цифровая модель пути предназначена для подробного описания пространственного положения всех элементов железнодорожного пути, отдельных объектов инфраструктуры и обеспечения единой координатной среды для всех измерительных средств.

Цифровые модели - универсальное средство представления объектов инфраструктуры, что позволяет использовать их при проектировании, строительстве и мониторинге инженерных сооружений. Цифровая модель пути лежит в основе современного геодезического сопровождения железных дорог.

Цифровые модели пути используют для определения пространственного положения оси пути, габаритов приближения строений; создание продольных и поперечных профилей, паспорта кривой, в балластеровочных работах, привязка к линейной координате пути результатов дефектоскопических исследований, съемка мобильным сканером координатного положения железнодорожного пути, а также, для решения ряда других задач [1].

Особенности и трудности геодезического сопровождения железных дорог были всегда связаны со спецификой работы и структурой объектов железнодорожного транспорта, находящихся под действием динамических нагрузок, которые оказывают влияние на параметры геометрии пути. При росте скоростей движения увеличиваются требования к точности определения координатных параметров и интенсивности их изменения. Перечень приборов, инструментов и методов производства геодезического сопровождения железных дорог разнообразен. Но время показывает, традиционные (оптические) средства измерений должны уступить место современным, таким как лазерные сканеры, электронные роботизированные тахеометры, спутниковые приборы, и т.п., только они позволяют без дополнительных преобразований создавать цифровую модель пути и вести измерения в абсолютных отметках, в государственных координатах геодезической сети или местных. Также они обладают большей производительностью.

Различают два качественных вида цифровых моделей железнодорожного пути - это цифровые модели верхнего и нижнего строений пути. Верхнее строение пути

предназначено для восприятия нагрузок от колес подвижного состава и передачи их на нижнее строение пути, а также для направления движения колес по рельсовой колее. Оно включает рельсы, рельсовые скрепления, подрельсовые опоры и балластную призму. Также элементы соединений и пересечений путей (стрелочные переводы, глухие пересечения и др.). Верхнее строение пути обеспечивает безопасное движение поездов с установленными максимальными скоростями и поэтому его элементы должны обладать прочностными характеристиками и быть надежными в работе. К нижнему строению относятся земляное полотно и некоторые искусственные сооружения. Они обеспечивают выравнивание земной поверхности и необходимые: план, профиль и устойчивость железнодорожного пути. Так же должны воспринимать нагрузки от рельсошпальной решетки, балласта и подвижного состава, равномерно распределяя ее на нижележащий естественный грунт.

Цифровые модели пути обеспечивают: цифровое представление пространственного положения железнодорожного пути; неотъемлемую связь пространственного положения пути в глобальных координатах; создание единой координатной среды для всех пользователей среды; представление и возможность пересчет данных в любые системы координат; корректировку в базы данных инфраструктуры после завершения ремонтов, паспортизации, инвентаризации, изменений системы координат и т.д.; решения инженерных задач.

Практическая составляющая цифровой модели пути: является основой высокоточной привязки всех объектов железных дорог; обеспечивает единство координатной среды (например, специалисты используют глобальную систему координат при решении конкретных инженерных задач, проектировщики используют плоскую прямоугольную систему координат Гаусса - Крюгера, а дорожные мастера - линейную систему координат (КМ + ПК + М). При этом любая точка инфраструктуры железной дороги однозначно определяется в трех системах координат, при необходимости – одновременно); обеспечивает геодезическую привязку и позиционирование в любой точке железной сети при измерении в глобальных координатах и их преобразование в другие системы, например, прямоугольные системы или линейные системы; является основой электронных проектов, которая выполняется путем корректировки цифровой модели пути с использованием проектных данных (рихтовки и подъёмки), а также использовать их в течение длительного периода, что позволяет сохранять пространственное положение оси пути в проектном положении в течение межремонтного срока [2].

В отличие от других моделей, цифровые модели дают возможность исследовать не только состояние и ситуацию вокруг железнодорожного пути, но и динамику ситуации. Современные цифровые модели, позволяют оценивать взаимодействие между земляным полотном и окружающей средой. Повышение качества содержания инфраструктуры за счет высокой степени информационного обеспечения при принятии управленческих решений, качества ремонта и оценки состояния инфраструктуры.

[1] Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика, как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. 2013. – № 11. – С. 2-7.

[2] Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов // Славянский форум. 2015. – № 4 (10). – С. 275-282.

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ

PROBLEMS OF INCREASE IN SPEED OF THE MOVEMENT ON THE EXISTING RAILWAY LINES

*канд. техн. наук П.В. Ковтун, ст. преп. Т.А. Дубровская
Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)*

*P.V. Kovtun, PhD(Tech.), T.A. Dubrovskaya
Belarusian state university of transport (Gomel)*

Повышение скоростей движения поездов – одна из важнейших задач совершенствования эксплуатационной работы и развития железнодорожного транспорта во всех индустриальных странах мира. Повысить скорость – это значит сократить время в пути, улучшить качество услуг и привлечь дополнительный пассажиропоток на железнодорожный транспорт.

Повышение скоростей может быть реализовано несколькими способами:

- строительство новых линий;
- реконструкция существующих железных дорог;
- применение улучшенного подвижного состава.

Опыт строительства и эксплуатации железнодорожного транспорта показывает, что реконструкция существующих железнодорожных линий со смешанным движением грузовых и пассажирских поездов позволяет поднять скорости до 200-250 км/ч. Для достижения более высоких скоростей целесообразно сооружение специализированных высокоскоростных магистралей.

Для эффективного повышения скоростей на существующих железнодорожных линиях нужна и новая нормативная база. Например, норматив непогашенного ускорения равен $0,7 \text{ м/с}^2$ [1]. Этим значением непогашенного ускорения при движении пассажирского поезда пользовался ещё со времён Л.М. Кагановича. На сегодняшний день, после исследований ВНИИЖТа, на некоторых линиях он превратился в $0,9 \text{ м/с}^2$ [2]. А, скажем, для поездов «Ласточка» это уже 1 м/с^2 , для вагонов «Тальго» и локомотива ЭП20 – $1,1 \text{ м/с}^2$. И это означает, что мы можем поднимать скорость пассажирских поездов без многомиллиардных вложений в инфраструктуру.

Одним из вариантов поднятия скоростей на существующих дорогах является применение подвижного состава с наклоном кузова. Благодаря механизму дополнительного наклона кузова в кривой, скорость прохождения криволинейного участка пути увеличивается на 8 – 12% при составных кривых и малых радиусах. Одиночные кривые такой поезд может проследовать со скоростью на 30-40 км/ч больше, чем обычный. Его особенность – в скорости, раздвижных колесных парах, и, конечно, комфорте. Помимо раздвижных колесных пар, для смены ширины колеи при переходе с широкой на узкую европейскую колею,

вагоны оснащены системой наклона кузова для более комфортного прохождения кривых участков пути. Испытания показали, что наклон кузова вагонов Talgo оставляет резерв скорости по непогашенному боковому ускорению до 40%, а тележки имеют резерв свыше 50%.

При прохождении поворота появляется центробежная сила, которая, будучи приложена к центру тяжести вагона, создает боковую силу и момент в плоскости действия пружин, который и является тем, что вызывает вращение кузова.

Боковая сила является реакцией на деформацию, также боковую, в каждой пружине, в то время как момент компенсируется на основе огромных вертикальных и поперечных деформациях в пружинах, которые в результате и приводят к вращению кузова.

Получается, что не возникает необходимости в каком-либо типе помощи или потреблении дополнительной энергии, так как именно сама центробежная сила, которая возникает при прохождении поворота, производит наклон кузова, наклон, который начинается без какого-либо опоздания при входе в повороты (переходная кривая), плавно увеличивается по мере возрастания воздействующей центробежной силы и исчезает с такой же плавностью при выходе из поворота, будучи пропорциональным указанной центробежной силе.

Вертикальная пневматическая подвеска амортизация достигается благодаря проходу воздуха через калиброванное отверстие от каждой пружины подвески к своей дополнительной емкости или наоборот. Таким образом, устраняется один из путей передачи вибрации от тележки к кузову, достигается очень удовлетворительный уровень фильтрации подвески и как следствие, повышенный уровень комфортности.

В настоящее время, в связи с тем, что на участке Красное – Минск – Брест Белорусской железной дороги, транзитом проходят поезда российского формирования «Стриж», состоящие из вагонов типа Talgo с наклоном кузова, кафедрой «ПСиЭТО» БелГУТа проводятся исследования по определению влияния увеличенного допускаемого значения непогашенного ускорения $[a_{\text{нп}}]$ до $1,1 \text{ м/с}^2$ [3].

Таким образом, рассмотренные в статье способы повышения скоростей движения на существующих линиях актуальны и эффективны. Увеличением дополнительного непогашенного ускорения с $0,7$ до $0,9 \text{ м/с}^2$ можно в зависимости от радиуса криволинейного участка повысить скорости в кривых участках пути на $10\text{--}20 \text{ км/ч}$. Таким образом, скорости движения пассажирских поездов при прохождении существующих кривых, без изменения возвышения наружного рельса при минимальных капиталовложениях можно изменять только за счёт увеличения допускаемого значения непогашенного ускорения. А также применение подвижного состава с наклоном кузова позволит сократить время пассажиров в пути, не изменяя условиям комфортабельности и безопасности езды пассажиров.

[1] Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. Стандарт организации : СТП 09150.56.010-2005. – Введ. 01.07.2006. – Минск, 2006. – 284 с.

[2] Эффект ускорения [Электронный ресурс] : газета «Гудок». АО «Издательский дом «Гудок». – 2012. – режим доступа к газете: <http://www.gudok.ru/newspaper/?archive=2012.05.15>.

[3] О внесении дополнения в приказ от 02.07.2013 № 231Н. БелЖД от 03.03.2018 №206НЗ.

**ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

PROBLEMS OF PROVIDING INTERNATIONAL RAILWAY TRANSPORT

*д-р техн. наук М. Б. Курган, д-р техн. наук Д. М. Курган
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна (м. Дніпро)*

*M. B. Kurhan, Dr. Tech. Sc., D. M. Kurhan, Dr. Tech. Sc.
Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named
after Academician V. Lazaryan (Dnipro)*

Завдяки своєму географічному положенню та розвиненій транспортній інфраструктурі Україна, має значний потенціал у розвитку вантажних перевезень, в першу чергу, у міжнародному сполученні, зокрема як країна-транзитер у логістичному ланцюгу товарообміну між Азією та Європою.

У країнах ЄС частка перевезень залізничним транспортом в середньому становить близько 10%, в деяких країнах, наприклад в Польщі, такі перевезення сягають 30%, а в Україні майже 60% всіх вантажів перевозиться залізницею. За оцінками європейських аналітиків коефіцієнт транзитності України становить 3,75 (при максимумі 5); це найкращий показник серед країн Європи (для порівняння, у Польщі, що посідає другу сходинку, цей показник становить 2,92). Територією України проходить 5 міжнародних транспортних коридорів; розгорнута довжина цих маршрутів близько 6,5 тис. км, з яких 3,5 тис. – це залізничні колії. У 2016 р. Україна приєдналась до Координаційної ради з розвитку Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту в Китай через Грузію, Азербайджан та Казахстан.

Можливості залізничного транспорту для організації перевезень між країнами Європейського Союзу та України використовуються не повною мірою, оскільки є ряд технічних причин несумісності транспортних систем України і країн Європи, а саме: різна ширина колії, характеристики рухомого складу, вид СЦБ, напруга в контактній мережі, габарити тощо.

В результаті підписання Україною Угоди про асоціацію і зону вільної торгівлі з Євросоюзом для переходу на європейські технічні стандарти потрібно \$160 млрд, що еквівалентно річному ВВП країни. Частина цих ресурсів повинна бути спрямована на вирішення проблем інтеграбельності (технічної сумісності) транспортних систем України і країн ЄС.

Приєднання України до міжнародних конвенцій в галузі залізничного транспорту створює передумови для спрощення контролю вантажів на кордонах, що, в свою чергу, дозволяє прискорити доставку і в цілому вийти на більш які-

сний рівень спільної роботи, в тому числі із залізницями країн Європи і Азії.

Аналіз способів організації транспортування вантажів у міжнародному сполученні з країнами Євросоюзу показав, що порівнянню підлягають такі варіанти: перевантаження контейнерів з рухомого складу колії 1520 мм на рухомий склад (платформи) колії 1435 мм; заміна візків на пунктах перестановки вагонів при переході стиків колії різного стандарту; застосування спеціального рухомого складу обладнаного візками з розсувними колісними парами; продовження широкої колії 1520 мм від кордонів України на територію Європи; продовження європейської колії 1435 мм від кордонів Європи на територію України. Кожен з варіантів для організації регулярних перевезень вимагає певних витрат і має як переваги, так і недоліки.

Для порівняння можливих варіантів авторами розроблена модель прогнозування та оцінки ефективності залізничних перевезень. В основу оцінок ефективності проекту покладено такі основні принципи: розгляд варіанту (проекту) протягом усього життєвого циклу (розрахункового періоду), позитивність і максимум ефекту, урахування чинника часу, вплив інфляції, невизначеностей, ризиків тощо.

За результатами моделювання визначається показник, який представляє собою різницю сукупного доходу і всіх видів витрат з урахуванням фактора часу (інвестиції, витрати в локомотивний парк і вагонний парк, поточні експлуатаційні витрати і витрати, що залежать від виду технологічних операцій і часу перебування вантажних вагонів на станції стикування колій різної ширини).

Як було зазначено вище, залізниці України і залізниці європейських країн знаходяться в різних експлуатаційних умовах, відрізняються технічним станом, оснащенням, параметрами профілю й плану, а тому обсяги і вартість робіт з реконструкції існуючих залізниць теж різні, що й було враховано в моделі.

Результати дослідження дозволили зробити висновок про необхідність проведення заходів з модернізації транспортних коридорів, перш за все колійної інфраструктури, з метою підвищення швидкості і скорочення часу доставки вантажів, що впливає на оборот рухомого складу і кількість транспортних засобів і, як результат, на отримання доходів від вантажних перевезень.

За умови проведення модернізації колії, штучних споруд та інших пристроїв, що входять до інфраструктури залізниці, впровадження нового рухомого складу будуть забезпечені також перевезення пасажирів денними поїздами з тривалістю поїздки до 5-6 год., необхідним комфортом і максимально встановленою швидкістю.

Запропонована модель дозволяє розглядати різні варіанти прогнозу обсягів перевезень на перспективу: оптимістичний, песимістичний, середній. Кожному прогнозу відповідає різний рівень отримання доходів залізниці від перевезень. Безумовно, для прийняття остаточного рішення повинні враховуватись не тільки економічні, але й соціальні фактори, а також надійність, тобто безвідмовність роботи тієї чи іншої системи транспортування вантажів.

**ПОБУДОВА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ «ВАГОН-ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»
ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАВАНТАЖЕННЯ
БУКСОВОГО ВУЗЛА**

**BUILDING OF THE SIMULATION MODEL "WAGON-RAILWAY TRACK"
FOR MODELING OF DYNAMIC PROCESSES LOADING OF AXLE BOXES**

докт. техн. наук, І.Е. Мартинов,

канд. техн. наук Труфанова А.В., Шовкун В.О.

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

I. Martinov, Dr.Tech.Sc., A. Trufanova, PhD (Tech.), V. Shovkun

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасний розвиток засобів інформаційно-обчислювальної техніки дає можливість значно скоротити терміни впровадження нової техніки у виробництво за рахунок скорочення кількості натурних експериментальних досліджень зразків техніки що проектується. Проте існує проблема в адаптації комп'ютерних моделей за для отримання адекватних результатів розрахунків. Для моделювання динамічного процесу навантаження буксового вузла використовувався комплекс "УМ Универсальный механизм". Розроблена в «УМ» імітаційна модель «вагон-залізнична колія» включає геометричні, інерційні, жорсткісні і фрикційні характеристики.

Можливості моделі дозволяють:

- дослідити показники ходових динамічних якостей
- дослідити показники безпеки - варіювати основними геометричними, жорсткісними, фрикційними і інерційними параметрами вагона і ресорного підвішування;
- дослідити рух вагона на різних швидкостях при різних зносах ходових частин, профілів коліс і рейок, жорсткісних і інерційних характеристиках рейкового шляху з нерівностями;
- моделювати рух вагонів з різними конструктивними модифікаціями візків.

Вантажний вагон складається з 19 твердих тіл (4 колісні пари з буксами, 4 бічних рами, 8 фрикційних клинів, 2 надресорні балки, і 1 кузов) і відповідні їм 114 ступенів свободи.

В математичній моделі ПК «УМ» для кожного твердого тіла задані маси m_i і моменти інерції J_i щодо власної системи координат тіла початок якої збігається з центром маси. У розрахункову схему для кожного тіла введені дві загальні системи координат: базова нерухома та базова рухома (колія)

Вирішуючи чисельно в ПК «УМ» отримані системи диференціальних рівнянь другого порядку

$$M(q) \cdot \ddot{q}_i + k(q, \dot{q}) = Q,$$

де $M(q)$ - матриця мас; $k(q, \dot{q})$ - вектор-стовпець уточнених сил інерції; Q – вектор-стовпець уточнених активних сил.

Щодо уточнених координат моделі, визначаються лінійні і кутові переміщення, швидкості і прискорення тіл моделі вагона, а також будь-яких точок, що належать тілам.

Вихідними результатами моделювання динамічного моделювання навантажень стали реалізації які характеризують зміну коефіцієнту вертикальної та горизонтальної динаміки для набігаючої колісної пари у завантаженому та порожньому режимів при швидкості руху в діапазоні 40-120 км/год, графік зміни математичного очікування коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки представлені на рисунку 1.

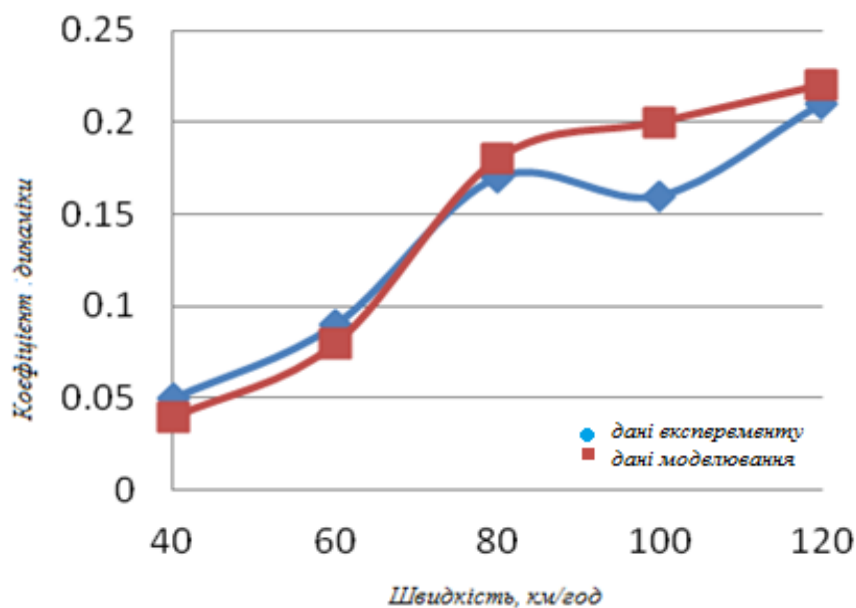


Рис. 1 - Зміна математичного очікування коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки від швидкості руху

Моделювання динамічних навантажень діючих на ходові частини вантажних вагонів показало достатню збіжність з результатами ходових випробувань, близько 87%. Тому запропонована модель може бути використана для оцінки збурюючих навантажень при розрахунках надійності буксових вузлів вантажних вагонів.

РОЗРАХУНОК ШИРИНИ МІНІМАЛЬНОГО ЖОЛОБУ В СИМЕТРИЧНОМУ СТРІЛОЧНОМУ ПЕРЕВОДІ ПРИ КОРЕНЕВІЙ ВІДСТАНІ БІЛЬШІЙ ЗА ВЕЛИЧИНУ ХОДУ ШИБЕРУ СТРІЛОЧНОГО ПРИВОДУ

CALCULATION OF THE WIDTH OF THE MINIMUM TROUGH IN THE SYMMETRICAL SWITCHING AT A ROOT DISTANCE LARGER THAN THE SPEED OF THE DRIVE SHIBER

асп. О.А. Олійник

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

О. Олійник

State University of infrastructure and technology (Kyiv)

Розрахунок ширини жолоба між рамною рейкою і відведеним вістряком необхідний для виявлення фактичного мінімального розміру цього жолобу $t_{\min \min}$ (виконується за умовою безпеки проходу колісних пар по розглядуваній зоні стрілочного переводу, тобто, щоб колеса візків рухомого складу не торкалися відведеного вістряка внутрішньою боковою гранню реборди).

Один із двох можливих випадків взаємного розташування рамної рейки та відведеного вістряка має місце при кореневій відстані більшій за величину ходу шибера стрілочного приводу ($U_n^0 > Ш_p$, рис. 1).

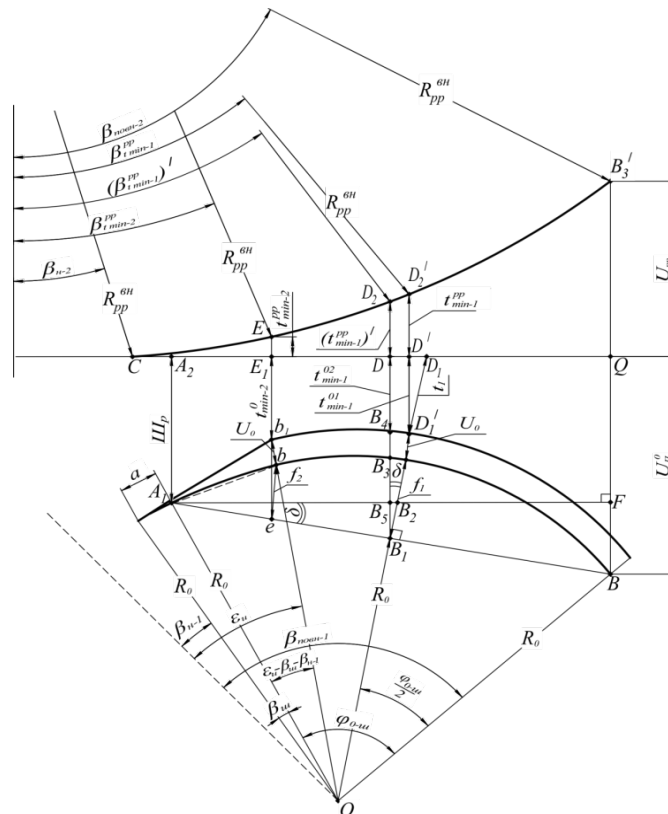


Рис. 1

Для визначення шуканих величин виконуються допоміжні побудови в кресленні на рис. 1. Проводиться хорду A_1B між коренем вістряка (точка B) і місцем кріплення стрілочної тяги до вістряка (точка A_1).

Максимальна стріла сегменту f_1 від хорди A_1B буде розташована на радіусі-перпендикулярі, що проходить через середину хорди – точку B_1 . На продовженні радіуса-перпендикуляра, проти стріли f_1 позначимо відстань між точками D'_1 і D_1 через t_1 - це буде проекція мінімальної відстані t_{min-1}^{01} на радіус-перпендикуляр.

Другу конкуруючу мінімальну відстань між зовнішньою кромкою вістряка і горизонталлю CQ визначимо проти кінця горизонтальної строжки вістряка, між точками b_1E_1 , і позначимо цю відстань t_{min-2}^0 (рис. 2).

Після цього визначаються мінімальні значення усіх конкуруючих жолобів по найкоротшій відстані, тобто по нормалі до середньої лінії MN (рис. 2, 3).

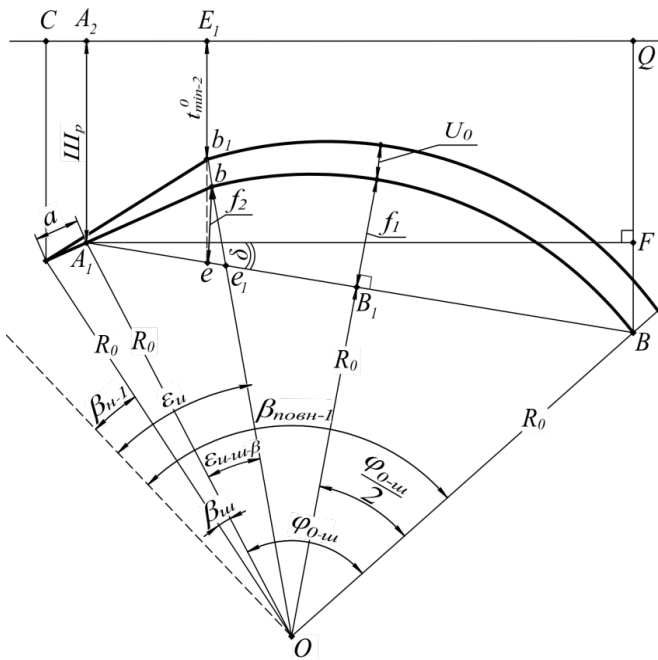


Рис. 2

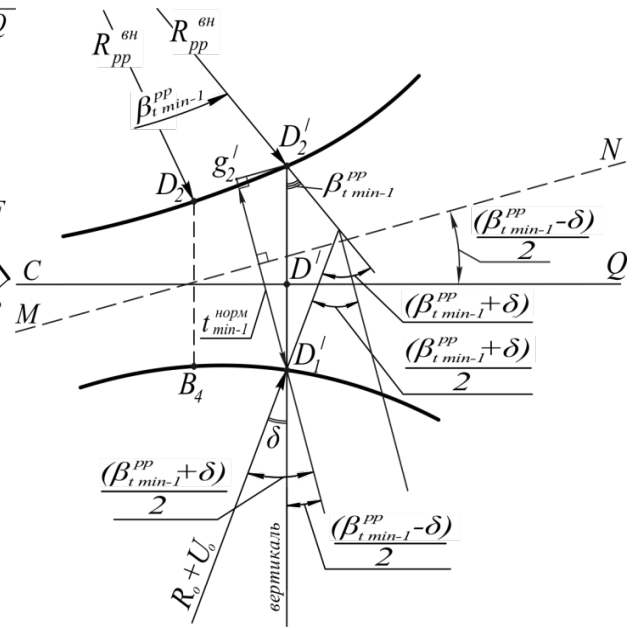


Рис. 3

І лише після цього, в кінці кінців, визначається абсолютне мінімальне значення ширини жолоба між відведеним вістряком і рамною рейкою $(t_{min min})^{norm}$ на всій довжині їх взаємного розташування, із порівняння $(t_{min-1})^{norm}$ і $(t_{min-2})^{norm}$ та аналізу можливості наявності менших значень ширини жолоба на усій довжині взаємного розташування відведеного вістряка і рамної рейки.

При тому повинно бути, щоб $(t_{min min})^{norm} \leq [t_{min}]_{дон}$, де $[t_{min}]_{дон} = 71$ мм.

**ВИКОРИСТАННЯ ПЛОСКОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ
ПРОКЛАДАННЯ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ СПОСОБОМ
СТАТИЧНОГО ПРОКОЛУ ҐРУНТУ**

**USE OF FLAT WORKING ORGAN FOR GASKET OF UNDERGROUND
COMMUNICATIONS BY METHOD OF STATIC PUNCTURE OF SOI**

***О.П. Посмітюха¹, д-р техн. наук С.В. Кравець²,
канд. техн. наук В.М. Супонев³, канд. техн. наук К.Ц. Главацький¹***

*¹ Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна», (м. Дніпро)*

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

³ Харківський національний автомобільно-дорожній університет, (м. Харків)

***O.P. Posmitjukha¹, S.V. Kravets² Dr. Tech. Sc.,
V.M. Suponyev³ PhD (Tech.), K.Ts. Glavatskyi¹ PhD (Tech.)***

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

² National University of Water and Environmental Engineering (Rivne)

³ Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

Одним із важливих елементів комунікацій міста та залізниці є підземні. В процесі експлуатації підземних мереж виникає необхідність їх ремонту та прокладання принципово нових ліній. При цьому традиційні методи використати немає можливості через перекриття доріг, залізничних колій тощо. В такому випадку в нагоді стануть безтраншейні способи прокладання лінійно протяжних об'єктів (ЛПО): електричних, газових мереж чи мереж зв'язку. Нерідко, особливо при спорудженні електричних мереж, виникає необхідність одночасного прокладання декількох футлярів в одну технологічну порожнину.

В сфері безтраншейних технологій слід відмітити найбільш перспективні методи: статичного проколювання та горизонтально направленої буріння. При цьому на коротких відстанях до 50-100 м в умовах міста чи залізниці та при малих розмірах отвору до 300-350 мм найбільш дешевим та простим є спосіб статичного некерованого (або обмежено керованого) проколу [1, 2]. Недоліком даного способу є невелика довжина переходу та складність керування.

Для більших розмірів отворів (до 3000 мм) або більшої протяжності (до 3000 м) використовують методи мікротонелювання та горизонтально направленої буріння (ГНБ). Дослідження в цій галузі в Україні представлено недостатньо, а закордонні колеги вже довгий час ґрунтовно займаються цими питаннями та отримали хороші результати, що втілились у сучасних машинах ГНБ [3, 4].

При статичному проколі використовуються зазвичай конусні наконечники та розширювачі необхідного розміру. При прокладанні одного футляра це є добре, але при необхідності протягти 2, 3 або 4 футляри (є характерним для електромереж) циліндрична форма є нераціональною, бо поперечний переріз

заповнюється неефективно. Звичайно можна використати замість одного проколу чотири паралельних меншого розміру персонально для кожного футляру окремо, але це також неефективно: необхідно прокласти паралельно першому, не зруйнувати сусідній прокол, збільшення витрат часу та роботи.

Використовуючи запропонований [5] аналітичний спосіб визначення опору занурення конусного наконечника в ґрунт та залежності занурення клинового ножа розпушувача, що запропоновані [1], сформульовано аналітичний спосіб розрахунку зусилля занурення робочого органу плоскої форми з клиновим наконечником і округлими краями. Встановлено залежності для визначення зусилля проколювання ґрунту та закономірності зміни тиску ґрунту на бічній поверхні конусної та клинової частини робочого органу (РО), а також на плоску та півциліндричні частини калібруючої поверхні, отримані аналітичні залежності розрахунку сили опору в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту, діаметра та кількості футлярів.

Розглянуте питання впливу РО на стан ґрунту навколо порожнини [8], що також суттєво знижує можливості використання проколювання через близькість розташування сусідніх комунікацій. Розглянуті умови зменшення габаритів РО [6] за рахунок видалення циліндричної калібруючої частини наконечника та заміни на дещо більші розміри конуса. Запропонований спосіб визначення еквівалентних розмірів конічного наконечника, що зумовлені розміром футляра, та теоретичний спосіб розрахунку оптимальних параметрів ґрунтопроколюючої головки з використанням відомих параметрів: типу ґрунту та його вологості, що визначаються за Державними будівельними нормами (ДБН), що дозволяє усунути з процесу проколювання сили тертя на бічній циліндричній поверхні. Ґрунтуючись на роботах [5, 6, 7], запропонований спосіб визначення еквівалентних та оптимальних розмірів плоского клинового наконечника з виступаючими частинами та визначення зусилля проколювання, знаючи тип ґрунту, його вологість та розміри робочого органу.

Остаточо можна сказати, що змінивши форму отриманого отвору ми можемо суттєво зменшити робочі зусилля, вплив на сусідні комунікації.

- [1] Кравець, С. В. Наукові основи створення землерийно-ярусних машин і підземно рухомих пристроїв : монографія / С. В. Кравець., В. В. Кованько, О. П. Лук'ячук. – Рівне : НУВГП, 2015. – 319 с.
- [2] Кованько, В. В. Прокладання лінійно-протяжних об'єктів на новій технічній основі / В. В. Кованько, О. В. Кованько // Вісн. інженерної акад. України. – 2008. – № 3/4. – С. 158–162.
- [3] Anna Pridmore, Jim Geisbush, Developing a Successful Specification for Horizontal Directional Drilling. Pipelines 2017: Planning and Design (553 - 563) Book set: Pipelines 2017 ISBN (PDF): 9780784480878
- [4] Erez N. Allouche, Samuel T. Ariaratnam, State-Of-The-Art-Review Of No-Dig Technologies for New Installations. Published online: April 26, 2012. [https://doi.org/10.1061/40641\(2002\)55](https://doi.org/10.1061/40641(2002)55).
- [5] Посмітюха О. П. Аналітичний спосіб визначення опору занурення конусного наконечника в ґрунт / С. В. Кравець, О. П. Посмітюха, В. Н. Супонев // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование : сб. науч. тр. / Приднепров. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепро, 2017. – Вып. 103. – С. 91–98.
- [6] Посмітюха О. П. Визначення еквівалентного та оптимального діаметрів конічно-циліндричного наконечника з виступами для проколювання ґрунту / С. В. Кравець, О. П. Посмітюха, В. Н. Супонев // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ, – Дніпро, 2017, № 4 (70). – с. 89–97. ISSN 2307–6666
- [7] Супонев, В. Н. Исследование процесса изменения состояния грунта вокруг горизонтальной скважины после её формирования методом статического прокола грунта / В. Н. Супонев, С. Л. Хачатурян, В. И. Олексин // Вестн. Харьков. нац. автомоб.-дор. ун-та : сб. науч. тр. / Харьков. нац. автомоб.-дор. ун-т, Сев.-Вост. науч. центр трансп. акад. Украины. – Харьков, 2016. – Вып. 73. – С. 196–202.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК ДЛЯ УМОВ МЕТРОПОЛІТЕНІВ

THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR THE REUSE OF RAILS IN METRO (SUBWAY)

*канд. техн. наук Д. О. Потапов, канд. техн. наук В. Г. Вітольберг,
канд. техн. наук Д. В. Шумик*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D. O. Potapov, PhD (Tech.), V. G. Vitolberg, PhD (Tech.),
D. V. Shumik, PhD (Tech.)*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Досвід повторного використання матеріалів верхньої будови колії на магістральних залізницях України показав ряд безперечних переваг цього комплексу інженерно-технічних рішень. До основних переваг застосування старопритатних матеріалів можна віднести більш раціональне використання матеріально-технічних засобів, що дозволило оптимізувати всю систему ведення колійного господарства, в тому числі і рейкового. Виходячи з цього, впровадження системи повторного використання рейок в умовах метрополітенів є одним із ключових перспективних напрямків для забезпечення функціонування цих підприємств в умовах обмежених ресурсів.

Багаторічні дослідження авторів дозволили суттєво підвищити терміни служби рейок за рахунок детального вивчення процесів дефектоутворення з урахуванням динаміки процесу викришувань на поверхні кочення рейок (дефекти по рисунку 11.1-2-3). Визначення основних груп дефектів та пошкоджень рейок в період з 1986 по 2012 роки сприяло забезпеченню безпеки руху поїздів за рахунок своєчасного виявлення дефектів другої групи (дефекти по рисунку 21.1-2-3).

Для вирішення питання щодо повторного використання рейок довжиною 12,5 та 25м в умовах метрополітенів було обрано наступні основні напрямки:

- визначення можливості повторного використання рейок в головних коліях КП «Харківський метрополітен», виходячи з оцінки рівня сил взаємодії системи «колесо-рейка», а також з урахуванням наявності викришувань на поверхні кочення.
- визначення груп придатності та сфер застосування старопритатних рейок з урахуванням особливостей їх роботи в умовах КП «Харківський метрополітен».
- розробка висновків та пропозицій з подальшим виходом на проект Технічних вказівок на використання старопритатних рейок довжиною 12,5 та 25м в коліях КП «Харківський метрополітен».

Відповідно до обраного плану проведення досліджень було оцінено рівень «силової» роботи системи «колесо-рейка», беручи до уваги конструкційні особ-

ливості рухомого складу та роботи залізничної колії в умовах метрополітену. В результаті було визначено рівень вертикальних і бокових сил, що діють на рейки, для прямих та кривих ділянок колії, що дозволило визначити загальний напружений стан в головці рейки.

Порівнюючи рівень діючих напружень в головці рейок з допустимими, для повторного використання в головних коліях КП «Харківський метрополітен» було рекомендовано використовувати рейки, що були вилучені із всіх категорій радіусів головних колій, як при їх суцільній заміні, так і в рамках поточного утримання, за винятком кривих з радіусами 500 м і менше.

Виходячи із середньої глибини та середнього питомого об'єму викришувань на поверхні кочення, старопридатні рейки рекомендується розподілити на три групи придатності:

I група – рейки можуть повторно укладатися в головні колії КП «Харківський метрополітен» в прямих та кривих з радіусами 501 м та більше.

II група – рейки можуть повторно укладатися в головні колії КП «Харківський метрополітен» в прямих та кривих з радіусами 651 м та більше.

III група – рейки непридатні для повторного використання в головних коліях КП «Харківський метрополітен».

УДК 625.54

ЧАСТОТНИЙ АНАЛІЗ ПРИВОДУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З КАНАТНОЮ ТЯГОЮ

FREQUENCY ANALYSIS OF VEHICLE DRIVE WITH CABLE TRACTION

*Докт. техн. наук С. В. Ракша, канд. техн. наук П. Г. Анофрієв,
канд. техн. наук О. С. Куроп'ятник,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна*

*S. V. Raksha, D. Sc. (Tech.), P. G. Anofriev, Ph. D. (Tech.),
O. S. Kuropiatnyk, Ph. D. (Tech.),
Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan*

Нестабільність роботи приводу (зокрема, під час перехідних режимів) може призводити до виникнення аварійних ситуацій. Тому дослідження його динамічного стану з метою попередження, виявлення та локалізації процесів, які порушують нормальну роботу приводу, є актуальними.

Одним із заходів щодо попередження нестабільності роботи приводу та уникнення аварійних ситуацій при використанні засобів промислового транспорту є обмеження швидкості тягового органу та приєднаних до нього робочих елементів. Однак це не дозволяє контролювати динамічні процеси у пусковий період, зокрема, попереджувати та обмежувати резонансні явища.

Для аналізу спектра власних частот приводу транспортного засобу з канатною тягою, за якими відбуваються резонансні явища, зручно використовувати частотні діаграми, що відображають власні частоти як функції переміщення робочих елементів. Накладаючи на такі діаграми тахограму приводу, можна робити висновки щодо безпечності транспортного засобу в цілому як динамічної системи, визначаючи кількість небезпечних резонансних зон, які проходить привід під час розгону та сповільнення, а також частоти та (за певних додаткових розрахунків) амплітуди коливань у резонансних зонах. Крім цього, розв'язання зворотної задачі дозволяє розробляти раціональні тахограми приводу з умови попередження та обмеження резонансних явищ. Розглянемо особливості частотного аналізу приводу транспортного засобу з канатною тягою на прикладі підвісної канатної дороги (ПКД).

Дослідженням динамічної навантаженості елементів ПКД присвячені роботи [1–6]. Формування базових підходів до побудови та аналізу спектра власних частот приводу за частотними діаграмами було розпочато в роботах [7, 8].

Для складання частотних діаграм приводу розглянемо тяговий контур ПКД – динамічну систему, до складу якої входять власне привід, а також тяговий канат з натяжним пристроєм та вагони. Приводний шків, вагони та натяжний пристрій з'єднуються між собою відрізками тягового канату як елементами з розподіленими параметрами. У межах даної роботи виконуємо приведення мас приводу до шківа, що дозволяє обмежитися використанням диференціальних рівнянь у часткових похідних під час складання математичної моделі (рис. 1).

Для зручності складання математичної моделі доцільним є використання схеми заміщення, у якій всі маси здійснюють поступальний рух. При цьому особливістю такої схеми для тягового контуру ПКД є її замкненість, що зумовлює певну специфіку складання рівнянь. Вона відображається у прикладанні до кінцевих мас додаткових сил, які характеризують взаємний вплив цих мас.

Математична модель, яка описує динамічний стан приводу, складається з рівнянь у формі деформацій ділянок тягового канату з використанням положень хвильової механіки.

Аналіз частотних діаграм (рис. 2), побудованих для приводів різних ПКД, показав, що у більшості випадків спостерігається наявність доволі широкої міжрезонансної зони, обмеженої першою та другою власними частотами, що може бути основою для обґрунтування раціональних значень частоти обертання шківа як одного з кінематичних параметрів приводу ПКД. Отримані результати є дійсними для всіх типів ПКД за характером частотних діаграм, однак значення частот можуть відрізнятися в залежності від технічних характеристик об'єкта. Щодо інших транспортних засобів з канатною тягою: для стрічкових та ланцюгових конвеєрів ступінь нелінійності частотних діаграм залежить від рівномірності розподілення вантажу на несучій поверхні; для підвісних конвеєрів характер частотних діаграм є подібним до такого для ПКД кільцевого типу; частотні діаграми для приводів шахтних підйомників є подібними до діаграм ПКД маятникового типу, однак характеризуються більшою симетричністю кривих зміни другої та третьої частот для вертикального підйому.

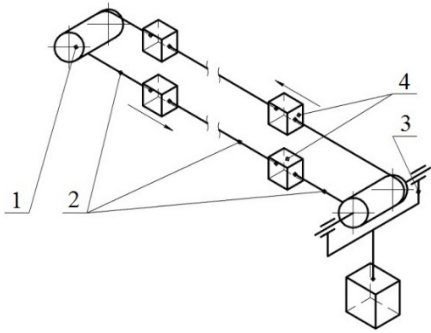


Рис. 1. Модель тягового контуру ПКД:
1 – шків; 2 – відрізки тягового каната;
3 – натяжний пристрій; 4 – вагони

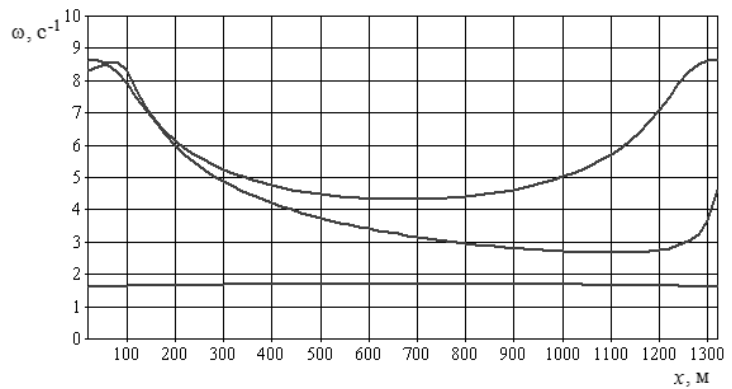


Рис. 2. Приклад частотної діаграми

- [1] Nejez J. Cableway oscillation problems [Text] / J. Nejez // International Ropeway Review. – 2011. – № 6. – P. 47.
 [2] Kopanakis G. A. Oscillations in ropeways. Part 1 [Text] / G. A. Kopanakis // International Ropeway Review. – 2011. – № 6. – P. 48–50.
 [3] Kopanakis G. A. Oscillations in ropeways. Part 2, 3 [Text] / G. A. Kopanakis // International Ropeway Review. – 2012. – № 1. – P. 46–49.
 [4] Kopanakis G. A. Oscillations in ropeways. Part 4 [Text] / G. A. Kopanakis // International Ropeway Review. – 2012. – № 3. – P. 63–66.
 [5] Kowal J. Static and dynamic analysis of the cableway [Text] / J. Kowal [etc.] // The Archive of Mechanical Engineering. – 2008. – Vol. LV. – № 4. – P. 357–368.
 [6] Knawa M. Effect of dynamic loads acting on carrying cable in operating ropeway [Text] / M. Knawa, D. Bryja // Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics. – 2008. – Vol. 8. – № 1. – P. 10297–10298.
 [7] Ракша С. В. Аналіз спектра власних частот приводу підвісної канатної дороги [Текст] / С. В. Ракша, Ю. К. Горячев, О. С. Куроп'ятник // Сб. научн. тр. «Строительство. Материаловедение. Машиностроение». – 2012 – № 66. – С. 249–256.
 [8] Ракша С. В. Аналіз впливу подвижних мас підвешеної канатної дороги на спектр власних частот приводу [Текст] / С. В. Ракша, Ю. К. Горячев, А. С. Куроп'ятник // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2013. – № 1 (30). – С. 110–116.

УДК 621.867.81/.85

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОТУЖНОСТІ КОМПРЕСОРУ ПНЕВМАТИЧНИХ КОНВЕЄРІВ ВІД ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАСПОРТНИХ УСТАНОВОК

RESEARCH OF DEPENDENCE OF PNEUMATIC CONVEYOR COMPRESOR POWER FROM PROJECT PARAMETERS OF TRANSPORT FACILITY

*д-р техн. наук С.В. Ракша, канд.ф.-м.наук В.М. Богомаз,
канд. техн. наук Щека І.М.
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна*

*S.V. Raksha, Dr. Tech. Sc., V.M. Bohomas, PhD (Tech.),
I.M. Shcheka, PhD (Tech.)
Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named
after Academician V. Lazaryan*

Пневмотранспортні установки дуже широко застосовуються в різних галузях промисловості, в будівництві, при перевантажувальних роботах на

залізничному та водному транспорті. В таких установках вантаж переміщується по трубах та жолобам за рахунок енергії потоку повітря. Основними видами вантажу, які переміщуються пневматичними конвеєрами, є цемент, мінеральні порошки, подрібнена порода, зола та шлаки, стружки та інші види вантажів.

До переваг пневматичних конвеєрів відносяться: герметичність системи; відсутність втрат транспортованих вантажів; зручність спряження горизонтальних, вертикальних та похилих ділянок; зосередженість машинного обладнання в одному місці та відсутність необхідності в складному технічному обслуговуванні по всій трасі; можливість переміщувати вантажі з декількох місць в одне та навпаки; можливість поєднання транспортування з декількома технологічними процесами, наприклад охолодженням та сушкою.

Пневматичні конвеєри в загальному випадку складаються з трубопроводів, сопла, затворів, живильників, компресору або вакуумного насосу, віддільника, фільтрів.

Одним з основних елементів пневматичних установок є компресор, який приводиться в рух за допомогою електродвигуна. Отже, одним з важливих технічних параметрів пневматичної установки є потужність приводу компресору або повітродувної установки.

Потужність приводу компресору пневмотранспортної установки залежить від багатьох факторів. Основними параметрами, які впливають на її величину є: вантаж та його щільність; продуктивність установки за вантажем; горизонтальні та вертикальні розміри траси транспортування; кількість та види допоміжних пристроїв (коліна та затвори); заданий коефіцієнт концентрації суміші.

Аналіз сучасних публікацій [1, 2] показав, що для визначення величини потужності приводу компресору потрібно провести розрахунки, які стосуються витрат тиску, швидкості аеросуміші, необхідної роботи повітродувної установки.

Метою роботи є побудова аналітичної залежності величини потужності електродвигуна компресору пневматичних конвеєрів від їх проектних параметрів.

Для пневматичних конвеєрів проведено аналіз залежності всіх елементів розрахунку, приведеного в [2], від вихідних параметрів для проектування. Побудовано аналітичну залежність потужності електродвигуна приводу компресору від щільності вантажу, коефіцієнту концентрації суміші, продуктивності установки, геометричних розмірів траси, кількості та видів допоміжних пристроїв.

Розглянуто приклад застосування отриманих залежностей для пневмотранспортної установки з заданими параметрами. Залучаючи побудовані аналітичні залежності, проведено графічний аналіз зміни величини потужності приводу компресора при варіюванні значень проектних параметрів пневматичної установки. Побудовані залежності приведені на рис. 1, 2 (на графіках через x позначено P_B).

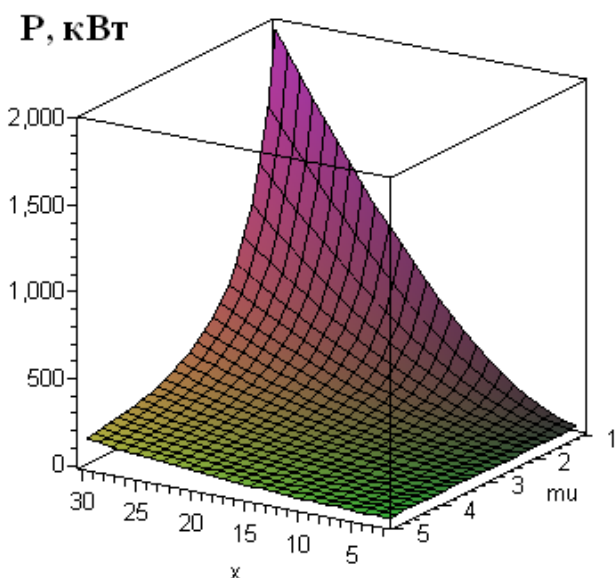


Рис. 1 Графічна залежність величини потужності електродвигуна повітродувної машини установок з підвищеним вакуумом при $P_B = 2...30$ т/год та $\mu = 1...5$

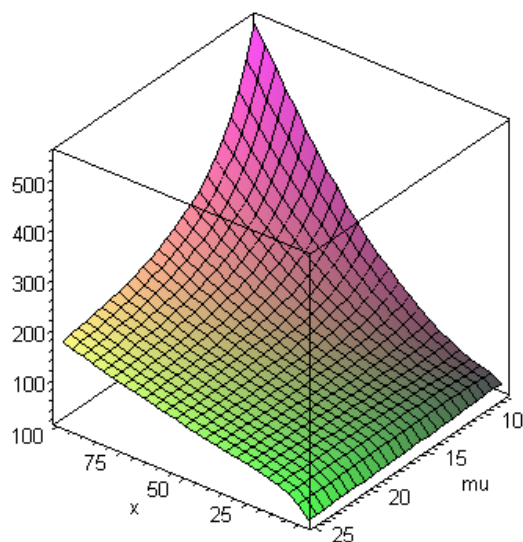


Рис. 2 Графічна залежність величини потужності електродвигуна повітродувної машини установок різного тиску при $P_B = 2...100$ т/год та $\mu = 8...25$

[1] Ромакин Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учебн. пособие - М.: издательский дом «Академия», 2008. – 432с.

[2] Бондарев В.С. Підійомно-транспортні машини: розрахунки підйимальних і транспортувальних машин: підручник / В.С. Бондарев, О.І. Дубінець, М.П. Колісник та інш. – К.: Вища школа, 2009. – 734 с.

УДК 625.173.4

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

EXTENSION OF THE DURATION OF METALLIC ELEMENTS OF ARROWS TRANSFER

ст. преп. В.В. Романенко¹, А.Н. Полозов², А.А. Куксо²

¹Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)

²Белорусская железная дорога (г. Борисов, г. Минск)

V.V. Romanenko¹, A.N. Polozov², A.A. Kukso²

¹Belarusian state university of transport (Gomel)

²The Belarusian Railway (Borisov, Minsk)

В результате эксплуатационных повреждений ежегодно в одиночном порядке заменяют десятки тысяч рельсов в звеньевом пути, остряков и крестовин стрелочных переводов и вырезают участки рельсов бесстыкового пути, поврежденных выкрашиваниями на концах, пробуксовками и другими дефектами. Это приводит к значительным потерям пропускной способности участков дорог, потерям металла, увеличению эксплуатационных расходов.

Продлить срок службы элементов верхнего строения пути, имеющих местные повреждения (выкрашивания, расслоения, смятие и др.) позволяют технологии ремонта этих дефектов наплавкой. С 2014 года в Борисовской дистанции пути для этих целей широко используется автоматический наплавочный комплекс типа «TRANSLAMATIC» 1252-350 (страна изготовитель Франция).

Комплекс позволяет автоматической наплавкой устранять местные дефекты и признаки износа на поверхности катания рельсов, рельсовых стыках, изношенных боковых поверхностях рельсов, марганцовистых крестовинах стрелочных переводов.

Наплавка представляет собой процесс наращивания поверхности детали слоем металла для увеличения толщины или создания специальных свойств этого слоя, отличающихся от свойств основного металла. Наплавка отличается от сварки небольшим количеством основного металла, участвующего в процессе, которое составляет от 10 до 15% наплавленного металла.

Экономический эффект от реновации крестовин автоматическим наплавочным комплексом можно определить следующим образом:

1 Затраты до внедрения наплавочного комплекса.

Годовые затраты на закупку изношенных крестовин ($C_{кр}$) типа Р65, марки 1/11 определяются как стоимость одной крестовины умноженную на количество крестовин, вышедших по износу за расчетный период, кроме того необходимо учесть затраты на замену крестовин (C_3). Изъятые крестовины учитываются как возврат металлолома и определяются произведением веса крестовины на стоимость 1 тонны металлолома (B). Общие затраты составят:

$$Z_{г.к} = C_{кр} + C_3 - B$$

В течение 2017 года в Борисовской дистанции пути было уложено 57 крестовин, стоимость каждой составляет – 10099,00 руб.

С учетом фонда оплаты труда на работы по смене крестовины, 39,51 руб. (согласно ТНВ 2012 №108), стоимости 1 тонны металлолома 243,52 руб., веса одной крестовины 1,4 т годовые затраты на замену изношенных крестовин:

$$Z_{г.к} = (10\,099,00 \cdot 57) + (39,51 \cdot 57) - ((243,52 \cdot 1,4) \cdot 57) = 558462,17 \text{ руб.}$$

2 Затраты на реновацию крестовин.

Крестовины, которые имеют износ усювиков и сердечника, не демонтируются для замены на новые, а наплавляются и срок службы наплавленных крестовин продлевается на 2–3 года. Нормативный срок службы новых крестовин на Борисовской дистанции пути составляет 3 года.

Годовые затраты на реновацию изношенных крестовин ($Z_{г.р}$) типа Р65, марки 1/11 определяются количеством крестовин, вышедших по износу за расчетный период, умноженных на стоимость реновации одной крестовины, в расчет которой входят:

- затраты на амортизацию наплавочного комплекса 97,76 руб.;
- материальные затраты на одну крестовину стоимости основного сырья и материалов (проволока порошковая Transiamanga, электроды, диски шлифовальные и т. п.) и вспомогательных материалов составляют 98,16 руб.;
- расходы на оплату труда работников, задействованных в оказании услуги

по наплавке крестовины, с учетом фонда оплаты труда составляют 134,16 руб.

В итоге, плановая калькуляция стоимости услуги по наплавке крестовины с учетом расходов и начислений на оплату труда, стоимости материалов и амортизационных отчислений, себестоимости, рентабельности и т. п. составляет 376,50 руб.

Таким образом годовые затраты на реновацию 57 изношенных крестовин (З_{г.р}):

$$З_{г.р} = 57 \cdot 376,50 = 21460,69 \text{ руб.}$$

3 Экономия от реновации крестовин

Экономия от реновации крестовин определяется разностью между годовыми затратами на закупку и реновацию изношенных крестовин, таким образом:

$$\mathcal{E} = 558462,17 - 21460,69 = 537\,001,48 \text{ руб. в год.}$$

Как видно из расчета, применение технологии реновации только крестовин составляет более 500 тыс. рублей в год, вместе с этим в дистанции пути постоянно ведется наплавка рельсов и другие подобные работы, что еще в большей мере увеличивает экономический эффект.

[1] Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. Стандарт организации : СТП 09150.56.010-2005. – Введ. 01.07.2006. – Минск, 2006. – 284 с.

[2] О внесении дополнения в приказ от 02.07.2013 № 231Н. БелЖД от 03.03.2018 №206НЗ.

УДК 625.173.4

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

INVESTIGATION OF CURVOLINEAR SITES OF THE RAILWAY

ст. преп. В.В. Романенко¹, А.Н. Полозов², А.А. Куксо³

¹*Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)*

²*Белорусская железная дорога (г. Борисов, г. Минск)*

V.V. Romanenko¹, A.N. Polozov², A.A. Kukso²

¹*Belarusian state university of transport (Gomel)*

²*The Belarusian Railway (Borisov, Minsk)*

Одним из важнейших направлений транспортной политики на железнодорожном транспорте в большинстве стран, в том числе и РБ, является внедрение высоких технологий, которые обеспечивают повышение скоростей движения поездов. Так, например, в пределах Жлобинской дистанции пути на направлении Гомель–Минск была проведена электрификация, после которой был введен в обращение электропоезд ЭПГ (Stadler), для которого возможно развитие скорости выше установленной на сегодняшний день для пассажирских поездов 120 км/ч.

Оценка состояния рельсовой колеи по показаниям КВЛ не выявила на рассматриваемом участке пути отклонения по содержанию пути II и выше степени, что указывает на надлежащее содержание рельсовой колеи. Однако, кроме ос-

новых показателей рельсовой колеи, КВЛ определяет величину непогашенного ускорения и регистрирует ее в «карточках кривых». Результаты анализа этих карточек показывают, что при прочих параметрах рельсовой колеи находящихся в пределах допускаемых значений величина непогашенного ускорения в пределах переходных кривых превышает $0,7 \text{ м/с}^2$.

Для проведения исследования причины превышения непогашенного ускорения сверх допускаемого значения, принимаем, что ввиду отсутствия ограничения скорости по результатам диагностики, данная кривая в плане содержится согласно требованиям [1]. При этом разница стрел изгиба не превышает допускаемой величины, что подтверждается графиком плана линии, взятого из «карточки кривой», составленной КВЛ при проверке 11.01.2017 г.

Согласно той же карточке, уровень (возвышения наружного рельса) так же не имеет отклонений от допускаемых значений в пределах всей кривой. Однако отводы возвышения от 0 мм на прямом участке до среднего возвышения на круговой кривой 61 мм не соответствует положению переходных кривых в плане.

Данные кривой. Кривая расположена на участке Рогачев–Сверково ПК 2574+62,00 – ПК 2577+61,00, длина кривой 229 м, в том числе длина переходной кривой №1 – 106 м, переходной кривой №2 – 123 м, круговой кривой – 70 м.

Средний радиус – 686 м. Среднее возвышение наружного рельса – 61 мм. Скорость пассажирских поездов по кривой – 98 км/ч, грузовых – 90 км/ч. Средняя величина непогашенного ускорения – $0,74 \text{ м/с}^2$.

Исследования кривой можно разделить на следующие этапы:

1 Определение величины непогашенного ускорения $a_{\text{нп}}$, при условии совпадения длины переходной кривой $l_{\text{пк}}$ и длины отвода возвышения наружного рельса $l_{\text{пк}h}$. Согласно расчетам $a_{\text{нп}} = 0,749 \text{ м/с}^2$, что больше $[a_{\text{нп}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$.

2 Определение величины $a_{\text{нп}}$ при увеличении возвышения наружного рельса. Первоначально $h_{\text{ср}}$ увеличиваем на 10% без изменения длины переходной кривой.

Согласно расчетам $a_{\text{нп}} = 0,713 \text{ м/с}^2$, что больше $[a_{\text{нп}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$.

Так как увеличение $h_{\text{ср}}$ на 6 мм недостаточно для уменьшения $a_{\text{нп}}$ на необходимую величину, определяем величину $a_{\text{нп}}$ при увеличении $h_{\text{ср}}$ на 20%. Согласно расчетам $a_{\text{нп}} = 0,676 \text{ м/с}^2$, что меньше $[a_{\text{нп}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$.

3 Определение скорости изменения непогашенного ускорения Ψ при увеличении $h_{\text{ср}}$ на 20%. Согласно расчетам $\Psi = 0,283 \text{ м/с}^3$, что меньше допускаемой скорости изменения непогашенного ускорения $[\Psi] = 0,6 \text{ м/с}^2$.

4 Так как возвышение наружного рельса 73 мм вызывает $a_{\text{нп}}$ менее $0,7 \text{ м/с}^2$, то определяем максимально возможное возвышение h' . Согласно расчетам 69 мм.

5 Так как величина h ограничивается требованиями по обеспечению его отвода в пределах переходной кривой, максимально возможным возвышением, для Белорусской железной дороги 150 мм проверяем эти параметры:

– возвышение наружного рельса $h' = 69 \text{ мм}$ меньше 150 мм;

– отвод h в пределах переходной кривой для скорости до 140 км/ч должен обеспечиваться не круче чем 1 мм на 1 м пути. Для отвода $h' = 69 \text{ мм}$ минимальная длина переходной кривой 69 м. Фактическая длина переходной кривой 102 м, что позволяет сделать вывод о возможности устройства $h' = 69 \text{ мм}$;

6 $h' = 69 \text{ мм}$ обеспечивает требование крутизны отвода и максимального значения h , однако, для принятия окончательного решения необходимо выпол-

нить расчет подтверждающий возможность устройства $h' = 69$ мм исходя из других условий, например, средневзвешенной квадратичной скорости.

7 Определяем величину $a_{\text{нп}}$, при условии увеличения длины переходной кривой $l_{\text{пк}}$ на 10 м в сторону прямого участка пути и увеличением $h_{\text{ср}}$ на 10%.

Согласно расчетам $a_{\text{нп}} = 0,713 \text{ м/с}^2$, что больше $[a_{\text{нп}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$.

8 Определяем величину непогашенного ускорения $a_{\text{нп}}$, при условии увеличения скорости v до 110 км/ч. Согласно расчетам при $a_{\text{нп}}$ максимально близко к допускаемому, h'' должно быть не менее 108 мм. Такое возвышение наружного рельса обеспечивает $a_{\text{нп}} = 0,698 \text{ м/с}^2$.

Исходя из условия обеспечения крутизны отвода минимальная длина переходной кривой должна быть 108 м, что ведет к удлинению существующей длины на 6,0 м. Такое решение может быть принято только после исследования земляного полотна на предмет возможности сдвижки оси пути с сохранением ширины обочины и другие параметры.

[1] Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. Стандарт организации : СТП 09150.56.010-2005. – Введ. 01.07.2006. – Минск, 2006. – 284 с.

[2] О внесении дополнения в приказ от 02.07.2013 № 231Н. БелЖД от 03.03.2018 №206НЗ.

УДК 625.142.44

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМІЖНОГО РЕЙКОВОГО СКРІПЛЕННЯ ТИПУ КПП-5 НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF INTERMEDIATE RAIL FASTENING KPP-5 ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

В.О. Сахаров, В.М. Суслов
ТОВ НВП «Корпорація КРТ» (м. Львів)

V.O. Saharov, V.M. Suslov
RPE "Corporation KRT", Ltd. (Lviv)

Проміжні рейкові скріплення КПП-5 дозволені до застосування на магістральних залізницях України з 2003 року. Нормативні документи дозволяють укладання безстикової колії із цими скріпленнями на ділянках з вантажонапруженістю до 60 млн в прямих і кривих ділянках з радіусами 350 м і більше. Основними конструктивними елементами цього типу скріплень є наступні: клеми пружні типу КП-5.2, вкладиші ізолюючі підпружні з термопластів, прокладки підрейкові типу ПРП, виготовлені з поліуретану

З метою розширення полігону укладання безболтових скріплень на базі скріплення КПП-5 була розроблена його модифікація, яка має позначення КПП-5-К. Таке скріплення призначається для укладання в кривих ділянках колії, де встановлена ширина колії 1535 мм та на перехідних кривих в межах яких здійснюється відведення ширини колії. Основними відмінностями цього типу скріплення є наявність регульовальних втулок, що надіваються на анкер. Шляхом зміни положення цих втулок можливе регулювання ширини колії з 1522 до 1534

мм, що призвело до зміни конструктивних розмірів підрейкових прокладок, змін в конструкції ізолюючого вкладишу та збільшення відстані між анкерами на шпалах типу СБ-3-0. В скріпленні застосовується пружна клема типу КП-5.2.

Така конструкція проміжного скріплення типу КПП-5-К безумовно викличе зміни в горизонтальній поперечній жорсткості під дією бокових сил. Теоретичний аналіз роботи скріплення КПП-5-К показав, що формування вертикальної та горизонтальної поздовжньої жорсткості цього скріплення буде аналогічним скріпленню КПП-5. Формування жорсткості при крутінні рейки для скріплення КПП-5-К буде також аналогічним скріпленню КПП-5, але на абсолютні значення цього параметру буде впливати відмінності в геометричних розмірах.

З метою подальшого вдосконалення скріплень КПП-5 та КПП-5-К корпорація «КРТ» в ініціативному порядку запропонувала розробити та провести випробування підрейкових прокладок з гумових композицій на заміну поліуретану. Такі прокладки отримали позначення ПРП-4 та ПРП-4-К.

В результаті проведених досліджень підрейкових прокладок з гумових композицій ПРП-4 та ПРП-4-К було отримано наступні результати:

1. Запропоновано визначати їх ресурс роботи за критерієм старіння матеріалу, надійності їх роботи та забезпечення необхідного опору поздовжньому зсуву.

2. Визначені прогнозовані ресурси роботи прокладок ПРП-4 та ПРП-4-К за критерієм термодинамічного старіння на рівні 550 млн.т, за критерієм надійності роботи від 90 до 480 млн.т залежно від вантажонапруженості та за критерієм забезпечення опору поздовжньому зсуву від 400 до 530 млн.т. Такі дані слід розглядати як орієнтовані до отримання даних експлуатаційних випробувань цих прокладок в колії.

3. Розглянута доцільність збільшення товщини гумових прокладок до 9 та 10 мм з точки зору впливу на динаміку взаємодії рухомого складу та колії, впливу на сили опору поздовжньому зсуву рейок та використання прокладок підвищеної товщини, як ремонтні, при експлуатації прокладок ПРП-4 та ПРП-4-К.

4. Встановлено, що застосування прокладок товщиною 9 та 10 мм може зменшити рівень динамічного навантаження від 4% до 12%, що буде мати позитивний вплив на терміни служби всіх елементів залізничної колії, зменшення витрат праці при поточному утриманні колії.

5. Використання гумових прокладок товщиною 9 та 10 мм замість прокладок ПРП-4 та ПРП-4-К підвищить рівень опору поздовжньому зсуву рейок до 16,5-18,5 кН на один комплект скріплення та, як наслідок, ресурс роботи таких прокладок за критерієм забезпечення сили опору поздовжньому зсуву рейок до значень 470-660 млн.т. Такі розрахунки є попередніми до отримання даних про знос та залишкові деформації таких прокладок в колії.

6. Використання гумових прокладок 9 та 10 мм, як ремонтних, при експлуатації прокладок типів ПРП-4 та ПРП-4-К дозволить продовжити нормальну експлуатацію скріплень КПП-5 та КПП-5-К до напрацювання тоннажу 730-950 млн.т при одній заміні прокладок, такі дані теж слід вважати попередніми.

7. Висловлено припущення, що підвищення товщини гумових прокладок до 9 та 10 мм може викликати підвищення переміщення рейок відносно шпал за рахунок пружної післядії гуми. Забезпечення стійкості рейкових плітей в таких умовах потребує подальших досліджень.

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ЗАСОБАМИ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ СТРІЛОК ТА СИГНАЛІВ

DIAGNOSTICS OF RAILWAY TURNOUT SYSTEMS USING TOOLS OF CENTRALIZATION BLOCKING SYSTEM

І.М. Сіроклин, С.О. Змій, А.М. Маслій, С.В. Буряковський
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

I.M. Siroklyn, S.O. Zmij, A.S. Maslii, S.G. Buriakovskiy
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Більшість систем централізації стрілок та сигналів, що виробляються в Україні використовують контролери стрілок, які здатні знімати значення струму двигуна з періодом близьким до 1мс. Для порівняння, спеціалізована система діагностики стрілочного приводу АПК-ДК використовує АЦП с з періодом $T_{\Delta} = 0.001$ с але усереднює значення десяти вимірювань для зменшення впливу завад. Таким чином інформативний період складає $T_{\Delta} = 0.01$ с. Проте в системах централізації стрілок та сигналів основним обмежуючим фактором є не параметри АЦП об'єктного контролера, а мережа передачі даних до центрального процесора системи. Пропускна здатність мережі існуючих систем не часто використовує період 0,05 с частіше використовуються 0,1 с або 0,4 с.

Для проведення аналізу інформативності замірів в лабораторних умовах за допомогою цифрових засобів вимірювання було знято криву струму з періодом $T_{\Delta} = 0.001$ с та розраховано середнє значення струму кожних 10 замірів. (крива 1, рис. 1). Виконано десять вимірювань кривої струму з періодом 0,02 с, 0,05с та 0,1 с (крива 2, 3 та 4, рис. 1). Розраховано значення середньоквадратичного відхилення значень струму кривої 2 та 3 від кривої 1, що взято за опорне.

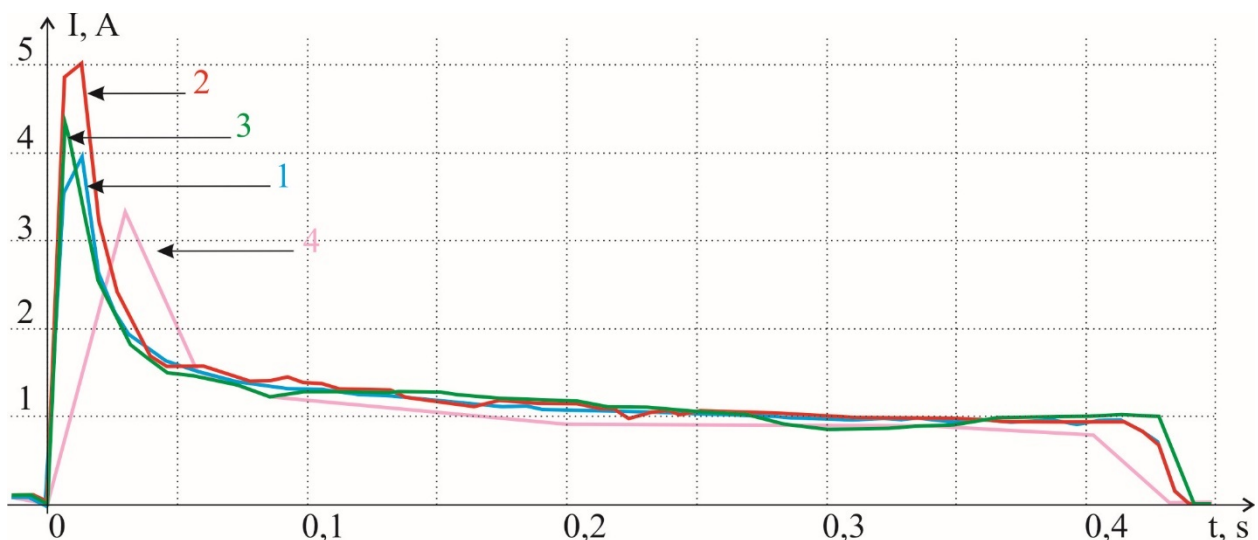


Рис. 1. Криві струму двигуна стрілочного приводу

Навіть в першому наближенні з рисунку 1 видно, що відхилення значень від еталонних не значне, тим більше, з огляду на той факт, що для діагностики інформативним буде відхилення значень контрольованої величини на 10% або 20%.

Отримані результати дають змогу стверджувати, що наявні технічні засоби сучасних систем централізації стрілок та сигналів дають змогу реалізувати функції діагностики технічного стану елементів стрілочного переводу використовуючи методи аналізу кривої струму двигуна електроприводу. Це стосується контролю рівня струму, характеру та часу переведення стрілки. Однак в більшості випадків пропускна здатність каналів передачі даних систем обмежують використання деяких з методів, що вимагають збільшення частоти замірів. Як вихід з ситуації можна запропонувати розглянути варіант вбудовування діагностики в цілому, або певних видів діагностики на сам об'єктний контролер з передачею до CPU системи кодів ознак технічного стану стрілки.

УДК 625.17

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ НОРМ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ШИРИНИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ З ПРОМІЖНИМИ РЕЙКОВИМИ СКРІПЛЕННЯМИ ТИПУ КБ-65 В БЕЗСТИКОВІЙ КОЛІЇ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ШПАЛАМИ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

TECHNO-ECONOMIC EVALUATION USE OF THE NEW STANDARDS OF DANGEROUS RAILWAY GAUGE WITH INTERMEDIATE FASTENING OF TYPE TB-65 IN A CONTINUOUS WELDED RAIL TRACK WITH CONCRETE SLEEPERS ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

*канд. техн. наук О.О. Скорик¹, В.В. Новіков¹, Ю.М. Кравченко²
канд. техн. наук, О.О. Овчинніков¹*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)
²Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка (м. Харків)*

***O.O. Skoryk¹, PhD (Tech.), V.V. Novikov¹, Y. Kravchenko²,
O.O. Ovchinnikov¹ PhD (Tech.)***

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)
²Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (Kharkiv)*

Останній раз небезпечну ширину рейкової колії встановлювали без урахування багатьох факторів ще в середині 90-х років, які стали відомі експлуатаційникам рухомого складу та колії протягом останніх 20 років. Досліджено теоретично та експериментально, що на ділянках безстикової залізничної колії зі скріпленнями типу КБ-65 з вантажонапруженістю до 40 млн.т.км бруто/км.рік доцільно збільшити існуючу норму небезпечної ширини рейкової колії – 1548 мм [1] до 1561 мм, а на ділянках з вантажонапруженістю понад 40 млн.т.брутто/км.рік до 1550 мм. Починаючи з 2005 року, коли за результата-

ми роботи вчених українських науково-дослідних та академічних вищих начальних закладів в рамках програми «колесо-рейка», було створено нові ремонтні профілі коліс рухомого складу, які призначені суттєво подовжити терміни експлуатації рухомого складу між черговими обточеннями поверхонь катання коліс та надплановими змінами рейкових плітей з наднормативним боковим зносом на нові, при наявності поздовжніх тріщин, або з заміною робочого канта, якщо інтенсивність бокового зносу перевищує величини, встановлені нормативами [2].

При впровадженні нових норм максимальної небезпечної ширини рейкової колії можна збільшити ресурс напрацювання рейкових плітей, який, в залежності від експлуатаційних умов, можна узагальнити рівнем інтенсивності бічного зносу рейок, який повинен бути більшим за встановлені мінімальні величини. Техніко-економічну оцінку використання нових норм небезпечної ширини рейкової колії вважається за доцільне проводити в напрямку порівняння матеріальних витрат на рейкові ресурси, які заощаджуються через подовження терміну експлуатації рейкових плітей внаслідок повного вичерпання встановленої нормативами величини допустимого бічного зносу рейкової пліті, яка дозволяє експлуатації колії рухомим складом при встановлених максимальних швидкостях руху пасажирських та вантажних поїздів. Тому, техніко-економічна оцінка впровадження нових норм розміру небезпечної ширини рейкової колії в безстиківій колії зі скріпленнями типу КБ-65 та СКД-65 для термічно загартованих та для незагартованих рейок визначається, як економія матеріалів та соціальний ефект від скорочення небезпечних умов праці при виконанні робіт з незакріпленими рейковими плітями в умовах непрогнозованої та не контрольованої зміни температури старопридатних, але не пройшовших реновацію рейкових плітей, які перекладають зі зміною робочого канту.

[1] Технічні вказівки по улаштуванню укладанню ремонту і утриманню безстиківій колії на залізницях України: ЦП-0266 [Текст]. – К.: Транспорт України, 2012. – 150 с. – Затверджена наказом Укрзалізниці № 033Ц від 01.02.2012 р.

[2] Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України: ЦП-0269 [Текст]. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.

УДК 528(075.8)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

GEOINFORMATION SYSTEMS IN CONSTRUCTION

ст. преп. Н.С. Сырова

Белорусский государственный университет транспорта (г. Гомель)

N.S. Syrova

Belarusian state university of transport (Gomel)

Одним из значительных результатов развития области информационных систем за последние несколько десятилетий стали географические информацион-

ные системы (ГИС). Они пронизывают нашу жизнь во многих аспектах, которые мы даже и не замечаем. Яндекс карты, GOOGLE MAPS, и другие программы с навигационными картами являются собой типичные ГИС. Это только самые «востребованные» массовые геоинформационные системы. Их применение весьма обширно и в ряде случаев весьма нетипично. Везде, где удобно сопоставлять объекты на местности с их местоположением стараются использовать ГИС.

Геоинформационная система – это связанная с картой база данных о некоторых объектах, которая включает не только информацию об их расположении, но и о разнообразных других свойствах. При этом такую информацию можно не только просто увидеть, но и обрабатывать с помощью возможностей самой системы.

К основным задачам любой геоинформационной системы относятся определение местоположения и характеристик объектов, их взаимосвязей, происходящих с ними изменений, отображение всей этой информации в наглядном графическом представлении, а также разного рода моделирование. Все элементы ГИС, как и всякой информационной системы, связаны между собой — прямо или косвенно.

Для создания и обновления геоинформационных систем не обойтись без геодезических работ. Характерными видами которых считаются:

- предварительная рекогностировка проекта на местности;
- анализ существующих пунктов, обследование степени сохранности;
- постройка характерных высотных знаков, обозначающих местоположение пунктов, и возможность, ориентируясь на них, производить наблюдения;
- съемки для определения координат точек на центрах геодезическими методами триангуляции, полигонометрии, засечек и т.п.;
- определение пространственных координат спутниковыми методами;
- определение астрономических геодезических координат;
- измерение базиса сторон;
- геометрические нивелирование между точками для определения отметок в абсолютных величинах;
- гравиметрические нивелирование в пунктах и все виды съемок;
- обработка результатов и уравнивание всех видов геодезических измерений;
- производства уравниваний плановых нивелирных геодезических сетей;
- составление базы всех данных на точках, после процесса обработки.

Все виды основных работ включают в себя алгоритм основных составляющих государственных сетей от процесса рекогностировки до построение пунктов сети, до конечных значений уравнивания и составления базы их координат.

Инженеры геодезисты измеряют различными методами и способами местность и вносят местоположение объектов в ГИС с указанием необходимых характеристик. Методы используются разные в зависимости от необходимой точности, объема работ, стоимости и временных факторов.

Применяются ГИС повсеместно в экологии, военной топографии, географии, логистике, в транспортной сфере и во многих других. В геодезии они тоже применяются, ведь работа с картами ведётся постоянно.

Использование ГИС инженерами-геодезистами: кадастр недвижимости, любой тип которого (например, земельный, лесной, водный, градостроительный) является, геоинформационной системой. К примеру, в земельном кадастре информация картографическая дополнена сведениями о правовом статусе земель, их хозяйственном и природном назначении. В этой системе возможна регистрация землевладения и землепользования, оценка земель по их количеству, качеству и стоимости и поточный контроль за использованием земли. Получить информацию из Государственного кадастра может любой желающий, воспользовавшись интерактивной публичной кадастровой картой – база государственных геодезических сетей и ГСС. Непосредственно инженеры-геодезисты используют Государственный картографо-геодезический фонд для привязки объектов работы к местности. Эта ГИС обладает всеми необходимыми данными по высоте и плановым координатам геодезических пунктов, а также описанием их местоположения. То есть геодезисты запрашивают данные по пунктам ГГС на определенный район и получают исчерпывающую информацию, необходимую для дальнейшего проведения геодезических изысканий.

Геоинформационные системы — необходимые составляющие в создании баз данных, связанных с географическим местоположением. В геодезии применение ГИС становится все шире и разнообразней. Это связано с появлением новых более удобных и функциональных разработок, которые призваны облегчить и без того непростую работу кадастровых инженеров и геодезистов.

УДК 625.42

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ ШПАЛ МЕТРОПОЛІТЕНУ

THEORETICAL STUDIES OF CAPTIVE ABILITY WOODEN SLEEPERS OF UNDERGROUND

канд. техн. наук Д.А. Фаст¹, П.В. Пліс², канд. техн. наук О.А. Дудін¹

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

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

D.A. Fast¹, PhD (Tech.), P.V. Plis², A.A.Dudin¹, PhD (Tech.)

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

²*Kupyansky Railway Machine Station 133 (Kupyansk)*

В інженерній практиці часто зустрічаються балки, що лежать на суцільній пружній основі. До таких конструкцій відносяться шпали й рейки залізничної колії, стрічкові фундаменти будинків, що опираються на ґрунти та ін.

Дерев'яні шпали у тунелі метрополітену омонолічені у колійний бетон. Розрахунок даної конструкції необхідно виконувати на міцність при роботі шпали

на стиск згідно "Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість" [1, 2]. Дерев'яна шпала у тунелі метрополітену має вигляд балки, що опирається на бетонну основу уздовж 2/3 довжини шпали [3, 4]. Для вирішення завдання з її розрахунку необхідно створити розрахункову схему та модель колії метрополітену, які показано на рис. 1.

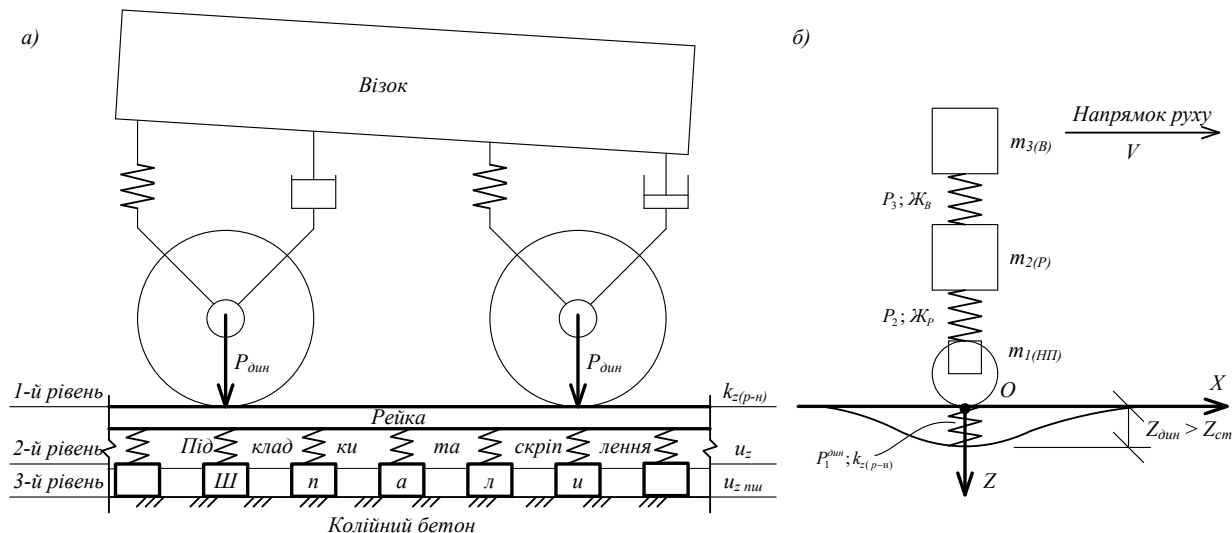


Рис. 1. Модель колії метрополітену для розрахунків на міцність (а) та розрахункова схема (б)

Під дією рухомого складу в елементах верхньої будови колії виникають напруження та деформації. Залежність їх від сил, що впливають на колію, є складною та не піддається точному визначенню. Для визначення вертикальних сил, що діють на підрейкову підкладку проміжного рейкового скріплення типу "Метро", для наступного конструювання альтернативних конструкцій підрейкової основи [5], замість заміни дерев'яних шпал (гнилих і трухлявих), було визначено величину вертикального модуля пружності підрейкової основи безбаластної залізничної колії на дерев'яних шпалах у тунелі метрополітену без урахування пружних характеристик колійного бетону марки 150 і тунельного оброблення, величину горизонтального модуля пружності рейкової нитки безбаластної залізничної колії на дерев'яних шпалах у тунелі метрополітену, розрахункове навантаження бічних сил на колійні шурупи, розрахункове вертикальне навантаження на півшпалу від дії рухомого складу метрополітену.

На підставі отриманих результатів було визначено несучу здатність дерев'яної шпали у тунелі метрополітену.

[1] Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст] / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України. – 2006. – 168 с.
 [2] Даніленко Е.І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом [Текст]: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]: в 2 т. / Даніленко Е.І. – К. : Інпрес, 2010. – Том 2. – 456 с.
 [3] Фаст Д.А. Расчет деревянных шпал метрополитена с учетом наполнения полимерным составом АСТ-Т [Текст] / Д.А. Фаст // Проблемы надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 115. – С. 177–184.
 [4] Фаст Д.А. Прочность и деформативность деревянных шпал в тоннеле метрополитена с учетом наполнения полимером АСТ-Т [Текст] / Д.А. Фаст // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта. Сб. тезисов. – ДНУЖТ им. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2010. – С. 174.
 [5] Кравченко Н.Д. Новые конструкции железнодорожного пути для метрополитенов [Текст] / Кравченко Н.Д. – М. : Транспорт, 1994. – 143 с.

**АНАЛИЗ СЪЕМКИ ПУТИ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДВИЖЕНИИ
В УКРАИНЕ****ANALYSIS OF THE SHOOTING OF THE WAY AT THE HIGH-SPEED
MOVEMENT IN UKRAINE**

*канд.тех.наук, А.А. Шевченко¹, канд.тех.наук А.А. Матвиенко²,
канд.тех.наук, В.А. Лютый¹, доц. В.Г. Мануйленко¹,
канд.тех.наук М.В. Павлюченков¹*

¹*Украинский государственный университет железнодорожного строительства (г. Харьков)*

²*ТОВ «Геология и стандартизация» (г. Харьков)*

*A.O. Shevchenko¹, PhD (Tech.), A.A. Matvienko², PhD (Tech.),
V.A. Lyutyu¹, PhD (Tech.), V.G. Manuylenko¹, PhD (Tech.),
M.V. Pavlyuchenkov¹, PhD (Tech.).*

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

²*OOO Geology and Standardization. (Kharkov).*

Большое количество ограничений скорости на железных дорогах Украины связано с параметрами плана и состоянием железнодорожного пути. Чтобы увеличить скорость движения поезда по кривой необходимо определить оптимальные параметры и поставить кривую в правильное положение. Расчеты показывают, что при проектировании ремонтов пути можно достичь существенного увеличения во времени движения поезда только за счет выполнения требований ЦБ-113 (п.2.3.2-2.3.4 ... исправления кривых в плане с восстановлением проектных радиусов) [1-3], то есть укладывать путь при капитальном ремонте в проектное положение. Работы по переустройству кривых, которые выполняются на железных дорогах Украины с неточной моделью существующего пути, при котором считается, что три соседние точки кривой лежат на круге определенного радиуса. На таком принципе построена работа ВПР - метод сглаживания. Абсолютное большинство современных методов расчета выправки кривых базируется на определении оползней в отдельных точках пути из-за разницы длин эвольвент для существующего и проектного вариантов (эвольвентная модель). При длинных кривых, больших значениях оползней и значительных колебаниях кривизны существующего пути эвольвентная модель может давать существенные погрешности. Более точно сдвиги могут определяться в системе координат путем геометрического представления проектного варианта и нахождения расстояния от начальной точки до ее проектного положения. Поскольку увеличение скорости предъявляет повышенные требования к качеству проектирования, выправке пути и содержанию кривых, необходимы новые подходы к съемке, расчетам и выполнению инженерных работ. Безусловно, это приведет к повышению стоимости съемки и проектирования таких участков, однако это вынужденный шаг, без которого реализовать качественное повышение скоростей будет практически невозможно. То, что

слабо влияло на показатели движения поездов при скоростях 90-120 км/ч, становится важным при скоростях 160 км/ч и более. Чтобы установить, как влияет исходная информация о плане линии на определение рациональных параметров кривых и допустимые скорости движения поездов, был проведен анализ способов съемки.

Метод стрел. Способ позволяет достаточно точно оценить кривизну двух соседних точек, но дает ошибку при определении угла поворота, который рассчитывается как сумма стрел. Случайные ошибки измерений стрел распределяются по нормальному закону с параметрами: математическое ожидание разницы стрел равно нулю, среднеквадратическое отклонение равно 1,2 мм.

Съемка путеизмерительными вагонами. Асимметрия измерительной схемы, большая погрешность измерения пройденного пути не позволяют получить достоверные параметры плана линии по результатам заездов путеизмерительных вагонов.

Съемка рихтовочными машинами с системой «Навигатор», «Стрела». Точная система измерения пройденного пути; небольшая асимметрия, высокая точность измерения стрелы изгиба.

Способ Гоникберга. При измерениях способом Гоникберга эмпирическая кривая распределения ошибок была аппроксимирована кривой нормального распределения с параметрами математического ожидания разницы стрел равно нулю, среднеквадратическое отклонение равно 3,3 мм.

Координатная съемка с помощью электронных тахеометров и GPS приборов позволяет с высокой точностью установить пространственное положение участка, но из-за погрешностей определения координат отдельных точек (до 20 мм) не дает реального соотношения кривизны соседних точек пути при их близком расположении. При дифференциальной схеме и стоянке на каждой точке на протяжении достаточно долгого промежутка времени, не позволяет выполнить такую съемку непосредственно на пути.

Метод МЛС (мобильное лазерное сканирование), особенно эффективен для оперативного получения, обработки и обновления большого объема высокоточных данных. Железные дороги требуют постоянного и точного мониторинга конструктивного состояния объектов – эти данные можно получить с помощью МЛС, который позволяет за короткий промежуток времени собирать высокодетальную трехмерную информацию обо всех объектах, находящихся в зоне видимости сканирующей системы. При скорости съемки 60 километров в час удается достичь точности на уровне нескольких сантиметров и плотности – около 3000 точек на квадратный метр [3-5].

Имея разветвленную транспортную инфраструктуру и находясь на перекрестке важнейших направлений мировой торговли между Европой, Азией и другими континентами, Украина имеет все предпосылки для развития транспортной отрасли в рамках взвешенной государственной политики.

[1] Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП-0113. – К., 2004. – 32 с

[2] А.А. Шевченко Високошвидкісний рух на залізницях України, етапи впровадження. 80-ая международная научно-техническая конференция. «Развитие научной и инновационной деятельности на транспорте» Тези науково-методичної конференції кафедр університету. 24-26 квітня 2018 р. Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту Випуск 177 УкрДУЗТ. С. 112-113.

- [3] Кирпа Г.Н. Железные дороги мира в XXI веке [текст] :/ Г.Н.Кирпа - Дн.: Днепропетровск. – 2004 – 224 с.
- [4] Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт [текст]: ЦП/0067: Затв. Мініст. трансп. України від 12.2000р - Д. :Арт-Прес. – 2001 – 132с.
- [5] Інструктивні вказівки з основних питань улаштування та утримання Залізничної колії [текст]: ЦП/0161 : затв. Наказом Укрзалізниці 20.12.2006. -К.:Транспорт України.- 2007. – 264с.

УДК 625.143.482

ФОРМУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ ПРИ ЇХ ЗВАРЮВАННІ В КОЛІІ

FORMATION OF A STRESS-DEFORMED STATE OF REACTING FATS AFTER THEIR WELDING IN QUILL

*канд. техн. наук В.П.Шраменко, канд. техн. наук Н.В. Бєлікова
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.P. Shramenko, PhD (Tech.), N.V. Bielikova, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Одним із напрямків підвищення ефективності та надійності безстикової колії є збільшення довжини рейкових плітей. виготовлення рейкових плітей довжиною з блок-ділянку або з перегін стало можливим з появою ефективної технології зварювання коротких рейкових плітей електроконтактним зварюванням безпосередньо в колії.

Існуюча технологія зварювання ґрунтується в основному на двох способах: способі попереднього вигину частини пліті; способі розтягування рейкових плітей. Кожний із способів застосовується як при остаточному відновленні цілісності рейкових плітей, так і при виготовленні довгих рейкових плітей, в залежності від температури виконання робіт по відношенню до температури закріплення зварюваних рейкових плітей. Коли температура рейки при виконанні зварювальних робіт вище або дорівнює температурі закріплення зварювальних рейкових плітей доцільно застосувати спосіб з попереднім вигином частини пліті.

Горизонтальний вигин неминуче приводить до заклинювання між ребортами підкладки підшви рейки, утруднюючи поздовжнє переміщення кінцевої ділянки пліті. Цього недоліку можна уникнути, якщо вигин виконувати у вертикальній площині. Наукові дослідження в цьому напрямку показали, що вигин пліті можна навіть механізувати, а також створити в певних межах умови для самовипрямлення залишкової кривини з забезпеченням при цьому розпору, тобто появи стискуючого зусилля в зоні зварювання і, таким чином, підвищення якості звареного стика та вирівнювання напружень у цій зоні.

У зв'язку з цим розглянута відповідна розрахункова схема, стосовно якої визначені необхідні параметри для забезпечення умов самовипрямлення залишкової кривини і, як наслідок, формування відповідного напруженого стану. Так для забезпечення умов самовипрямлення, необхідно щоб заликова стріла не перевищувала величини, визначеної за формулою:

$$h_0 \leq 5.918 \sqrt{\frac{I}{F}},$$

де I і F – відповідно момент інерції та площа перерізу рейки.

Крім того, одержана формула для визначення стискуючих напружень, що виникають в рейці після ліквідації залишкової кривини

$$\sigma = 0.08075 \sqrt{\frac{qh_0^3 E}{I}},$$

де q – погонна вага рейки відповідного типу.

Так при самовипрямленні залишкової кривини можна створити стискуючі напруження, наприклад в рейках Р65, рівними 371 кг/см² (≈ 37 МПа), що в перерахунку на різницю температур складе біля 15°C. А це означає, що при виконанні зварювальних робіт без примусового випрямлення рейкових плітей можна відновлювати не тільки цілісність рейкових плітей, а і їх температурний режим з різницею до 15°C.

Якщо температура зварювальних плітей на момент виконання зварювальних робіт нижче температури їх закріплення необхідно застосувати спогсіб, який передбачає натягування плітей. Це стало можливим з появою зварювальних машин нового покоління. Виходячи з можливостей таких машин (високі зусилля осадження і затиснення рейок з великим ходом штоків гідроциліндрів осадження), стає можливим натягування рейкових плітей з формуванням відповідного їх температурно-напруженого стану в процесі зварювання. При цьому збільшується продуктивність виконання робіт і знижується їх трудомісткість.

УДК 625.143

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПОДИНОКОГО ВИХОДУ РЕЙОК У ДЕФЕКТНІ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЇХ НАДІЙНОСТІ

DETERMINATION OF THE LEVEL OF SEPARATE RAIL FAILURE USING THE INDICATOR OF THEIR RELIABILITY

*канд. техн. наук А.М. Штомпель¹, канд. техн. наук О.О. Скорик¹,
ст. викл. В.В. Новіков¹, канд. ек. наук Ю.М. Кравченко²,
канд. техн. наук, Є.М. Коростельов¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків)

*A. Shtompel¹, PhD (Tech.), O. Skoryk¹, PhD (Tech.), V. Novikov¹, PhD (Tech.),
Y. Kravchenko² PhD (Economic.), Ye. Korostelov¹, PhD (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (Kharkiv)

Всі елементи верхньої будови колії (в межах «життєвого» циклу верхньої будови колії) за станом повинні «забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів

із швидкостями, встановленими на даній ділянці». Технічний стан конструкції колії повинен відповідати рівню силової дії поїзного потоку, тобто система технічного обслуговування залізничної колії має бути сприйнятливою до можливих змін експлуатаційного вантажообігу.

Одним з показників роботи залізниць, є експлуатаційний вантажообіг $Q_{\text{експл.}}^{\text{брутто}}$, млн. т.км брутто. Саме цей показник характеризує обсяг поїзного потоку, який обумовлює силове навантаження на конструкцію залізничної колії.

Таким чином, встановлення залежності $Q_{\text{експл.}}^{\text{брутто}} = f(t)$ для певного періоду часу (t – поточний рік цього періоду) має практичне значення для колійного господарства та напряму пов'язано з питаннями організації технічного обслуговування конструкції залізничної колії.

Значення показника m_p напряму пов'язане з надійністю рейок (рейкових плітей), а тому має неабияке практичне значення.

Можна відмітити наступне:

- після напрацювання 800 млн. т брутто, як нормативного $T_{\text{норм}}$ для даної конструкції верхньої будови колії, слід очікувати на 1 км колії появи трьох дефектних рейок ($m_p = 2,867$ шт/км) з ймовірністю $F_p(t_i) = 0.0179$, ймовірність безвідмовної роботи рейкових плітей знижується від 1 до 0.9821, тобто приблизно на 2 %;

- результати розрахунків корелюються з раніше виконаними дослідженнями, де розглядалася аналогічна конструкція верхньої будови колії (пліті з рейок типу Р65, залізобетонні шпали зі скріпленням типу КБ) й визначена ймовірність безвідмовної роботи рейкових плітей (після напрацювання 600 млн. т брутто) у 0.9765 (у даному випадку цей показник дорівнює 0.9924, тобто розбіжність складає 1.6 %).

Таким чином, значення $m_p = 3$ шт/км можна розглядати у якості нижньої межі при оцінці сумарного поодинокого виходу рейок у дефектні на певній ділянці колії.

На основі проведеного регресійного аналізу визначено залежність експлуатаційного вантажообігу від обсягу перевезених вантажів.

При цьому встановлення залежності $Q_{\text{експл.}}^{\text{брутто}} = f(t)$ для певного періоду часу має практичне значення для колійного господарства та напряму пов'язано з питаннями організації технічного обслуговування конструкції залізничної колії.

Визначено залежність інтенсивності появи відмов рейок на ділянці колії з урахуванням сучасних умов експлуатації. Для досліджуваних умов експлуатації, після напрацювання 800 млн. т брутто слід очікувати на 1 км колії появи трьох дефектних рейок ($m_p = 2.867$ шт/км) з ймовірністю $F_p(t_i) = 0.0179$, ймовірність безвідмовної роботи рейкових плітей знижується приблизно на 2 %;

Отримані результати розрахунків корелюються з раніше виконаними дослідженнями для схожих умов експлуатації залізничної колії та визначена ймовірність безвідмовної роботи рейкових плітей (після напрацювання 600 млн. т брутто) у 0.9765 (у даному випадку цей показник дорівнює 0.9924, тобто розбіжність складає 1.6 %).

ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВІДМОВИ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦЬ

PROBABILISTIC EVALUATION OF THE RAILWAY TRACK INFRASTRUCTURE COMPONENTS FAILURE RISK

*канд. техн. наук А.М. Штомпель, докт. техн. наук Л.В. Трикоз,
канд. техн. наук Д.Ю. Бородин, канд. техн. наук А.О. Ісмагілов
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A.M. Shtompel, PhD (Tech.), L.V. Trykoz, DSc (Tech.),
D.Y. Borodin, PhD (Tech.), A.O. Ismagilov, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Робота залізничного транспорту неминуче пов'язана з ризиком, який визначається як міра ймовірності небезпеки і ступеня тяжкості наслідків від порушення безпеки. Безпека на транспорті має багато складових: конструктивна безпечність об'єктів інфраструктури, безпечність експлуатації транспортних систем, збереження вантажів, забезпечення здоров'я та життя пасажирів та працівників. В умовах функціонування залізничного транспорту термін «безпека» не означає повну відсутність небезпеки, а розглядається як властивість забезпечити безпечний хід процесу перевезень пасажирів і вантажів при виникненні аварійної ситуації. Питання недопущення аварійної ситуації розглядається з точки зору теорії надійності як забезпечення довготривалої безвідмовної роботи кожного елемента інфраструктури залізниць. Застосування цього метода повинно мати на меті не тільки накопичення даних про вихід із ладу елементів інфраструктури та їх статистичну обробку. В умовах функціонування залізничного транспорту постає більш важливе завдання – можливість керування ризиками, що передбачає своєчасне виявлення негативних тенденцій існування кожного елемента інфраструктури, прогнозування можливих наслідків та прийняття рішень з протидії негативним впливам.

У роботі розглядається методика оцінки ризику появи відмови в роботі елементів верхньої будови колії в процесі експлуатації, адже саме вони визначають придатність будь-якого елемента інфраструктури до безпечного функціонування. Діюча нормативна база визначає граничні показники (критерії) працездатності конструкції верхньої будови колії на певних етапах її функціонування, але не дає можливість спрогнозувати погіршення її стану з часом. У даному дослідженні встановлено методику оцінки ризику появи відмови у роботі конструкції верхньої будови безстикової колії в процесі її експлуатації при зростанні напруженого тоннажу. Кожний елемент верхньої будови колії – рейки, скріплення, шпали, баластний шар – з різною швидкістю накопичує дефекти та деформації при певній величині вантажообігу. З урахуванням цього, для кожного *i*-го елемента вперше розрахована ймовірність безвідмовної роботи та встанов-

лено інтегральний показник конструкції при напрацюванні тоннажу в цілому. Для планування ремонтно-колійних робіт розроблено математичну модель прогнозного (з урахуванням експлуатаційних умов дільниці залізниці) виходу елементів верхньої будови з ладу. Надано графічне інтерпретування результатів розрахунку.

Ця робота є першим кроком на шляху створення системи керування ризиками в колійному господарстві залізниць на відміну від простого накопичення та константування фактів. Розроблена математична модель дозволяє визначити ймовірність безвідмовної роботи всіх без виключення елементів верхньої будови колії – рейок, шпал, проміжних скріплень та баластового шару, що є новим для залізничної галузі. Розрахунок за цією моделлю дозволило ранжувати ділянки колії за ступенем їх «старіння» та дало підґрунтя для своєчасного планування різних видів робіт з поточного утримання або ремонту колії. Для підвищення надійності ділянок колії математична модель може стати базою системи моніторингу технічного стану залізниць на основі інформаційних технологій, в якій буде враховано максимально можливу кількість факторів, які впливають на надійність процесу перевезень. Моніторинг дозволить розподілити дільниці колії за ступенем небезпеки виникнення на них відмов і виявляти найбільш небезпечні місця, які потребують додаткового обстеження або ремонту. Досвід застосування моделі на окремій дільниці може бути розповсюджено на всю мережу залізниць України для раціонального планування та об'єктивного розподілення обсягів фінансування.

Секція
БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

UDC 669.512

COMPUTERIZED METHOD FOR ESTIMATION OF ULTIMATE
LOAD OF PILES

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА СВАИ

Basheer Younis¹, PhD, Khudhair Abed Thamer², PhD F.I. Kazimahomedov¹, PhD

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

²*Al - Maaref University College, Iraq*

*канд. техн. наук, Юнис Башир¹, канд. техн. наук, Кудаир Абед Тамер²,
канд. техн. наук, Ф.И. Казимагомедов¹*

¹*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)*

²*Аль-Мареф университет Эр-Рамади, Ирак*

Pile is a structural member of timber, concrete or steel used to transmit structure load through water soft soil to a good bearing stratum by means end bearing resistance and skin friction. The piles can be classified according to pile material (timber, steel and composite piles), their effect on an adjunct soil (non displacement, displacement piles), and according to method of execution (driven and bored piles) [1-7]. The purpose of the static load test is to find the allowable load, which is established by dividing the ultimate load with a factor of safety. The factor of safety normally applied in the industry ranges from a low of 1.8 through a high of 2.5. The factor of safety is not a singular value applicable at all time. Its value depends on the desired freedom from unacceptable consequence of failure, as well as on the level of knowledge and control of the aspects influencing the variation of capacity at the pile. Most codes specify a single factor regardless of condition usually, more frequently. There are many criterions in assessment the test pile and calculate the ultimate load. All the previous criterions extrapolated from later part of the load -settlement curve [8-11]. In the present study new equation was generated from the load -settlement curve to estimate the ultimate load of pile which was related to the maximum settlement of piles utilizing (ASTMD 1143-1987, 5.1) [12], and computer algorithms that concerned the graphic purpose.

Twenty-five precast concrete piles test reports of (Um – Alqura Mosque project / Iraq). Were studied (2% of the total number of the executed piles). The piles were (28.5×28.5 cm and 12 m) in dimensions and depth respectively. The piles were tested by (ASTM D1143-1987-5.1), and the working load of each pile was 40 ton.

In the present study new equation was established to estimate the ultimate load according to the following steps:

1. Determination of the mean settlement of all piles studied, listed in(table 1).
2. Draw the relation between load and mean settlement.

3. Determination of the equation that correlates between load and settlement utilizing curve expert program (4th degree polynomial fit graph).
4. The equation established is used to estimate the ultimate load that causes settlement of (%10 of the diameter of the piles studied).

The results obtained depend on practical results that were excluded from twenty-five pile test reports of the assessment of the piles studied. The results showed the load up to double working load with the mean settlement for the each load of all piles studied. The following equation was obtained:

$$Y = -0.02605439 + 0.0042722714x - 0.0021983302x^2 + 4.7650401e - 005x^3 - 3.7839161e - 007x^4$$

The equation that mentioned above, was to estimate the ultimate load (that related to the maximum settlement not exceed %10 of the pile diameter).

The result obtained of the estimated ultimate load is compared with the calculated ultimate load of eight piles of the same project, using another method of assessment of pile test (depends on three working load) [13].

Table 1

Comparison between the estimated ultimate load utilizing the present method and the method of (Fellenius and Decourt presentation, 2001)

<i>Methods</i>	<i>Working load (ton)</i>	<i>Ultimate load (ton)</i>	Deviation (per- cent)
Present method	2 working load (80 ton)	130.2	1.67%
Fellenius & Decourt method, 2001	3 working load (120 ton)	132	

Many methods were applied in assessment of pile test. Such methods were arranged and used according to the types of piles, soils and the technique used. The advancement in this field added some new practical applications to the assessment of the pile test, that depends on different facilities and equipment. The assessment methods of the pile test depend on work loading, value of settlement, and special technical management for pile loading, in accordance with the type of piles (precast, bored, timber ... etc), types of soils, diameter of pile, depth of excavating, working load, geological properties, topographic properties and the nature of the material used in manufacturing of the piles. Also, all these methods of assessment of pile test depend on the final settlement of the executed piles that is not exceeded % 10 of the pile diameter, (Davisson, 1972, Hanssen, 1970, Decourt, 1999, Fellenius, 2001. The comparison between the present method and the method of (fellenius and decourt presentation, 2001), showed that the deviation of the estimated ultimate load of the two method was not exceed (1.67%). Also the applications of the present method in different projects and area will be used as reference for the future projects for soils of the same nature.

[1] Boweles, J. E. 1977. Foundation analysis and Design, Second Edition,

[2] KEMPFERT H.-G., BECKER P., Axial pile resistance of different- ent pile types based on empirical values, Proceedings of Geo- Shanghai 2010 deep foundations and geotechnical in situ testing (GSP 205), ASCE, Reston, VA, 2010 , 149-154

- [3] BSI (1971). Code of practice-foundations, CP2004. British Standards Institution, London 1971.
- [4] FELLENIUS B.H., Basics of Foundation Design, Electronic Edition, Calgary, Alberta, Canada, T2G 4J3, 2009.
- [5] RUWAN RAJAPAKSE, Pile Design and Construction Rules of Thumb, Elsevier, Inc., 2008.
- [6] ICE (1971). Behaviour of piles. Conference Proceedings. The Institution of Civil Engineers, London, 1971.
- [7] KARLSRUD K., Prediction of load-displacement behavior and capacity of axially loaded piles in clay based on analyzes and interpretation of pile load test result, PhD Thesis, Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, 2012.
- [8] Davisson, M. T. 1972. "High Capacity Piles", Proceedings Lecture Series, Innovations in Foundation Construction, 52 pp., Illinois Section American.
- [9] Hansen, J. B. 1970. "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity", Danish Geotechnical Institute Bulletin, No. 28, Available from The Danish Geotechnical Institute, Maglebjergvej 1, DK-2800 Lyngby, Denmark.
- [10] Fellenius, B. (2011). Capacity versus deformation analysis for design of footings and piled foundations. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 42(2):70–77
- [11] Fellenius B. H., 1999. Bearing capacity-A delusion? Proceedings of the Deep Foundation Institute 1999 Annual Meeting, Dearborn, Michigan, October 14-16, 1999
- [12] ASTM D1143-87, 5.1. Testing Piles Under Static Axial Compressive load, 1987
- [13] Decourt. L. and Felleniuse, 2001, Extrapolation method, Fulcrum, Deep Foundation Institute, New Jersey Fall 2001.

UDC 620.173.25

**INFLUENCE OF EXTERNAL AND INTERNAL COOLING AT
SOLIDIFICATION ON STRENGTH OF BRITTLE DURALUMIN IN
COMPRESSION**

**ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИ
ТВЕРДІННІ НА МІЦНІСТЬ КРИХКОГО ДЮРАЛЮМІНІЮ ПРИ
СТИСКУ**

***Semko O.V., Dr. Sc., Fenko O.G., PhD, Hasenko A.V., PhD, Harkava O.V., PhD,
Kyrychenko V.A., PhD***

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)

***д-р техн. наук О.В. Семко, канд. техн. наук О.Г. Фенко, канд. техн. наук
А.В. Гасенко, канд. техн. наук О.В. Гарькава,
канд. техн. наук В.А. Кириченко***

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

Details of machines, mechanisms or other structural elements can be made of metal castings. Cooling of such castings starts from the outside during solidification under normal conditions. The temperature of the inside layers exceeds the temperature of the surface layers in this process. After reaching the ambient temperature, the surface layers stop shortening due to a decrease in temperature. Thus, they prevent the reduction of the inside layers, the temperature of which is higher. When the temperature is aligned in the cross section due to the final cooling of the casting, the surface layers will be compressed, and the inside will be tensioned. The stresses fluctuate smoothly from the surface of the sample to the core (the inside part), trying to deplan the section (they are called deplanatory stresses).

The above-mentioned deplanatory stresses, in addition to the aforementioned case during the cooling of metallic castings in their solidification, may occur with uneven shrinkage in the concrete cross section. The deplanatory stresses will increase with increasing sample sizes, (due to a greater difference in the temperature of the inside and surface layers of the casting), which must also affect the scale effect [1].

The purpose of the work is to confirm experimentally the theoretical conclusions about the influence of the distributions of the inherent deplanatory stresses caused by the conditions of solidification during cooling, on the strength of the samples under compression.

Achievement of the set goal is possible by creating an artificial distribution of the inherent (deplanatory) stresses with opposite signs compared to the usual distribution obtained with the natural solidification of the material. When artificially creating a distribution of the deplanatory stresses, reversed to the natural distribution, dangerous stresses will first appear in the core of the cross-section in compressing tests. However, the sample will better resist fracture due to the casing effect created by the less stressed surface layers. Thus, the effect of increasing the strength can be achieved in compression tests through the created field of inherent stresses. It should be noted that this effect could not be achieved in tensile tests. When creating an inverse natural distribution of the inherent stresses, the sequence of destruction of the sample will be from the surface layers to the core, and strength increase cannot be obtained.

The experiments on the determination of the influence on the strength of the unevenly distributed inherent stresses due to different cooling sequences were carried out on duralumin specimens (fragile silicate aluminum alloy A-12) under compression. The height of the samples is 60 mm, and its diameter is 30 mm. It was necessary to make samples with the artificial distribution of the inherent stresses (Fig. 1, b) of the opposite sign to the field of the inherent stresses that occurs in natural hardening (Fig. 1, a) to prove the influence of the inherent stresses on the strength of material. That is, the surface layers should be tensioned, and the internal ones should be compressed. This distribution of stresses can be achieved by a reciprocal cooling of the castings during their hardening that is, starting from the inside.

The samples in each test lot were cast out of one fusion to exclude inaccuracies in the obtained results and increasing the reliability. SID samples of "natural" hardening were cast in the steel shapes and cooled from the surface layers. In the steel shapes (of the same size as the previous ones), designed for the production of ISD samples, a steel tube with a diameter of 6 mm was mounted in the center. The shapes were in cylindrical asbestos thermal insulators. An electric heating helix was mounted inside of the heat insulators.

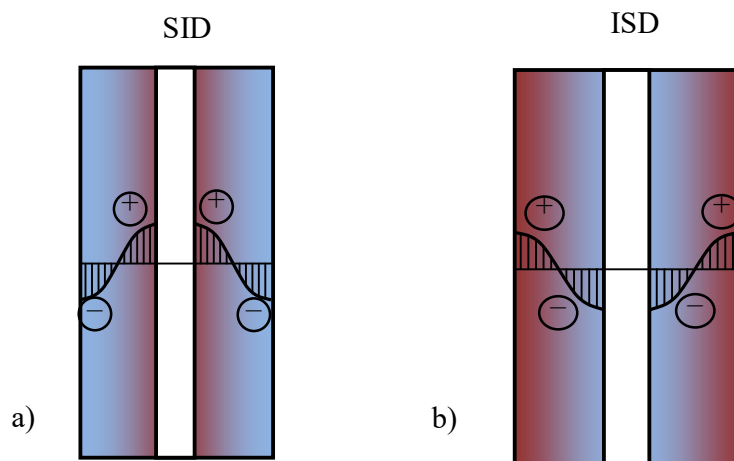


Fig. 1. Distribution of the inherent stresses when cooling samples: a) starting from the surface layers (SID); b) from the inside layers (ISD)

Conclusions. Experiments confirmed preliminary conclusions about the influence of the unevenly distributed across the cross section inherent stresses on the strength of the material. The difference in strength caused by opposite distributions of the inherent stresses due to different cooling sequences is about 20%. Thus, each field of the inherent stress leads to a change in strength by an average of 10%.

[1] Fenko O.H. Vplyv vlasnykh napruzhen i masshtabnoho faktora na mitsnist materialiv / O.H. Fenko, H.O. Fenko, O.A. Krupchenko // Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo).– Vyp.8.–Poltava , 2002.– S.55-58.

УДК 624.012.24:539.43

ВПЛИВ ВІДСОТКА АРМУВАННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ПРИ ЗГІНІ

THE IMPACT OF THE REINFORCEMENT PERCENTAGE ON THE STRESS-STRAIN STATE OF THE BENDING STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

к.т.н. О.В. Андрійчук¹, к.т.н. В.Є. Бабич², І.М. Ясюк¹, С.О. Ужєгов¹

¹Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)

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

O.V. Andriichuk¹, PhD , V.Y. Babich², PhD, I.M. Yasyuk¹, S.O. Uzhegov¹

¹Lutsk National Technical University (Lutsk)

² National university of water management and nature resources use (Rivne)

Під час проведення експериментальних досліджень було встановлено дійсний напружено-деформований стан сталевібробетонних (СФБ) лотків із коефіцієнтами армування $\mu = 1$, $\mu = 2$ і $\mu = 3$ від впливу на них повторних навантажень із рівнями прикладання $\eta = 0.5$ і $\eta = 0.7$ (10 циклів прикладання), а на 11 циклі для встановлення несучої здатності елементів навантаження збільшувалося до руйнівного [1, 2].

Опрацювавши експериментально отримані дані граничних напружень в бетонному перерізі лотка (σ_c) та СФБ перерізах (σ_{sf}) у залежності від відсотку армування (μ) доцільно описати функціональну залежність між ними ($f(\mu)$), що задається наступним виразом:

$$\sigma_{sf} = f(\mu) \cdot \sigma_c \quad (1)$$

Потрібно відмітити, що при $\mu = 0$ (бетонний елемент) функція $f(\mu)=1$.

Тоді залежність граничних напружень в СФБ перерізі (σ_{sf}) від експериментально встановлених граничних напружень у базовому бетонному перерізі (σ_c) можна буде знайти за допомогою встановленої функції, що залежить від відсотку армування $f(\mu)$.

Проапроксимувавши отримані криві залежності граничних напружень від

відсотку армування [2] при рівнях навантажень сталевібробетонних лотків $\eta = 0.5$ і $\eta = 0.7$ за допомогою трьох функцій (логарифмічної $y = \log_a x$, експоненціальної $y = e^x$ і поліноміальної $y = c_0 + c_1x + \dots + c_nx^n$) побудуємо відповідні лінії тренду. При рівні повторних навантаженнях $\eta = 0.5$ лінії тренду для апроксимованої кривої представлені на рис. 1 (а, б, в), а при рівні навантажень $\eta = 0.7$ представлені на рис. 2 (а, б, в),

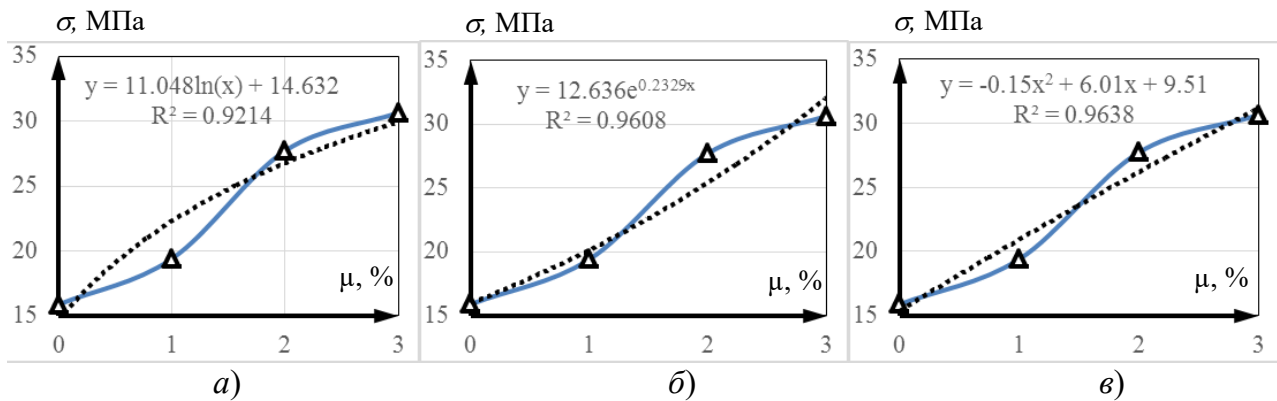


Рис. 1. Отримані апроксимацією лінії тренду при $\eta = 0,5$ за допомогою:
а – логарифмічної функції; б – експоненціальна функції; в – поліноміальної функції

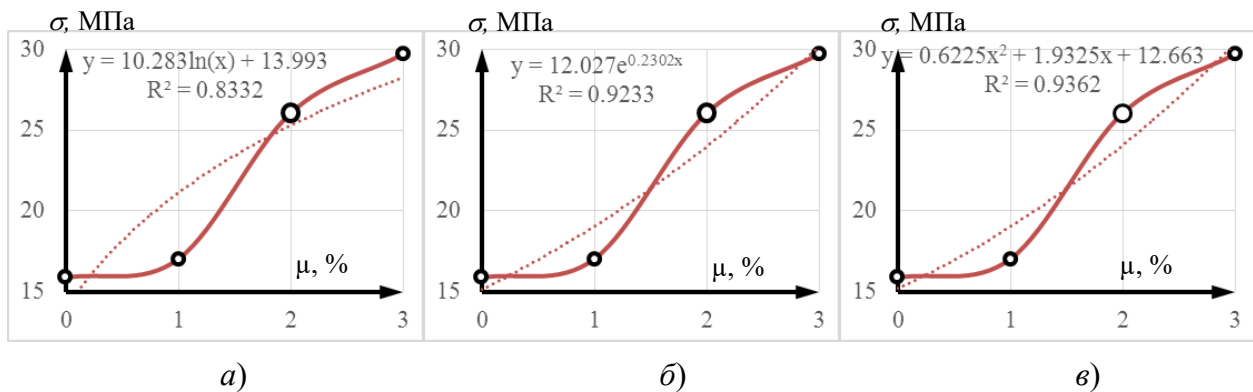


Рис. 2. Отримані апроксимацією лінії тренду при $\eta = 0,7$ за допомогою:
а – логарифмічної функції; б – експоненціальна функції; в – поліноміальної функції

Також визначимо відхилення – коефіцієнти кореляції (R^2) по кожній із отриманих апроксимацією функцій при $\eta = 0.5$ і $\eta = 0.7$.

Визначені коефіцієнти кореляції при рівні $\eta = 0.5$ наступні: $R^2_{\text{логарифм}} = 0.9214$; $R^2_{\text{експоненц}} = 0.9608$; $R^2_{\text{поліном}} = 0.9638$. Визначені коефіцієнти кореляції при рівні $\eta = 0.7$ наступні: $R^2_{\text{логарифм}} = 0.8332$; $R^2_{\text{експоненц}} = 0.9233$; $R^2_{\text{поліном}} = 0.9362$.

Проаналізувавши отримані коефіцієнти кореляції можна стверджувати, що найбільша збіжність між істинними значеннями та апроксимованими є при застосуванні поліноміальної функції (при $\eta = 0.5$ і при $\eta = 0.7$).

Встановлено що, граничні деформації сталевібробетонного перерізу при згині рекомендується розраховувати з застосуванням поліноміальної функції, яка дає найбільшу збіжність (95%) між істинними значеннями та апроксимованими в порівнянні з логарифмічною та експоненціальною функціями.

[1] Андрійчук О. В. Методика експериментального дослідження дисперсно-армованих придорожніх лотків водовідведення / О. В. Андрійчук, І. М. Ясюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2015. – Вип. 58. – С. 11–18.

[2] Андрійчук О.В. Вплив короткочасних повторних навантажень на роботу сталевібробетонних лотків водовідведення / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць – Рівне: НУВГП, 2016. – Випуск 32. – С. 113 – 120.

УДК 624.012.035

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК АРМОВАНИХ ВИСОКОМІЦНОЮ СТЕРЖНЕВОЮ АРМАТУРОЮ В ПОЄДНАННІ З СТРІЧКОВОЮ

BEARING CAPACITY OF RC BEAMS REINFORCED WITH HIGH STRENGTH REBAR'S AND STEEL PLATE

*канд. техн. наук Т.В. Бобало, канд. техн. наук Я.З. Бліхарський,
канд. техн. наук Р.В. Вашкевич, М.Е. Волинець
Національний університет «Львівська політехніка» (м.Львів)*

*T.V. Bobalo, PhD, Y.Z. Blikharskyu, PhD, R.V. Vashkevych, PhD, M.E. Volynets
Lviv Polytechnic National University, (Lviv)*

Використання у практиці будівництва сталевібробетонних балок та інших комбінованих систем, дозволяє більш ефективно використати характеристики міцності матеріалів та збільшити несучу здатність конструкцій [1]. Концентроване розташування стрічкової арматури на зовнішніх гранях перетину конструкцій дозволяє знизити їхню масу, зменшити розміри перетину в порівнянні із залізобетонними або одержати економію сталі при однаковій висоті перерізу.

З метою вичерпання надлишкових деформацій високоміцну арматуру [2] прийнято використовувати, як правило, у попередньо напружених залізобетонних конструкціях де попереднє напруження робочих стержнів призводить до додаткових затрат, і є складним в умовах будмайданчика. Тому використання комбінованого армування дає можливість підібрати оптимальне співвідношення сталей різних типів, що дозволить зменшити витрати металу при забезпеченні вимог щодо міцності та деформативності таких конструкцій. Особливої уваги заслуговують конструкції з зовнішнім армуванням у вигляді композитних матеріалів [3,4], оскільки таким чином значно підвищується межа вогнестійкості. Актуальним є питання довговічності та надійності залізобетонних балок [5], особливо це стосується елементів з зовнішнім армуванням.

Для проведення дослідів було виготовлено вісім сталевібробетонних балок перерізом 0.12x0.24м, з розрахунковим прольотом 2.4м в яких зчеплення зовнішньої стрічкової арматури забезпечувалось за допомогою U-подібних анкерів (Рис. 1) приварених до неї.

Для армування балок використовували типи каркасів із різним відсотком армування робочою арматурою нижньої розтягнутої зони. Основним завданням при komponуванні типу каркасу було забезпечення близького сумарного зусилля яке може сприйняти одночасно уся арматура розтягнутої зони.

Таким чином у каркасі типу I – сумарне розрахункове зусилля на розтяг, яке сприймалось арматурою розтягнутої зони становило 2497.4 МПа, з нього 68.8% сприймала арматура С275, а 31.2% арматура А1000. У каркасі типу II – сумарне розрахункове зусилля на розтяг яке сприймалось арматурою розтягнутої зони становило 2417.6 МПа, з нього 38.1% сприймала арматура С275, а 61.9% арматура А1000. У каркасі типу III використовували лише арматуру класу А1000, розрахункове зусилля на розтяг становило 2119.5 МПа. У каркасі типу IV – використовували лише арматуру класу С275, розрахункове зусилля на розтяг становило 2489.8 МПа.

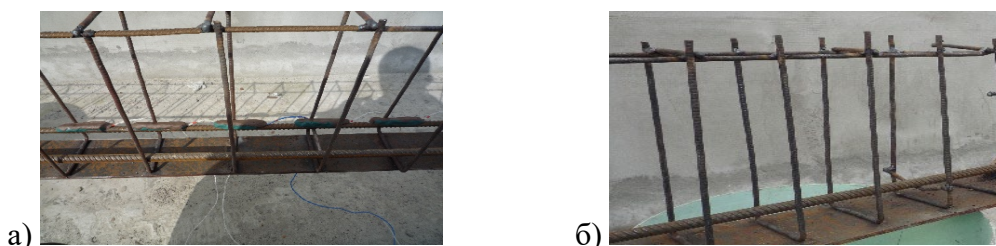


Рис.1. Каркаси сталобетонних дослідних балок із зчепленням стрічкової арматури з бетоном: а) вигляд в зоні чистого згину; б) вигляд приопорної ділянки

При вивченні роботи експериментальних сталобетонних балок із комбінованим армуванням, враховуючи різницю кінцевих деформацій для сталі С275 та арматури А1000, було виділено наступні стадії:

- робота без тріщин, коли конструкція є суцільним пружно-пластичним тілом;
- утворення тріщин;
- робота з тріщинами в розтягненій зоні;
- початок текучості стрічкової арматури;
- досягнення умовної межі текучості в високоміцній арматурі;
- руйнування стисненої зони бетону.

Балки з каркасами типу I, у яких відсоток армування становив 2.77%, мали запас міцності при використанні розрахункових характеристик матеріалів 10.0 – 11.9%.

Балки з каркасами типу II, у яких відсоток армування балки становив 1.97%, запас міцності складав 10.4 – 14.9%.

Балки з каркасами типу III, у яких відсоток армування балки становив 0.89%, запас міцності складав 13.6 – 16.2%.

Балки з каркасами типу IV, у яких відсоток армування балки становив 3.45%, запас міцності складав 0.6 – 3.3%.

Отже встановлено, що балки з комбінованим армуванням у яких більший відсоток високоміцної арматури, в порівнянні з розрахунком при використанні коефіцієнтів надійності для матеріалів γ_s , γ_c , мають більший запас міцності.

[1] Thamrin R. Analytical Prediction on Flexural Response of RC Beams Strengthened with Steel Plates. /R. Thamrin// MATEC Web of Conferences. – 2017. - Vol. 103. – P. 1-9.

[2] Li J Deflection Analysis of RC Beams Strengthened by External Pre-stressed Steels /J. Lee// Chemical Engineering Transactions. – 2016. – Vol 51. – P. 1009-1014.

[3] Vegeera, P. Shear strength of reinforced concrete beams strengthened by PBO fiber mesh under loading / P. Vegeera, R. Khmil, Z. Blicharsky// MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol.116. – P. 1-8.

[4] Vegeera, P. Fracture toughness of RC beams with different shear span / P. Vegeera, R. Vashkevych, Z. Blikharsky// MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol.174. – P. 1-8.

[5] Selejdak J. The influence of simultaneous action of the aggressive environment and loading on strength of RC beams / J. Selejdak, R. Khmil, Z. Blikharsky// MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol.183. – P. 1-6.

УДК 539.412

ВПЛИВ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА І ТЕМПЕРАТУРИ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРНИХ ВОЛОКНИСТИХ СТРУКТУР

INFLUENCE OF OPERATIONAL ENVIRONMENT AND TEMPERATURE ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER FIBER STRUCTURE

*Н.В. Бондар, докт. техн. наук В.В. Астанін
Національний авіаційний університет (м. Київ)*

*N. Bondar, V. Astanin, Dr. Sc.
National Aviation University (Kyiv)*

Реактопластичні та термопластичні композити широко використовуються у транспортній техніці і будівництві споруд та комунікацій [1].

В процесі експлуатації такі конструкції перебувають під впливом зовнішнього середовища, який проявляється у контакті із рідинами з мінеральними солями (дощова вода) та впливі температурних полів, які погіршують несучу здатність конструкцій [2]. Частий контакт із рідиною знижує границю міцності та модуль пружності пластиків після певного часу [3, 4]. Викликаний ефект може мати незворотний характер [5] та створити пошкоджену зону у деталі.

Для врахування спричиненого зовнішнім середовищем ефекту розроблені наступні залежності (1), (2), котрі показують зміну відносних границі міцності $\bar{\sigma}_B$ та модуля пружності \bar{E} від часу витримки t , температури T , видів рідини та матеріалу:

$$\bar{\sigma}_B = 1 - \frac{k_{\sigma}^{-1} \cdot \frac{RT}{V_m} \cdot \frac{m_H(1 - e^{-kt}) \cos(wt)}{m_0}}{\sigma_{B0}} ; \quad (1)$$

$$\bar{E} = 1 - \frac{k_E^{-1} \cdot \frac{RT}{V_m} \cdot \frac{m_H(1 - e^{-kt}) \cos(wt)}{m_0}}{E_0} , \quad (2)$$

де k_{σ} , k_E – коефіцієнти перерахунку внутрішніх напружень, R – універсальна газова стала, V_m – парціальний мольний об'єм рідини в композиті. E_0 – початковий модуль пружності, σ_{B0} – початкова границя міцності, m_H – максимальна маса композиту з рідиною при досягненні точки насичення; m_0 – початкова маса композиту до впливу рідини; w – частота коливань процесу сублимації у композиті з рідиною, k – швидкість процесу адсорбції рідини.

Величини зміни механічних характеристик матеріалу залежно від часу та

наявності прошивки по товщині в напрямі випробувань 90^0 показана на рис.1 при витримці матеріалу Twintex у морській воді (наближено до дощової води із солями) та мастилі АМГ10.

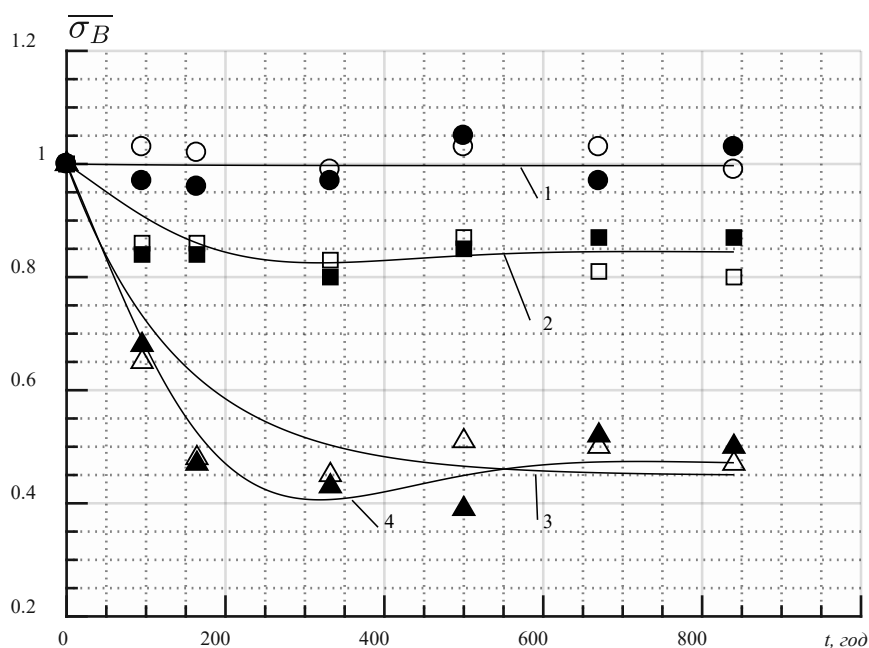


Рис.1. Залежність відносної границі міцності матеріалу Twintex від часу при витримці у морській воді та мастилі АМГ10:

○, 1 – експериментальні точки та розрахункова крива для напрямку випробувань 90^0 при витримці в мастилі АМГ10; □, 2 – експериментальні точки та розрахункова крива для напрямку випробувань 45^0 при витримці в мастилі АМГ10; △, 3 – експериментальні точки та розрахункова крива для напрямку випробувань 0^0 при витримці в мастилі АМГ10; ●, 1 – експериментальні точки та розрахункова крива для напрямку випробувань 90^0 при витримці у морській воді; ■, 2 – експериментальні точки та розрахункова крива для напрямку випробувань 45^0 при витримці у морській воді; ▲, 4 – експериментальні точки та розрахункова крива для напрямку випробувань 0^0 при витримці у морській воді

Рідина потрапляє у композит шляхом адсорбування, її кількість зростає за логарифмічним законом за часом до досягнення точки насичення з певною швидкістю, котрі залежать від видів рідини та композиту. Рідина у композиті спричиняє виникнення тиску набухання, котрий викликає зниження механічних характеристик композиту, однак не спричиняє пошкоджень за результатами проведених досліджень.

[1] Композиционные материалы, области применения // [НафтаРос] URL: <http://www.naftaros.ru/articles/42/>.
 [2] Ф. И. Бабенко и др. Механика композиционных материалов и конструкций // Прочность и трещиностойкость дисперсно-армированных термопластов в условиях холодного климата, Том 1. – М., 2014. – С. 4-10.
 [3] Chi-Hung Shen, S. Springer George Effects of moisture and temperature on the tensile Strength of composite materials // Journal of Composite Materials. – №11. Выпуск 1. – 1977. – С. 2-16.
 [4] Г.Н. Тоискин Сравнительные испытания деградации механических свойств двух композиционных материалов в условиях повышенной влажности и температуры // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – №5., Выпуск 36. – 2012. – С. 282-287.
 [5] M. K. Antoon, J. L. Koenig Irreversible effects of moisture on the epoxy matrix in glass-reinforced composites // Journal of polymer science: Part B. — №19., Выпуск 2. — 1981. — С. 197-212.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ
ВНЕШНИМ КОМПОЗИТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ**

**STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF COMPRESSED CONCRETE
ELEMENTS WITH EXTERNAL COMPOSITE REINFORCEMENT**

*канд. техн. наук Ю.В. Бондаренко, канд. техн. наук К.В. Спиранде,
канд. техн. наук Р.Н. Шемет, канд. техн. наук М.В. Якименко,
докт. техн. наук М.Ю. Избаш*

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)

*Ju. V. Bondarenko, PhD, K. V. Spirande, PhD, R. N. Shemet, PhD,
M. V. Yakimenko, PhD, M. Yu. Izbash, Dr. Sc.
Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkov)*

Одной из основных задач современного строительства является создание высокопрочных и долговечных конструкций. Решение этих вопросов связано с использованием прогрессивных конструктивных решений, позволяющих максимально реализовать прочностные свойства традиционных строительных материалов (бетона, стали) в сочетании с современными композитными, в том числе на основе армированных стекловолокнами полимерных смол.

Применение внешнего стеклопластикового армирования помимо повышения коррозионной стойкости и долговечности конструктивных элементов в ряде случаев позволяет увеличить их несущую способность.

Наибольший эффект от внешнего армирования в виде обоймы из полимерных композиционных материалов, проявляется в конструкциях, работающих на сжатие. Существует два основных метода изготовления бетонных конструкций с внешним композитным армированием: нанесение армирующего материала, например, стекловолокна, пропитанного полимерным связующим, на готовый бетонный элемент и заполнение готовой оболочки из полимерных композиционных материалов бетонной смесью.

В лаборатории ХНУСА проведены исследования изготовленных в ней сжатых бетонных элементов, усиленных композитными обоймами из стеклопластика, выполненными методом намотки на бетонные цилиндры стекловолокна, пропитанного полиэфирным связующим [1].

При данном методе изготовления создаётся технологическое предварительное поперечное (радиальное) обжатие бетона, что позволяет эффективно реализовать эффект обоймы проявляющийся в повышении прочности и жесткости армируемой конструкции. Предварительное обжатие бетона происходит, в первую очередь и в основном, за счет натяжения стекловолоконных нитей, а также за счет усадки смолы в результате полимеризации. Показатель усадки при полимеризации полиэфирной смолы достигает 5-6%.

При осевом сжатии такой комплексной конструкции обойма сдерживает поперечные деформации бетона, линейное напряженное состояние которого под воздействием реакции обоймы сменяется осесимметричным всесторонним сжатием. При этом значительно возрастает предельная деформативность бетона сердечника. Особенностью работы (напряжённого состояния) при осевом нагружении цилиндрических элементов комплексной конструкции является непрерывное изменение соотношения радиальных и продольных напряжений в бетонном сердечнике, а также тангенциальных и продольных - в стеклопластиковой оболочке. То есть возникает, так называемое, сложное нагружение, делающее практически невозможной точную оценку напряженно-деформированного состояния конструкции с позиции теории пластичности.

Выявление закона деформирования бетона в условиях всестороннего осесимметричного неравномерного сжатия создаваемого обоймой, полученного в результате экспериментальных исследований, позволило использовать его для численного моделирования напряженного состояния бетонных цилиндрических элементов с внешней стеклопластиковой обоймой в ПК ЛИРА. Оценка несущей способности комплексных элементов выполнена с использованием реальных диаграмм деформирования бетонного сердечника, что отвечает требованиям действующих нормативных документов Украины [2]. Рассмотрены загрузки, которые полностью воссоздали уровни нагружений во время испытаний, что дало возможность сравнить результаты расчетов и экспериментальных данных. Получены характеристики напряженно-деформированного состояния бетонного ядра и стеклопластиковой оболочки при различных процентах армирования и уровнях нагружения.

Экспериментальные и численные исследования напряженно-деформированного состояния бетонных цилиндрических элементов, усиленных внешним композитным армированием позволяют сделать следующие выводы:

- в целом при осевом сжатии рассматриваемая комплексная конструкция обладает высокой несущей способностью, зависящей от деформативно-прочностных свойств бетонного сердечника и стеклопластиковой обоймы, толщины оболочки, гибкости элемента и длительности приложения нагрузки;

- для бетонов одного класса рост относительной прочности конструкции связан с повышением толщины оболочки нелинейно, причем нелинейность проявляется с увеличением класса;

- выявлена повышенная предельная деформативность бетона находящегося в условиях неравномерного всестороннего сжатия, продольные и поперечные деформации элемента нелинейно зависят от уровня нагружения элемента;

- с повышением призмочной прочности применяемого бетона при одинаковой толщине обоймы эффект увеличения несущей способности элементов снижается.

[1] Бондаренко Ю.В. Экспериментально-теоретическое исследование сжатых бетонных элементов, усиленных стеклопластиковыми обоймами [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Бондаренко Юрий Викторович. - Харьков., 1976. - 184 с.

[2] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний 2011-06-01]. – К.:Мінрегіонбуд України,2011. – 73с. – (Державні будівельні норми України).

ВЛИЯНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОЧНОСТЬ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ ВЫСОКОНАПОРНОГО ТУННЕЛЯ ГЭС СЕКАМАН-3 В ЛАОСЕ

INFLUENCE OF THE MOUNTAIN ROCKS CREEP ON THE STRESSED STATE AND STRENGTH OF THE STEEL REINFORCED LINING OF THE HIGHPRESSURE TUNNEL OF HEKAMAN-3 HPP IN LAOS

*докт. техн. наук А.И. Вайнберг
ЧАО «Укргидропроект» (г. Харьков)*

*O.I. Vaynberg, Dr. Sc.
PJSC «Ukrhydroproject» (Kharkiv)*

В работе изложены результаты выполненных в Укргидропроекте численных исследований влияния ползучести горных пород на формирование напряженного состояния сталежелезобетонной обделки высоконапорного туннеля ГЭС Сикаман 3 в Лаосе. Эта ГЭС была запроектирована, построена и эксплуатируется Вьетнамской государственной корпорацией Шонг Да. Целью исследований было выявление причин возникновения трех аварий на этом туннеле, которые произошли в период строительства и эксплуатации в течение 2012 – 2016 годов.

На основе выполненного анализа проектной документации, материалов изысканий, данных визуальных и инструментальных наблюдений было сделано предположение о том, что основной причиной аварий является размещение туннеля в неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

С неблагоприятными инженерно-геологическими условиями связано появление дополнительных усилий в стальной оболочке обделки туннеля вследствие его изгиба в продольном направлении под действием сил собственного веса обделки, вертикального горного давления и веса воды в туннеле. Возникновение такого изгиба имело место в строительный период и в начале периода эксплуатации, что привело к возникновению первой аварии.

Кроме того, вследствие неблагоприятных инженерно-геологических условий в стальной оболочке обделки туннеля возникли дополнительные продольные и поперечные усилия, вызванные ползучестью горных пород, вмещающих туннель. Отметим, что вызванные ползучестью горных пород усилия в стальной оболочке туннеля растут во времени. Эти дополнительные усилия от ползучести горных пород вызвали значительные дополнительные напряжения, что привело к разрушениям стальной оболочки обделки и возникновению второй и третьей аварий на туннеле.

Следует отметить, что во всех авариях разрушение стальной оболочки произошло по нормальным к оси туннеля сечениям, приуроченным к сварным швам.

Это позволяет предположить, что качество сварных швов не обеспечило равную прочность сварного шва и материала стальной оболочки.

Для подтверждения вышеизложенных предположений о причинах возникновения аварий на туннеле ГЭС Секаман 3 выполнены следующие расчеты.

1. Расчеты напряженно-деформированного состояния и устойчивости склона с целью оценки современного состояния склона. Учитывались силы собственного веса, фильтрационные нагрузки и сейсмические воздействия. Анализ результатов этих расчетов показал, что полученное напряженно-деформированное состояние является типичным для склонов, сложенных неоднородными горными породами при наличии грунтовых вод. Расчетные значения коэффициента устойчивости склона, полученные для различных расчетных случаев, не ниже нормативных значений. Поэтому можно считать, что устойчивость склона обеспечена и нет опасности обрушения склона для здания ГЭС.

2. Расчеты по определению исходных данных, необходимых для выполнения расчетов напряженного состояния и прочности стальной оболочки обделки туннеля с учетом установившейся ползучести горных пород. Для расчетных промежутков времени, равных разности моментов времени возникновения аварий и момента окончания строительства, вычислены значения вызванных ползучестью горных пород приращений относительных горизонтальных деформаций и относительных деформаций сдвига в сечениях туннеля.

3. Расчеты напряженного состояния и прочности стальной оболочки туннеля при действии внутреннего давления воды с учетом изгиба туннеля в продольном направлении и влияния ползучести горных пород, вмещающих туннель, в расчетные моменты времени, соответствующие авариям. Результаты этих расчетов показали, что полученные расчетные напряженные состояния стальной оболочки в каждый расчетный момент времени, являются наименее благоприятными именно в тех местах, в которых произошло разрушение стальной оболочки. Найденные расчетные значения максимальных эквивалентных напряжений по теории прочности Мизеса в наименее благоприятных сечениях стальной оболочки в расчетные моменты времени находятся в пределах от 368.5 МПа до 450.9 МПа, что выше допустимого напряжения в стальной оболочке, равного 308.9 МПа, на 19 – 46 %.

Отметим, что максимальное значение расчетных напряжений в стальной оболочке обделки туннеля, определенное без учета неблагоприятных инженерно-геологических условий, составляет 294.0 МПа, что ниже допустимого напряжения на 4.9 %.

Таким образом, выполненные расчеты подтвердили предположение о том, что основной причиной аварий на туннеле ГЭС Секаман 3 являются неблагоприятные инженерно-геологические условия по трассе аварийного участка туннеля, которые вызвали дополнительные усилия в стальной оболочке обделки туннеля от его изгиба в продольном направлении и вследствие ползучести горных пород.

**ПОКАЗНИКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ БАЛОК ЗІ ЗМІШАНИМ
АРМУВАННЯМ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЮ ТА МЕТАЛЕВОЮ
АРМАТУРОЮ**

**BEARING ABILITY CHARACTERISTICS OF BEAMS REINFORCED
WITH MIXED BASALT AND METAL ARMATURE**

*О.І. Валовой¹, П.М. Коваль², О.Ю. Єрмоєнко¹, М.О. Валовой¹,
кандидати техн. наук, С.О. Волков¹*

¹ДВНЗ “Криворізький національний університет” (м. Кривий Ріг)

²Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури (м. Київ)

*О.І. Valovoi¹, P.M. Koval², A.U.Eremenko¹, M.O.Valovoi¹, PhD,
S.O. Volkov¹*

¹SIHE “Kryvyi Rih National University” (Kryvyi Rih)

²National academy of fine arts and architecture (Kyiv)

Використання базальтопластикової арматури в будівництві відбувається зростаючими темпами як в нашій країні, так і за кордоном. Останнє пов'язано з тим, що даний вид арматури відзначається високою міцністю на розтяг, не зазнає впливу корозії і є інертним до дії переважної більшості видів агресивних середовищ [1, 2]. На теперішній час розроблено національний стандарт по її застосуванню в будівництві [3].

Відомо, що базальтопластикові арматура має високу міцність але менший модуль пружності порівняно з металевією арматурою [1, 2, 4, 5]. Останнє зумовлює підвищену деформативність згинних конструкцій армованих даним видом арматури. Застосування змішаного армування, коли в розтягнутій зоні розташовані металева та базальтопластикові арматура, дозволить використати переваги кожного з видів арматури – високу міцність базальтопластикової арматури та жорсткість металевією. На теперішній час є дуже обмежена кількість експериментальних досліджень роботи таких конструкцій, які були проведені за кордоном [5]. Шляхом аналізу відкритих джерел інформації не вдалося встановити про наявність подібних досліджень в Україні.

Зважаючи на сказане було проведено бетонування експериментальних зразків балок, які відрізнялися видом арматури розтягнутої зони та дрібним заповнювачем бетону. Половина балок бетонувалося з використанням бетону на кварцовому піску в якості дрібного заповнювача, а інша бетоном на фракціонованих відходах ГЗК замість піску. Клас бетону С25/30 (В30). Програмою експерименту було передбачено виготовлення шести серій балок по три штуки в серії: БМ та БМД – балки армовані металевією арматурою (2Ø12А400); ББ та ББД – балки армовані базальтопластиковією арматурою (2Ø12АКБ); БМБ та БМБД – балки армовані базальтопластиковією (2Ø8АКБ) та металевією (2Ø8А400) арматурою одночасно. Діаметр стержнів при змішаному армуванні

прийнято виходячи з умови збереження того ж відсотку армування, що і в балках інших серій. Балки серій що закінчуються на букву Д позначають зразки виготовлені на бетоні з використанням дрібних відходів ГЗК. Переріз та довжина балок були однаковими для всіх серій і дорівнювали $b \times h = 120 \times 220$ мм, $l = 2000$ мм.

Дослідні зразки балок було виготовлено на заводі залізобетонних виробів ПрАТ “Криворіжіндустрбуд”. Базальтопластикова арматура була надана вітчизняним виробником композитної арматури ТОВ “Технобазальт-Інвест”.

Випробування дослідних зразків балок виконувалося на гідравлічному пресі П-125 за схемою однопрольотної вільнолежачої балки навантаженої двома зосередженими силами в третинах прольоту.

Вид арматури розтягнутої зони, багато в чому, зумовив характер руйнування зразків. Балки серії БМ, БМД зруйнувалися внаслідок текучості арматури розтягнутої зони з наступним розробленням бетону стиснутої зони. Зразки армовані базальтопластиковою арматурою (ББ, ББД) зруйнувалися внаслідок вичерпання несучої здатності бетону стиснутої зони. Розриву чи проковзування базальтової арматури не відбувалося. Відмова балок зі змішаним армуванням (БМБ, БМБД) відбулася через зминання бетону стиснутої зони з одночасним повним або частковим розривом волокон базальтопластикової арматури.

Усереднені показники міцності балок за серіями наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Середні значення міцності дослідних балок

№ з/п	Серія балок	Руйнівне зусилля, F_{ui} , кН	Відносне значення міцності, F_{ui}/F_u
1	БМ	70.22*	1
2	БМД	75.87*	1.08
3	ББ	100.88	1.44
4	ББД	96.06	1.37
5	БМБ	96.1 (45.13*)	1.38
6	БМБД	99.24 (49.7*)	1.41

Примітки:

1. F_u – руйнівне зусилля балок серії БМ;

2. * - зусилля, яке відповідає початку текучості металевої арматури.

Дані, наведені в таблиці 1, вказують на ефективність використання базальтопластикової арматури при армування згинних конструкцій.

[1] Солдатченко, О. С. Міцність, жорсткість та тріщиностійкість згинальних конструкцій зі склопластиковою і базальтопластиковою арматурою: дис. канд. техн. наук : 05.23.11 / Солдатченко Олександр Сергійович. – Київ, 2012. – 196 с.

[2] Wang M., Zhang Z., Li Y., Li M., Sun Z. (2008). Chemical Durability and Mechanical Properties of Alkali-proof Basalt Fiber and its Reinforced Epoxy Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 27(4), 393-407.

[3] ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 34с.

[4] Mahroug, M., Ashour, A. F., and Lam, D. (2013). Experimental response and code modelling of continuous concrete slabs reinforced with BFRP bars. *Composite Structures*, 107, 664-674.

[5] Fareed Mahmoud Elgabbas, (2016) “Development and structural testing of new basalt fiber-reinforced-polymer (bfrp) bars in RC beams and bridge-deck slabs”, PhD thesis, University of Sherbrooke, Canada, 283pp.

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ БАЛКИ

THE EXAMINATION OF RESULTS ADEQUACY OF OPTIMIZATION CALCULATIONS OF TRUSS BEAM

*докт. техн. наук Г.Л. Ватуля, С.Д. Комагорова,
канд. техн. наук М.В. Павлюченков*

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта (г. Харьков)

G.L. Vatulia, Dr.Sc., S.D. Komagorova, M.V. Pavliuchenkov, PhD

Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)

Оптимизация строительных конструкций является на сегодня, актуальной задачей. В данной работе рассматривается оптимизация параметров шпренгельной балки посредством метода, основанного на свойствах распорных систем [1]. Оптимизируемыми параметрами являются длина панели и высота стрелы подъема. Критерий оптимальности – общий объем шпренгельной балки. В данном случае оптимальной считается конструкция, в которой уравниваются опорные изгибающие моменты и максимальные изгибающие моменты между стойками. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты оптимизации шпренгельной балки

Приближение	Значения z , м			Значения моментов, кНм					
	z_1	z_2	z_3	M_1^{\max}	$M_1^{\text{оп}}$	M_2^{\max}	$M_2^{\text{оп}}$	M_3^{\max}	$M_3^{\text{оп}}$
0	3	3	3	19.2	-126	-96	-216	-172.8	-270
1	3	3	4.40	51.5	-34.2	21.6	-58.6	77.6	-76.8
2	3	3.63	3.94	54.6	-27.2	60.7	-49.8	60.9	-61.3
Оптимальное	3.11	3.60	3.88	59.5	-27.3	59.5	-48.7	58.8	-59.6

Для подтверждения адекватности полученных данных конструкция была запроектирована в программном комплексе ЛИРА. Рассмотрено два случая: шпренгельная балка под действием постоянной нагрузки и постоянной + временной нагрузки [2]. Получены эпюры изгибающих моментов (рис. 1), а также эпюры продольных усилий (рис.2, 3).

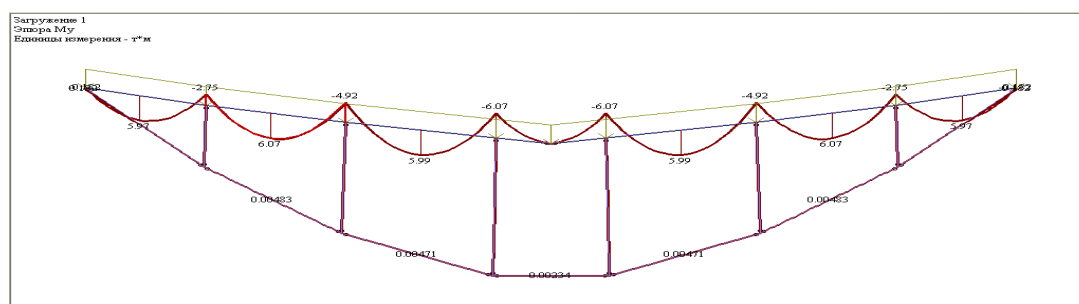


Рис. 1. Эпюра изгибающих моментов, возникающих в шпренгельной балке под действием постоянной нагрузки

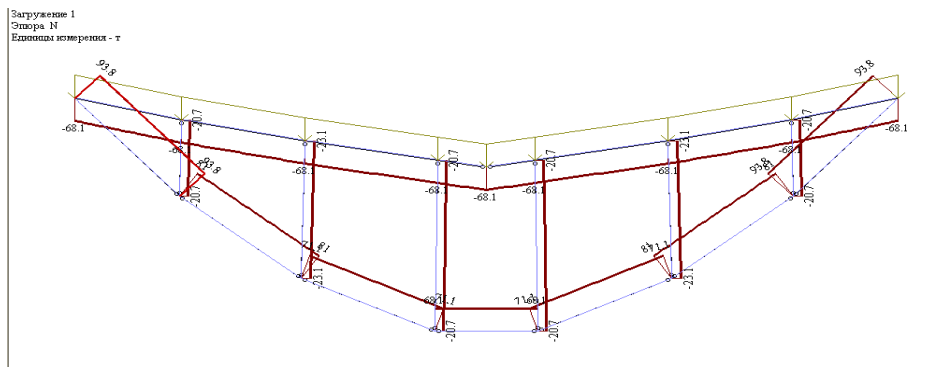


Рис. 2. Эпюры продольных усилий, возникающих в шпренгельной балке под действием постоянной нагрузки

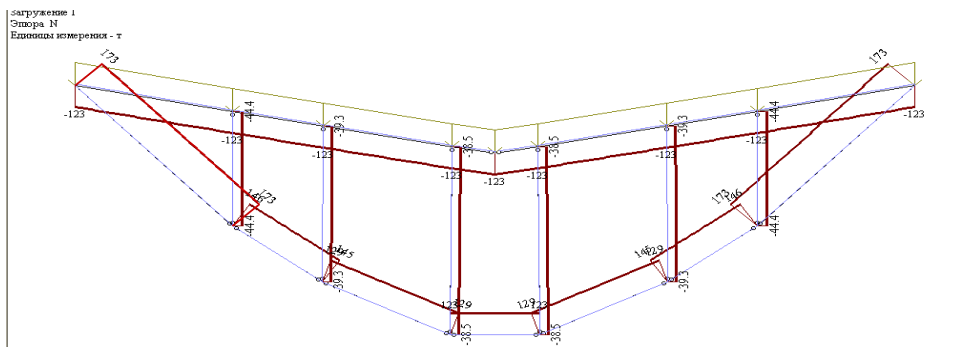


Рис.3. Эпюры продольных усилий, возникающих в шпренгельной балке под действием постоянной и временной нагрузки

Сравнив полученные результаты с расчетными, получим погрешность 1.8%, 1.5% и 3.3% соответственно.

[1] Виноградов А.И. Проблема оптимального проектирования в строительной механике. – Х.: Вища школа, 1973. – 168 с.

[2] Основы расчета и проектирования комбинированных и сталебетонных конструкций / под общ. ред. Э.Д. Чихладзе. – К.: Транспорт Украины, 2006. – 104 с.

УДК 625.012.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ПРОФИЛЕ-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ТРУБ, ЗАПОЛНЕННЫХ АРМИРОВАННЫМ БЕТОНОМ

SIMULATION OF PERFORMANCE OF CIRCULAR CFST COLUMNS COMPOSED OF PROFILE-DIFFERENTIATED PIPES COMPLETED BY REINFORCED CONCRETE

*докт. техн. наук Г.Л. Ватуля, канд. техн. наук А.В. Лобяк,
В.Б. Черногиль, М.А. Новикова
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*G. Vatulia, Dr.Sc., A. Lobiak, PhD, V. Chernogil, M. Novikova
Ukrainian State University of Railway Transport*

Трубобетонные конструкции широко применяются в строительной практике за счет своей эффективности, исключения опалубочных и арматурных работ, снижения поперечного сечения колонн, расхода металла и бетона, сокращения

сроков строительства и трудозатрат [1]. В отдельную группу конструкций из трубобетона можно выделить профиле-дифференцированные трубы, заполненные армированным бетоном, областью применения которых являются опоры мостов, эстакад, элементы высотных зданий и сооружений.

Несмотря на фундаментальные исследования в этой области, в практике проектирования нет полноценной методики расчета напряженно-деформированного состояния трубобетонных элементов, адекватно отражающей его специфические особенности. В корне этой проблемы лежат трудности, обусловленные сложностью работы системы сердечник-оболочка, проблемами моделирования эффекта обоймы, контактного взаимодействия, геометрической и физической нелинейности [2].

Решение поставленной задачи предлагается выполнять на основе нелинейной модели с учетом особенностей деформирования сердечника и обоймы в условия неоднородного напряженного состояния. Предложенная методика в полной мере реализуется средствами программного комплекса «LIRA-sapr» [3].

Расчетные схемы (рис. 1) состоят из двух блоков (металлическая обойма и железобетонный сердечник), объединенных в совместную работу при помощи односторонних связей (воспринимающих сжатие и сдвиг). Металлическая обойма моделируется геометрически-нелинейными конечными элементами гибкой оболочки, допускающих возникновение мембранной группы усилий (только растяжение или сжатие). Расчет железобетонного сердечника производится в физически нелинейной постановке с использованием нелинейного процессора и шагового метода нагружения. Физическая нелинейность определяется нелинейными свойствами материалов и задается законами деформирования бетона и стали с начальным значением модулей упругости материалов и прочностью при растяжении и сжатии. Наличие стержневой арматуры учитывается процентом армирования в соответствии с направлением ее работы.

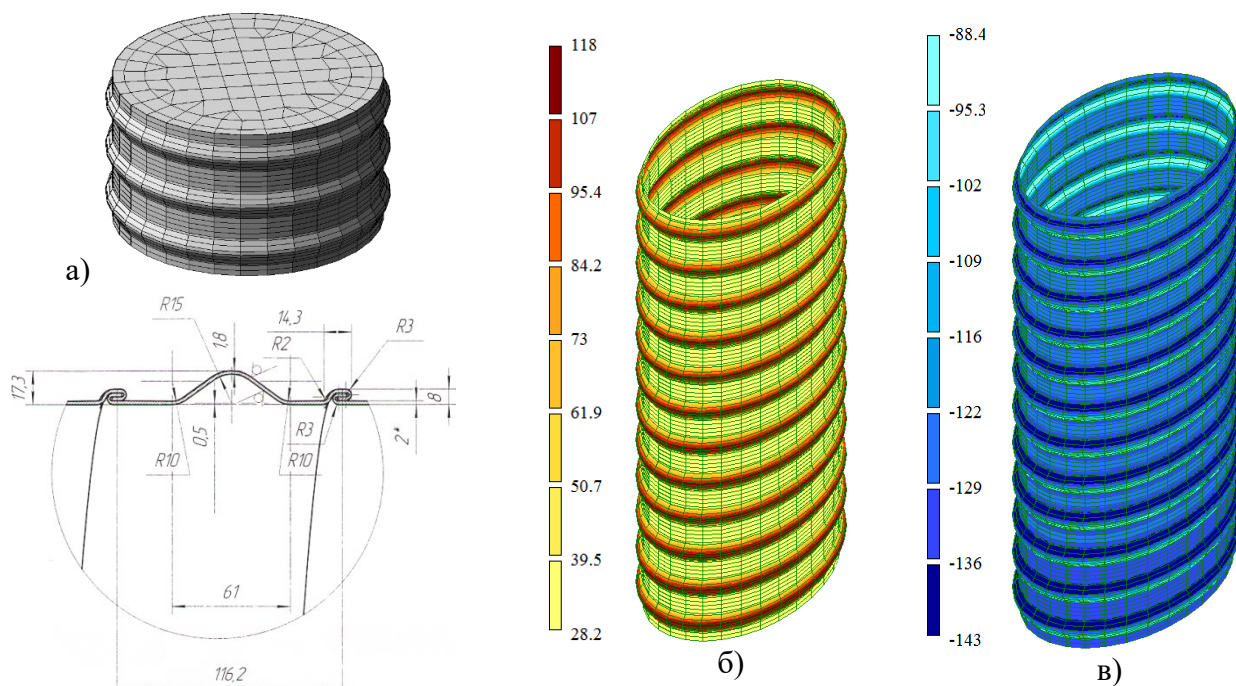


Рис. 1. Фрагмент модели (а), поля кольцевых (б) и продольных (в) напряжений в обойме

Реализован механизм увеличения прочности бетона при сжатии в зависимости от степени его обжатия обоймой. Итерационный процесс поиска истинных значений прочности осуществляется в соответствии с критерием Н.И. Карпенко [4] при объемном сжатии $f_{c3} = f_{cc} + k\sigma_{cr}$. Коэффициент бокового давления определяется в зависимости от относительного уровня бокового обжатия $k = 1/(0.1 + 0.9m)$. Критерием для определения несущей способности трубобетонных элементов принималось достижение напряжений в обойме расчетного сопротивления. Также реализована возможность оценки несущей способности элементов по предельным напряжениям в бетоне сердечника.

В результате расчетов получено напряженно-деформированное и предельное состояние профиле-дифференцированных трубобетонных элементов, графически проанализированы законы перераспределения напряжений на разных стадиях работы колон. В целом, принятая постановка задачи позволила установить точное напряженно-деформированное состояние, учесть упругопластические деформации бетона, его трещинообразование и разрушение, геометрическую нелинейность обоймы. Установлен эффект от работы гофрированного листа в качестве обоймы. Прочность бетонного ядра за счет его обжатия в предельном состоянии увеличивается на 6% при толщине стенки оболочки 1 мм, и на 8% – при толщине стенки 2 мм.

[1] Mechanical Properties of High Strength Concrete Filled Steel Tubular Columns [Текст]/ Ke Feng Tan, Lai Bao Liu// Advanced Materials Research Vols. 472-475 (2012) – pp. 1119-1125.

[2] Vatulia Glib. Simulation of performance of circular CFST columns under short-time and long-time load / G. Vatulia, A. Lobiak, Ye. Orel // Transbud'2017 – MATEC Web of Conferences 116, 02036 (2017).

[3] Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2007. – 394с.

[4] Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.

УДК 692.82

ТЕПЛОПТЕРИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ В УЗЛАХ СОПРЯЖЕНИЯ ОКОННОЙ РАМЫ СО СТЕНОЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

HEAT LOSS IN CLADDING OF BUILDINGS IN JUNCTIONS BETWEEN WINDOW FRAME AND WALL UNDER RECONSTRUCTION

*д.т.н. В.И. Винниченко¹, д.т.н. А.И. Габитов², к.т.н. А.С. Салов²,
к.т.н. А.М.Гайсин², к.т.н. Д.В.Кузнецов²*

¹Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)

²Уфимский государственный нефтяной технический университет (г. Уфа)

*V.I. Vinnychenko¹, Dr. Sc., A.I. Gabitov², Dr. Sc., A.S. Salov², PhD,
A.M. Gaisin², PhD, D.V. Kuznetsov², PhD*

¹Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

Ufa State Petroleum Technological University (Ufa)

В двадцатом веке в Советском союзе было построено большое количество жилых зданий с использованием деревянных оконных систем. В последние 15 лет в связи с ужесточением требований по теплозащите зданий и развитием

технологий изготовления оконных систем появились конструкции окон, в которых используются рамы из ПВХ-профилей, при этом двустворчатые окна со стеклами заменяются на одностворчатые со стеклопакетами [1]. Новые отечественные нормативы, регламентирующие теплотехнические параметры ограждающих конструкций, вошедшие в практику проектирования и строительства новых, реконструкции и капитального ремонта существующих зданий жилищно-гражданского назначения, последовательно ужесточали требования к повышению термосопротивления всей совокупности наружных ограждений зданий (стен, покрытия, окон и др.).

Новый СНИП усовершенствовал методику определения приведенного сопротивления теплопередаче и, по сути, изменил само понимание этой величины. Так, теперь приведенное сопротивление теплопередаче следует воспринимать как комплексную величину, характеризующую весь выделенный фрагмент оболочки здания с учетом всех имеющихся неоднородностей. Однако на сегодняшний день наблюдается такое многообразие конструктивных решений ограждающих конструкций со свойственными им неоднородностями, что упрощенные геометрические схемы теплопроводных включений, обозначенные в предыдущих нормативных документах по теплозащите не способны обеспечить должного качества расчетов и проектирования [2].

Для расчета двухмерных и трехмерных температурных полей при определении приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен в настоящее время используются различные программные комплексы. В 2015 году в помощь проектировщикам был введен в действие СП 230.1325800.2015, в котором приводятся справочные таблицы удельных потерь теплоты через некоторые типовые теплопроводные включения для наиболее распространенных конструктивных решений наружных стен. Решение общей проблемы повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве во многом связано с заменой устаревших деревянных оконных блоков на новые конструкции окон из ПВХ-профилей с многокамерными стеклопакетами в кирпичных и панельных зданиях старой постройки.

Узел примыкания оконного блока к наружной стене здания является достаточно сложным и многоэлементным, поэтому его теплотехнический расчет вручную по методике СП 50.133330.2012 весьма затруднителен. В данном нормативе также допускается выполнение теплотехнических расчетов с использованием метода конечных элементов МКЭ. В нашем случае конечный элемент (сопряжение стены с окном) для теплотехнических расчетов примем в форме прямоугольника. Математический аппарат подробно представлен авторами в [2].

При анализе теплопотерь в наружных стенах кирпичных зданий выявлено, что в ряде случаев значительные потери тепла происходят в местах примыкания откосов. На основе тепловизионного обследования проведена экспериментальная оценка изменения теплофизических характеристик наружных стен после установки новых оконных блоков со стеклопакетами. Разработана компьютерная программа [3] для выбора рациональных мероприятий по устранению «мостиков холода», с помощью которой можно получить результаты теплотехнического расчета в узле примыкания окна к наружной стене в виде

температурних полей. Результати проведених досліджень показали, що важливим елементом оконної конструкції служить «теплова обійма» в узлах сопряження оконних блоків со стеной, которая необходима для устранения «мостиков холода» и обеспечения нормального температурно-влажностного режима помещений.

[1] Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И. Компьютерное моделирование работы под нагрузкой высокопустотных керамических стеновых изделий и кладок на их основе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. №3 (369). С. 231-236.

[2] Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И., Галеев Р.Г., Салов А.С., Шибиркина М.С. Определение теплотерь узла сопряжения оконной рамы со стеной при замене устаревшей конструкции оконных блоков на современные // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 46-57.

[3] Программа теплотехнического расчета узла примыкания оконного блока к наружной стене здания: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2016612591 / Галеев Р.Г., Гайсин А.М., Шибиркина М.С., Синицин Д.А., Салов А.С.; правообладатель ФГБОУ ВПО УГНТУ; заявл. 02.12.2015; зарег. 02.03.2016.

УДК 624.074.43

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОРТРЕТУ КОНСТРУКЦІЇ

FEATURES OF MODELING OF ENERGY PORTRAIT OF CONSTRUCTION

канд. техн.наук Л.В. Гапонова, канд. техн.наук С.С. Гребенчук, канд. техн.наук Н.О. Псурцева, канд. техн.наук О.А. Калмиков, Демьяненко І.М. Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

***L. Gaponova PhD, S. Grebenchuk PhD, N. Psurtseva PhD,
O. Kalmykov PhD, I. Demyanenko**
O.M. Beketov National University of Urban Economics in Kharkiv, Ukraine*

Представлена постановка і реалізація завдання раціоналізації конструктивних параметрів залізобетонних оболонок. В якості критерію для даної задачі приймається енергетичний принцип, згідно з яким вважається, що з усієї безлічі можливих значень шуканих параметрів системи з постійним об'ємом матеріалу, числом зовнішніх і внутрішніх зв'язків, потенційна енергія деформації (ПЕД) після перебудови досягне нижньої межі на раціональному поєднанні величин геометричних параметрів. Покриття будівель і споруд сприймають значні навантаження, які спричиняють високий рівень напружено-деформованого стану (НДС) системи. Доцільно розглядати такі види покриття, які могли б сприймати, рівномірно розподіляти й передавати ці навантаження на опори. Для виконання цієї мети найбільше підходять оболонки різної гаусової кривизни, виконані із залізобетону. Незважаючи на чисельні роботи у даному напрямку на сьогодні на жаль відсутні роботи нелінійного чисельного дослідження двопоясних анізотропних оболонок з ребрами в різних напрямках. В наведених літературних джерелах створені теорії і наведені інженерні методи розрахунків оболонок [1, 2]. Поняття "раціональна конструкція" вдалося дещо конкретизу-

вати і трансформувати за допомогою цікавих ідей і досліджень Г.В. Василькова і В.С. Шмуклера [3, 4]. В.С. Шмуклер у своїй роботі [5] відзначив, «що для регульованих систем з постійним об'ємом матеріалу, числом зовнішніх і внутрішніх зв'язків (зовнішні параметри) під дією статичного зовнішнього навантаження - власної ваги, потенційна енергія деформації (ПЕД) після перебудови досягає нижньої межі на раціональному поєднанні величин геометричних параметрів:

$$U = \inf_{\alpha} U(\alpha^k), \quad k = 1, 2, \dots, \infty, \quad (1)$$

де U – ПЕД; k - номер варіанта порівняння; $\alpha \in M$; M – безліч допустимих значень зовнішніх геометричних параметрів.

Реалізація підходу передбачає побудову взаємозв'язку між величиною енергії деформації системи і однієї або групи геометричних параметрів.. Представлена постановка і реалізація завдання раціоналізації конструктивних параметрів запропонованих залізобетонних оболонок. В якості критерію для даної задачі приймається енергетичний принцип, згідно з яким вважається, що з усієї безлічі можливих значень шуканих параметрів системи з постійним об'ємом матеріалу, числом зовнішніх і внутрішніх зв'язків, потенційна енергія деформації (ПЕД) після перебудови досягне нижньої межі на раціональному поєднанні величин геометричних параметрів, що описують систему. У розгляд вводиться вектор керуючих параметрів даної системи:

$$\{x\}^T = \{H, B, V, R, L, l, q, \delta, \Delta, h\} \quad (2)$$

де H – стріла підйому; B – довжина оболонки; V – об'єм матеріалу; R – радіус кривизни; L – проліт оболонки; l – крок ребер; q – зовнішнє навантаження; δ – товщина обшивок; Δ – товщина ребер; h – висота перерізу оболонки.

При цьому параметри H, B, R, L, q – позиціонуються як зовнішні, а параметри l, δ, Δ, h – як внутрішні. В якості змінних параметрів прийнято крок внутрішніх ребер оболонки l . Решта атрибутів розрахункової моделі задані по аналогії з прийнятими раніше за винятком товщини обшивки δ , яка в даному випадку прийнята рівною 50 мм, і стріли підйому H , прийнятої 3.8 м. Сталість обсягу матеріалу, в даному випадку, забезпечувалося шляхом підбору відповідного значення товщини ребер Δ . Запропонований підхід відкриває можливість визначення раціональних параметрів залізобетонних елементів, що мають складну зовнішню і внутрішню геометрію. Наведений аналіз розширено завдяки вивченню розподілу щільності енергії деформації (внутрішній параметр). В даному випадку, критерієм буде залежність:

$$e \rightarrow \text{const}, \quad (3)$$

де e - щільність потенційної енергії деформації (ЩПЕД).

Визначено взаємозв'язок раціональних параметрів у конструктивно-анізотропної оболонки між ПЕД системи зовнішніх і внутрішніх раціональних параметрів: при величині кроку ребер близькою до $l \approx 1000$ мм ПЕД досягає нижньої межі. За результатами дослідження визначено, що (для розглянутих конкретних умов) при $H \approx 3.8$ м потенційна енергія деформації досягає нижньої

межі. Отримані результати верифіковані шляхом аналізу частот власних коливань системи для всіх значень N та оцінки максимальної несучої здатності (q_{max}) оболонки.

- [1] Баженов В. А., Соловей Н. А. [Текст]: Нелинейное деформирование и устойчивость упругих неоднородных оболочек при термосиловых нагрузках // Прикладная механика. – 2009. – Т. 45. – №. 9. – С. 3-40.
- [2] Лехницкий С.Г. [Теория упругости анизотропного тела Текст] / С.Г. Лехницкий. - М.: Наука, 1977. -416 с.
- [3] Городецкий, А. С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. . А. С. Городецкий, В. С. Шмуклер, А. В. Бондарев.. Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. 889 с.
- [4] Шмуклер В.С. Исследование работы пологих железобетонных оболочек. [Текст] дисс.... канд. техн. наук / Шмуклер В.С. - Киев. 1977. - 188 с.
- [5] Шмуклер В. С. Новые энергетические принципы рационализации конструкций [Текст] / В. С. Шмуклер // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2017. - Вип. 167. - С. 54-69.

УДК 624.01

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ

EFFICIENT METHOD OF ELIMINATING ACCIDENTAL DAMAGE OF SEWER TUNNEL

*докт. техн. наук Д.Ф. Гончаренко, докт. техн. наук О.В. Старкова,
канд. техн. наук А.И. Алейникова, канд. техн. наук Ю.В. Коломиец,
О.А. Гринчук*

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)

***D. Goncharenko, Dr.Sc., O. Starkova, Dr. Sc., A. Aleinikova, PhD,
Y. Kolomiets, PhD, O. Grinchuk***

Kharkov National University of Construction and Architecture (Kharkov)

Как показали многочисленные случаи обрушений канализационных тоннелей, бетонные и железобетонные конструкции не выдерживают свой гарантийный срок службы и зачастую выходят из строя раньше нормативного срока (20-30 лет) [1]. При этом основной причиной обрушений является подверженность их сводовой воздействию биогенной коррозии. Особого внимания, при рассмотрении проблемы восстановления конструкций канализационных тоннелей, требуют вопросы коррозии бетонных и железобетонных конструкций, повсеместное использование которых привело к тому, что практически все тоннели, возведенные и введенные в эксплуатацию с начала 1950-х годов, на данный момент находятся в аварийном состоянии [1].

Так, в январе 2018 г. по ул. Грековской (г. Харьков, Украина) произошло первичное проседание и повреждение асфальтобетонного покрытия. В результате аварии на канализационном железобетонном тоннеле 1972 года укладки через незначительное время образовался провал ориентировочной глубиной 10 м и диаметром 20 м с последующим обрушением прилегающего здания. Тоннель арочного типа, диаметр которого составляет $D=2540/2850$ мм, выполнен из

сборных железобетонных конструкций (марка бетона М300) способом щитовой проходки проходческим щитом типа ПЩ-3,2. В геологическом разрезе грунта тоннель проложен на глубине 15 м в глине полутвердой консистенции и мелкозернистом обводненном песке на уровне грунтовых вод.

Разработана следующая технологическая схема ремонта канализационного тоннеля методом проходки завала методом продавливания с последующим введением вторичной обделки из железобетонных опорных колец с антикоррозионными свойствами. На первом этапе необходимо выполнить устройство шахтного ствола на криволинейном участке трассы тоннеля для того, чтобы обеспечить производство работ в дух направлениях. Проходка завала методом продавливания осуществляется последовательно в направлении навстречу друг другу железобетонных колец из стартовой шахты № 8 и шахты № 2. Предварительно в камере гашения № 8 осуществляется демонтаж железобетонных плит, чтобы обеспечить ввод в тело тоннеля рабочего оборудования и железобетонных колец. В вновь смонтированном шахтном стволе также ведется монтаж продавливающих устройств и железобетонных колец. Далее из двух рабочих шахт производится бурение через завал горизонтальных скважин и протягивание через них стальных штанг с закреплением с ножевой частью. Тяговым усилием ножевая часть (кольцо) обеспечивает срезание породы и внедрение колец вглубь грунтового массива. Опорная часть железобетонного кольца создаёт необходимую жёсткость и прочность всей конструкции. Гидравлические домкраты, расположенные в задней части опорного кольца, вдавливают железобетонные кольца с антикоррозионным покрытием на место выбранного грунта, при этом упором для домкратов, расположенных по окружности корпуса, служит уже готовый участок обделки. Затем домкраты убирают, а участок позади опорной части укрепляют железобетонными элементами, которые и составляют обделку тоннеля при ликвидации провала методом продавливания. При следующем шаге, после выборки очередной порции грунта, домкраты, опираясь на только что элементы, толкают ножевую часть дальше.

В результате выполненных исследований разработана экономически и технологически эффективная технология ликвидации возможных локальных обрушений канализационных тоннелей. При сравнении вариантов восстановления различными методами следует отметить, что предложенная технология экономически целесообразнее, нежели метод «труба в трубе» полиэтиленовыми или стеклопластиковыми трубами ввиду высокой стоимости материала. При этом продолжительность выполнения работ предложенным методом продавливания с введением вторичной обделки из железобетонных колец с антикоррозионными свойствами будет на 30% сокращена, в сравнении с традиционными методами.

[1] Бондаренко, Д.О. Каналізаційні тунелі Харкова: Quo Vadis? [Текст] / Д.О. Бондаренко, В.В.Булгаков, О.О.Гармаш, Д.Ф. Гончаренко, С.С. Піліграм: під заг.ред. Бондаренко Д.О.. – Х.: Раритети України, 2018. – 232 с.

[2] Алейнікова, А.І. Методологічні основи подовження експлуатаційного ресурсу підземних інженерних мереж [Текст] / А.І. Алейнікова, В.М.Волков, Д.Ф. Гончаренко, Г.Г.Зубко, О.В. Старкова: під заг.ред. Старкової О.В. – Х.: Раритети України, 2017. – 320 с.

**МЕТОДОЛОГІЧНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ПІДТРИМКА ВИБОРУ
МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ**

**METHODOLOGICAL AND COMPUTER SUPPORT RECOVERY
METHODS CHOICE OF UNDERGROUND ENGINEERING NETWORKS**

*д-р техн. наук Д.Ф. Гончаренко, д-р техн. наук І.В. Шумаков,
д-р техн. наук О.В. Старкова, канд. техн. наук А.І. Алейникова,
Р.І. Мікаутадзе*

Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

*D.F. Goncharenko, Dr. Sc., I.V. Shumakov, Dr. Sc.,
O.V. Starkova, Dr. Sc., A.I. Aleinikova, PhD, R.I. Mikautadze
Kharkiv National University of Sivil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Розподільча система інженерних мереж водопровідно-каналізаційного господарства являє собою складний комплекс споруд для транспортування питної води необхідної якості та кількості та сталого відведення стічних вод. В існуючих умовах експлуатуючі підприємства України здійснюють свою діяльність на межі технічних і організаційних можливостей, про що свідчать висока зношеність основних фондів, аварійний стан значної частини мереж в умовах недостатнього фінансування галузі [1]. Аварійна кількість трубопроводів водопостачання та водовідведення складає приблизно 38,5%, а в окремих регіонах України перевищує 50%. В кінці 90-х років минулого століття середня кількість аварійних пошкоджень трубопроводів на одиницю їх довжини в Україні приблизно вдвічі перевищувало цей показник в країнах Європейського союзу, питома кількість аварій за останнє десятиліття зросла приблизно в десять разів [2, 3]. Викладене вище свідчить про необхідність вирішення актуальної наукової проблеми, пов'язаної з теоретичним обґрунтуванням основних принципів вибору організаційно-технологічних рішень для підтримки каналізаційних тунелів і колекторів в працездатному стані, що дозволить підвищити їх експлуатаційний ресурс.

Сьогодні існує понад 20 сучасних безтраншейних методів відновлення мереж водопровідно-каналізаційного господарства різного діаметру, які мають свої переваги та недоліки, кожен з них унікальний і вимагає обґрунтування для ефективного застосування того чи іншого методу відповідно до експлуатаційних, конструктивних і технічних особливостей мереж. Особливості організаційно-технологічних рішень не дозволяють простежити прямий зв'язок між вибором кожного конкретного методу на основі ступеня пошкодження ділянки мережі (його категорійності). Крім того, складно оцінити вартісний еквівалент кожного з методів та обрати більш прийнятний метод на підставі, наприклад, вартісних параметрів.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано механізм, який дозволяє обґрунтовано обирати метод відновлення або ремонту каналізаційного колектора орієнтуючись на більшість параметрів його функціонування, а також з огляду на особливості організаційно-технологічних рішень ремонту. Крім того, розроблено математичні моделі: однокритеріальної оптимізації за умови вибору одного методу ремонту ділянки каналізаційного колектора; однокритеріальної оптимізації за умови вибору кількох методів ремонту ділянки каналізаційного колектора; багатокритеріальної оптимізації при виборі методів ремонту ділянки каналізаційного колектора.

Із застосуванням сучасних спеціалізованих і стандартних комп'ютерних технологій розроблено програмний інструментарій для реалізації механізму обґрунтованого вибору методу ремонту і відновлення ділянки каналізаційного колектора [1, 2].

Розроблені методологічні принципи вибору та програмний інструментарій апробовано на пошкодженій ділянці колектора, що проходить по вулиці Волочаєвській (м. Харків). Дана ділянка включає сім б'єфів. Після детального вивчення даних про технічний стан ділянок і визначення їх категорійності в діалогове вікно вноситься відповідна інформація, на базі якої обираються раціональні методи відновлення для кожного окремого випадку. Робоча область для введення користувачем вхідних параметрів ділянки каналізаційного колектора і результат автоматизованого вибору перспективних методів ремонту на основі заданих користувачем вхідних даних представлено на рис. 1. Тут контрастним кольором автоматично виділяються ті методи, які можна застосувати на основі конструктивних, технічних і експлуатаційних параметрів ділянки.

№ ділянки	1	2	3	4	5	6	7													
Введіть номер матеріалу	1																			
Введіть діаметр труби у міліметрах	600																			
Введіть протяжність ділянки в метрах	50,8	52,9	51	32,9	21	15,9	11,1													
Введіть категорію	2	3	4	2	2	1	2													
	Вибір методу для ділянки 1																			
<i>Номер методу ремонту</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Обмеження за матеріалом																				
Обмеження по діаметру																				
Обмеження по довжині ділянки																				
Обмеження по категорії																				
<i>Методи, які можна застосувати</i>																				

Рис. 1. Робоча область для введення користувачем вхідних параметрів ділянки каналізаційного колектора та автоматизований вибір методів ремонту для ділянки колектору

Отже впровадження методологічних принципів та програмного інструментарію для вибору організаційно-технологічних рішень з метою подовження експлуатаційного ресурсу інженерних мереж дозволяє підвищити ефективність процесу прийняття рішень при визначенні альтернативних методів ремонту і відновлення, що є вагомим аргументом в умовах недостатнього фінансування галузі водопровідно-каналізаційного господарства.

[1] Старкова О.В. Система науково обґрунтованого вибору організаційно-технологічних рішень, що забезпечують підвищення експлуатаційного ресурсу каналізаційних колекторів / Ольга Володимірівна Старкова. – Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. – Харків, 2017. – 332 с.

[2] Алейнікова, А.І. Методологічні основи подовження експлуатаційного ресурсу підземних інженерних мереж / А.І. Алейнікова, В.М. Волков, Д.Ф. Гончаренко, Г.Г. Зубко, О.В. Старкова: під заг.ред. Старкової О.В. – Х.: Раритети України, 2017. – 320 с.

**ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ ГЕОЦЕМЕНТНОГО АДГЕЗИВА ОТ
ТЕМПЕРАТУРЫ**

**DEPENDENCE OF STRENGTH OF ADHESIVE COMPOUNDS OF WOOD
ON GEOCEMENT-BASED ADHESIVES FROM TEMPERATURE**

*канд. техн. наук С.Г. Гузий, канд. техн. наук, О.П. Бондаренко,
А.Н. Милонова*

Научно-исследовательский институт вяжущих материалов им. В.Д. Глуховского Киевского национального университета строительства и архитектуры (г. Киев)

S.G. Guziy, PhD, O.P. Bondarenko, PhD, A.N. Milonova

V.D. Glukhovsky Scientific Research Institute of Binder Materials, Kiev National University of Construction and Architecture (Kiev)

Согласно литературных данных [1-3] в практике современных деревообрабатывающих предприятий широко применяется технология склеивания деталей из древесины. Основным критерием качества деревянных клееных конструкций является прочность клеевых соединений. Это актуально для конструкций из массивной древесины. В направлении повышения прочности проводятся обширные исследования по разработке новых технологий склеивания [4] и марок применяемых клеев. Особый интерес представляют клея на основе геоцементных адгезивов [5-6].

Температура, при которой производится операция по склеиванию, определяет скорость протекания химических процессов при склеивании и процесса изменения свойств клея. Можно ожидать, что повышение температуры будет благоприятно влиять на прочность клеевого соединения. При горячем склеивании и последующим охлаждении в клеевых прослойках соединений изменения температуры вызывает появление внутренних напряжений, которые могут существенно снижать прочность клеевых соединений [3]. На графиках рис. 1 представлены сравнительные характеристики зависимости прочности клеевых соединений древесины на скалывание вдоль волокон от температуры для геоцементного клея состава №1 и состава №2. Испытания на прочность осуществлялись согласно ГОСТ 15613.1-84. Из рис.1 видно, что максимум зависимости $\tau=f(T)$ имеет место при температуре 60°C для клея состава №1, а для клея состава №2 – при 90°C. Увеличение температуры для клея состава №1 до 150°C

приводит к существенному снижению прочности клеевого соединения, для клея состава №2 – к незначительному снижению прочности. Падения прочности возможно объяснить результатами перекристаллизации алюмосиликатных новообразований в составе геоцементных адгезивов [6].

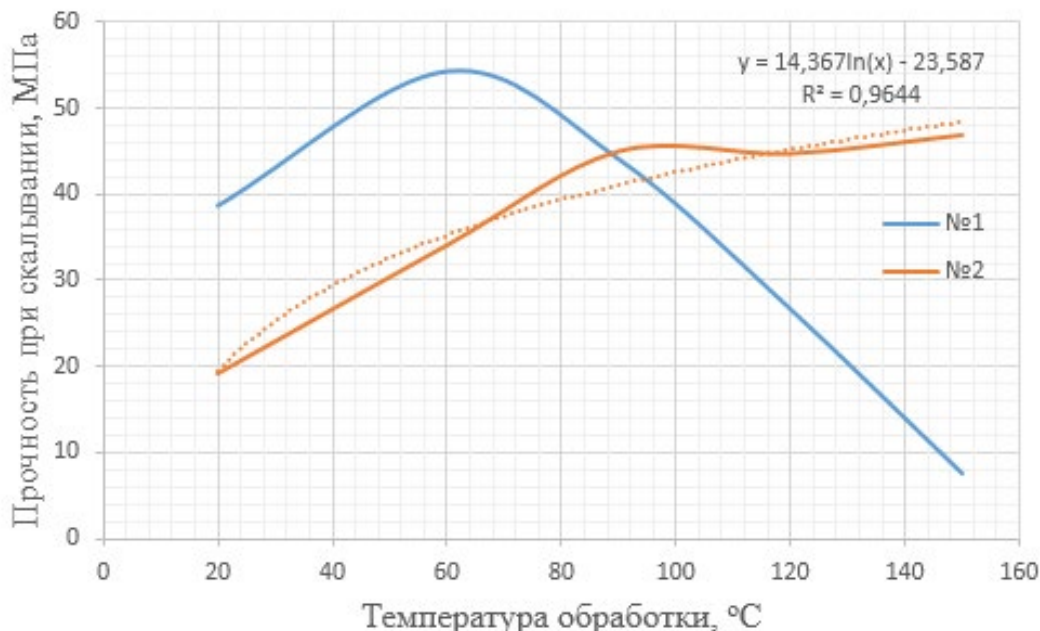


Рис. 1. Зависимость предела прочности на скалывание вдоль волокон τ для соединения на основе геоцементного адгезива составов №1 и №2 от температуры

Изменение прочности на скалывание для клеев составов №1 и №2 описывается гауссовой функцией вида:

$$\tau(T) = \tau_0 + \frac{A}{\sqrt{\pi/2}} \cdot -2 \frac{(T-T_k)^2}{W^2},$$

где τ_0 – минимальное значение предела прочности клеевого соединения древесины на скалывание; A – площадь гауссовского пика (рис.1); W – полуширина на полувысоте (характеризует спадание зависимости); T_k – комнатная температура (центр пика).

[1] Ковальчук Л.М. Производство деревянных клееных конструкций. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 248 с.
 [2] Попов В.М., Иванов А.В. Интенсивная технология получения клееной древесины повышенной прочности // Вестник МГУЛ “Лесной вестник”, 2007. - № 4. - С. 89-91.
 [3] Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений. – М.: Химия, 1981- 272 с.
 [4] Попов В.М., Иванов А.В., Кондратенко И.Ю., Ловчиков М.В. Зависимость прочности клеевых соединений древесины на основе магнитообработанного клея от температуры и времени воздействия магнитным полем // Лесотехнический журнал, №4. – 2012. - С. 22-26.
 [5] Krivenko, P.V. 1997: Alkaline cements: terminology, classification, aspects of durability. *Proceed. of the 10th Inter. Congress on the Chemistry of Cement*, 2-6 June 1997, Gothenburg, Sweden. Göteborg: Inform Trycket AB. Vol.4.: 4iv046: 6
 [6] Vozniuk, G., Kavalerova, E., Krivenko, P., Petropavlovskiy, O. 2013: Physical and chemical properties of adhesives based on geocement for restoration and rehabilitation of building materials, *Advanced Materials Research*, Vol. 688: 123-129.

ЗРІЗОВА ФОРМА РУЙНУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСОЛЕЙ REINFORCED CONCRETE CONSOLES DESTRUCTION SHEAR FORM

*канд. техн. наук О.О. Довженко,
канд. техн. наук В.В. Погрібний, Д.Ю. Марюха
Полтавській національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)*

*O.O. Dovzhenko, PhD, V.V. Pohribnyi, PhD, D.Yu. Mariukha
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)*

Залізобетонні консолі отримали широке застосування у практиці, в тому числі у спорудах залізничного транспорту для спирання пролітних конструкцій.

Важливим завданням є підвищення ефективності їх роботи та зниження матеріалоемності конструктивних рішень. Однією із складових у цьому напрямку є вдосконалення методів розрахунку несучої здатності.

Існуючі методи розрахунку мають ряд суттєвих недоліків, а саме: методи теорії пружності не відповідають фактичній роботі елементів у граничному стані; емпіричний підхід громіздкий, на отримані результати істотно впливають умови експерименту, не завжди можливо врахувати повну кількість факторів, які визначають міцність; каркасно-стержнева модель не розглядає всі можливі випадки руйнування при різних геометричних параметрах елементів, умовах прикладання навантаження, армуванні, тощо.

Створення методики розрахунку несучої здатності залізобетонних консолей, яка б охоплювала різні форми руйнування, визначала межі їх реалізації, враховувала специфіку роботи у граничному стані, дозволяла отримати конструктивні рішення з оптимальним поздовжнім та поперечним армуванням елементів та знизити матеріалоемність конструкцій, є актуальним завданням.

Специфіка роботи цих елементів полягає в тому, що у напрямку дії силових потоків формуються поля, смуги, лінії концентрації інтенсивних деформацій та напружень, наявність яких підтверджується чисельними експериментами. Їх розміщення визначається місцем прикладання зовнішніх сил і опорних реакцій. Концентрація пластичної деформації та наявність зон двоосного стиснення дозволяє в якості основи загальної методики розрахунку міцності бетонних і залізобетонних елементів при зрізі використовувати варіаційний метод та метод характеристик теорії пластичності бетону.

Розглянуто три випадки руйнування залізобетонних консолей шляхом зрізу: за цілим перерізом, наближеним до нормального, у стиснутій зоні під похилою тріщиною та за похилою стиснутою смугою. За невеликого прольоту зрізу спостерігається одночасне руйнування залізобетонної консолі в областях стиску та розтягу – руйнування за цілим перерізом. При цьому пластичні деформації бетону локалізуються в стиснутій зоні у тонкому шарі на поверхні зсуву, а на-

пруження в області розтягу досягають величини опору розтягу. Зі збільшенням впливу згинального моменту рівень напружень відносно граничних значень у розтягнутій області консолі випереджає рівень напружень у зоні стиску. Спочатку виникає тріщина біля ближньої до площини защемлення консолі грані площадки навантаження, котра зростає і за невеликої інтенсивності поперечного армування та досягнення напруженнями в арматурі межі текучості реалізується зріз стиснутої зони бетону. У випадках потужного поперечного армування, достатнього для запобігання розвитку першої тріщини, і при прольотах зрізу, що характерні для коротких консолей, утворюється друга тріщина, яка проходить від зовнішньої грані площадки навантаження до нижнього кута консолі. Має місце стиснута похила смуга і реалізується зріз у її межах.

Для визначення несучої здатності залізобетонних консолей розглянуті кінематичні схеми та розподіл напружень на поверхні руйнування за цілим перерізом, розв'язані задачі міцності бетонних клинів, які моделюють стиснуту зону під похилою тріщиною, та міцності стиснутої смуги між двома похилими тріщинами. Застосовується функціонал принципу віртуальних швидкостей, який має вигляд

$$J = \int_{S_i} (W_c + W_s) dS - \int_{S_f} f_i^* V_i dS, \quad (1)$$

де W_c і W_s – потужність деформування бетону й арматури; S_i – поверхня руйнування; S_f – поверхня, на якій задані відповідно сили (напруження) f_i^* при швидкостях V_i . Вплив армування розглядається як обтиснення.

Функціонал досліджується на стаціонарний стан за допомогою рівняння $\delta J = 0$. Варіюються параметр відношення швидкостей в ортогональних напрямках та кути нахилу ділянок поверхні руйнування. Прийнята умова міцності бетону у вигляді еліпса в координатах головних напружень. Руйнування відбувається шляхом переміщення жорстких дисків один відносно одного. Величина граничного навантаження відповідає мінімуму потужності деформування бетону з врахуванням роботи арматури.

Нормальні та дотичні напруження, які діють на стиснутій ділянці поверхні руйнування, дорівнюють:

$$\frac{\tau_n}{f_c} = \pm \frac{\sqrt{(1 - \chi + \chi^2) / 3 (1 + k \operatorname{tg} \gamma)}}{2 \sqrt{(k - \operatorname{tg} \gamma)^2 + 0,25(1 + k \operatorname{tg} \gamma)^2}}; \quad (2)$$

$$\frac{\sigma_n}{f_c} = 1 - \chi - \frac{2 \sqrt{(1 - \chi + \chi^2) / 3 (k - \operatorname{tg} \gamma)}}{\sqrt{(k - \operatorname{tg} \gamma)^2 + 0,25(1 + k \operatorname{tg} \gamma)^2}}. \quad (3)$$

За даними оцінювання несучої здатності залізобетонних консолей варіаційним методом в теорії пластичності надані пропозиції щодо інженерного розрахунку.

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ БЛАГОДАРЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОГО
МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БЕТОННЫХ РАБОТ**

**INCREASING THE RELIABILITY OF ENGINEERING
BUILDINGS AND STRENGTHS OF USE OF NEW SMALL-BASED
EQUIPMENT FOR CONCRETE WORKS**

*докт. техн. наук И.А. Емельянова,
канд. техн. наук Н.И. Деревянко,
канд. техн. наук С.А. Гузенко, Д.О. Чайка, Д.Ю. Субота
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)*

*I.A. Emeljanova, Dr.Sc., N.I. Derevyanko, PhD,
S.A. Guzenko, PhD, D.O. Chayka, D.Yu. Subota
Kharkov National University of Construction and Architecture (Kharkov)*

В условиях строительных площадок предлагается использование технологических комплектов нового малогабаритного оборудования, которые позволяют выполнить все операции рабочего цикла при совмещении во времени всех операций.

Технологические комплекты выполняются на общей раме для всех механических модулей, составляющих такие комплекты:

– для выполнения набрызг-бетонных работ с использованием способа мокрого торкретирования: «дозировочный узел → бетоносмеситель, работающий в каскадном режиме → двухпоршневой или шланговый бетононасос → рабочее сопло с кольцевым насадком → бетонируемая поверхность»;

– для безопалубочного бетонирования способом мокрого торкретирования при использовании фибробетонных смесей для изготовления железобетонных конструкций сложных геометрических форм: «автомат-резчик фибровых волокон → дозировочный узел составляющих бетонной смеси → трехвальный бетоносмеситель → беспоршневой шланговый бетононасос → торкрет-сопло с кольцевым насадком → бетонируемый каркас конструкции с закладными деталями»;

– для приготовления бетонных смесей и строительных растворов различного назначения: «дозировочный узел составляющих строительных смесей → бетоносмеситель трехвальный либо гравитационно-принудительного действия»

Все машины и оборудование, являющиеся модулями технологических комплектов запатентованы в Украине, и могут работать как в сугубо специализиро-

ванных комплектах, так и являться составными частями широко универсальных комплектов, которые заслуживают особого внимания.

Одним из основных модулей комплекта является универсальный беспоршневой шланговый бетононасос с гидравлическим приводом, который, в сравнении с двухпоршневыми бетононасосами, обладает целым рядом преимуществ: минимальный вес при широком диапазоне производительности, надежность конструкции и улучшенные условия эксплуатации за счет усовершенствования его конструктивного исполнения, экономный расход энергии.

Срок службы нового бетононасоса на 25% превышает ресурс часов у современных шланговых бетононасосов. Оценка работы такого насоса произведена по двум показателям: коэффициенту неравномерности подачи смеси $\delta_{\text{бнГ}}$ и коэффициенту надежности его работы $k_{\text{н}}$

При гидравлическом приводе коэффициент неравномерности подачи смеси определяется как:

$$d_{\text{бнГ}} = \frac{4(d_{\text{шл}} p n R_p - k_{\text{экв}} \times h_3 \sqrt{\frac{2 D p_{\text{бн}}}{r_0}})}{d_{\text{шл}} (v_1 + v_2)}, \quad (1)$$

где $d_{\text{шл}}$ - диаметр шланга в корпусе насоса; R - расстояние между осью ротора и осью центрального ролика; $k_{\text{экв}}$ - эквивалентный коэффициент, учитывающий расход смеси при последовательном воздействии роликов ротора на шланг; h_3 - высота зазора, который образуется между внутренними стенками максимально деформированного шланга под воздействием центрального ролика; $\Delta p_{\text{бн}}$ - перепад давления в насосе; v_1, v_2 - соответственно скорость движения смеси по гибкому шлангу в результате ее сдвига под действием боковых и центрального роликов.

При этом, коэффициент надежности может быть найден согласно зависимости:

$$k_{\text{н}} = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{G_1 + G_3}, \quad (2)$$

где G_1, G_2, G_3 - соответственно вес бетонной смеси оказывающий сопротивление воздействию боковых и центральных роликов ротора на внешнюю поверхность деформируемого шланга, по которому подается смесь в транспортную магистраль.

Таким образом, подтверждена надежность работы нового шлангового бетононасоса, который в составе технологических комплектов может обеспечить стабильность условий проведения бетонных работ при возведении строительных объектов.

ОСОБЛИВОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ ПІД КРУГЛИМ ШТАМПОМ

FEATURES OF GROUND BASE DEFORMATION BY CIRCULAR PLATE

*докт. техн. наук М.Л. Зоценко, докт. техн. наук Ю.Л. Винников,
канд. техн. наук І.І. Ларцева, канд. економ. наук С.П. Сівіцька
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)*

*M.L. Zotsenko, Dr.Sc., Yu.L. Vynnykov, Dr.Sc., I.I. Lartseva, PhD,
S.P. Sivitska, PhD (Econom.)
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)*

Моделювання геотехнічних процесів передбачає побудову моделі взаємодії споруд з ґрунтом [1]. Деформування основи круглого штампу включає фази: 1 – ущільнення; 2 – локальних зрушень; 3 – руйнування. Під штампом виникає пружне ядро – конус, усі частинки якого рухаються зі штампом вниз. Дослідно й теоретично встановлено [2], що настанню граничного стану відповідає: при можливості випинання – загальне зрушення ґрунту навколо штампу за поверхнями ковзання; при відсутності випинання – ущільнення ґрунту навколо штампу. Висота ядра визначає розміри розрахункової схеми моделі руйнування основи штампу і, відповідно, величину граничного навантаження на штамп.

Тому за мету роботи прийнято – експериментально встановити висоту пружного ядра, яке утворюється в процесі навантаження круглого штампу.

На рис. 1, а наведено дані penetраційних випробовувань піску крупного, маловологого конічним наконечником з кутом при вершині $2\alpha = 30^\circ$. Щільність скелету ґрунту $\rho_d = 1.37 - 1.52$ г/см³, а кут внутрішнього тертя $\varphi = 32 - 36^\circ$. Пряма 1 залежності показника penetрації U , Н/см³, від зворотної величини щільності сухого ґрунту $1/\rho_d$, см³/г, отримана за допомогою наконечника з гладкою поверхнею.

На рис. 1, б дано дані, отримані для суглинку лесованого, порушеної структури ($\varphi = 14 - 16^\circ$, а $\rho_d = 1.20 - 1.56$ г/см³). Пряма 1 залежності питомого опору penetрації R , МПа, від зворотної величини щільності сухого ґрунту $1/\rho_d$, см³/г отримана за допомогою наконечника з гладкою поверхнею.

Висоту ядра визначено випробуваннями піску половинками шорстких конусів з кутами 2α ($2\alpha = 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$), діаметр яких дорівнює діаметру штампу. Висота пружного ядра під ним має вигляд конуса з кутом $2\alpha = 44^\circ$.

Для кожного ґрунту з різними щільностями й кутами φ діаметр «зони впливу» D_i визначають за критичною глибиною занурення наконечника, h_k .

Отже, створено методику складання схеми руйнування ґрунту під штампом (рис. 2). На поверхню напівпростору накладають штамп. Відображають пружне ядро як конус з основою у вигляді площі штампу і кутом розкриття $2\alpha = 44^\circ$.

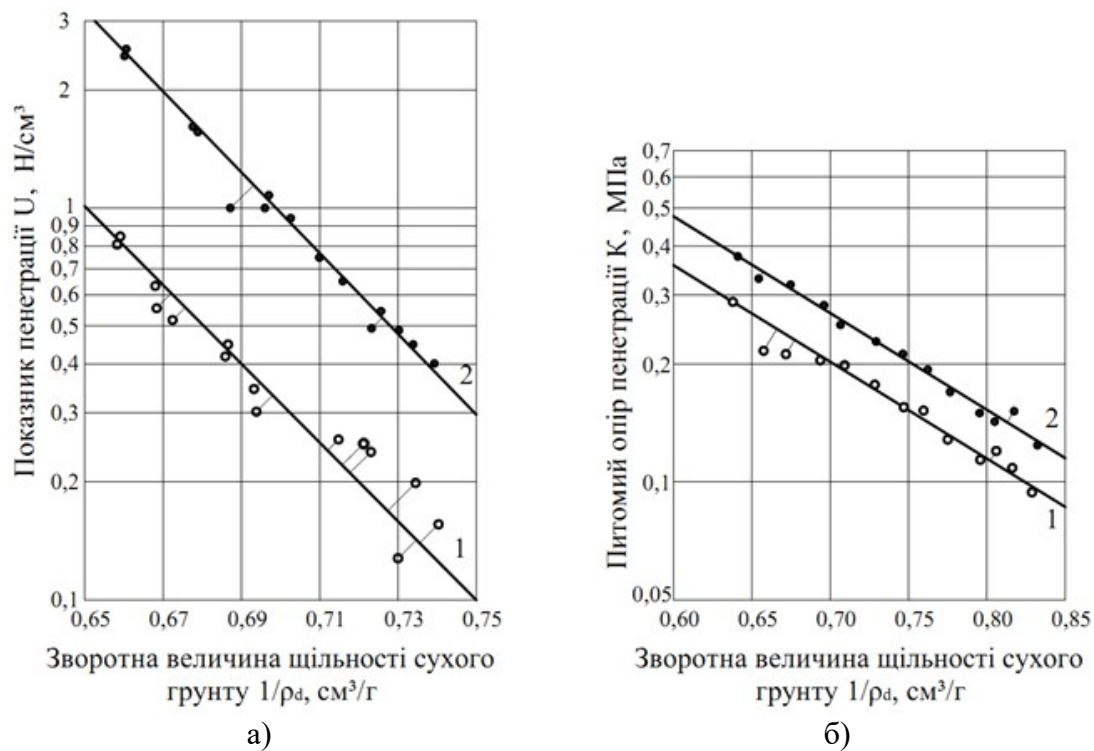


Рис. 1. Результати penetраційних випробовувань ґрунтів наконечниками з кутом при вершині $2\alpha = 30^\circ$ поверхнею : 1 – гладкою; 2 – шорсткою: а – пісок; б – лесований суглинок

Діаметр «зони впливу» визначають за кутом внутрішнього тертя ґрунту. За ним приймають коло на поверхні напівпростору. Поверхню «зони впливу» будують з'єднанням лінії кола з вершиною ядра.

На певній глибині навантажують поверхню напівпростору рівномірно розподіленим навантаженням від ваги шару ґрунту висотою, рівною глибині занурення штампу.

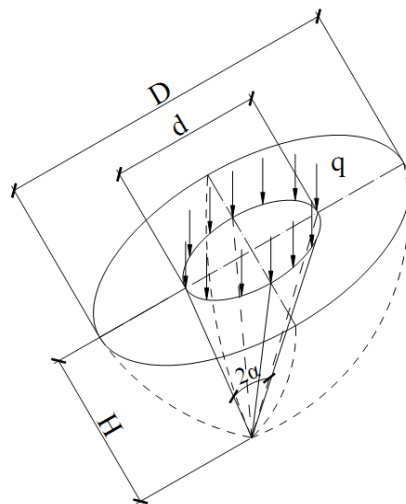


Рис. 2. Схема моделі руйнування ґрунту при вісесиметричному завантаженні штампу

- [1] Innovative projects in difficult soil conditions using artificial foundation and base, arranged without soil excavation / P. Kryvosheiev, G. Farenjuk, V. Tytarenko, I Boyko, M. Kornienko, M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, V. Siedin, V. Shokarev, V. Kryan // Proc. of the 19th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Sep. 17 – 22, 2017 / COEX, Seoul, Korea) – ed. by W. Lee, J.-S. Lee, H.-K. Kim, D.-S. Kim. – Seoul. – 2017. – P. 3007 – 3010.
- [2] Малышев М.В. Прочность ґрунтов и устойчивость оснований сооружений / М.В. Малышев. – М.: Стройиздат, 1994. – 228 с.

**ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ
ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ**

**THE INFLUENCE OF MINERAL SUBSTANCES ON THE GREENHOUSE
OF COATING FOR THE TREE**

***В.І. Киричок¹, док. техн. наук Ю.В. Цанко^{1,2}, О.Ю. Цанко²,
канд. техн. наук О.П. Бондаренко¹***

¹Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

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

***V.I. Kyrycyok¹, Y.V. Tsapko^{1,2}, Dr. Sc., A.Y. Tsapko²,
O.P. Bondarenko, PhD***

¹Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

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

Сучасні методи вогнезахисту будівельних конструкцій базуються на використанні покриттів, що спучуються, які являють собою складні системи органічних і неорганічних компонентів. Але при тривалій дії полум'я вони здатні до поступового вигорання і відповідно зниження вогнестійкості конструкції, що потребує додавання до них мінеральних волокон, здатних утворити більш стійкий шар пінококсу [1].

В останній час набули використання тугоплавкі оксиди і гідроксиди, які здатні при горінні створювати тугоплавкі з'єднання, укріплювати захисний шар пінококсу та знизити термічний вплив [2].

Експериментальні зразки покриттів деревини готували на основі органо-неорганічної системи, що містить 18÷20 % ПФА, 12÷14 % меламіну, 10÷12 % ПЕР та в'язучого, що складається з 16 % ПВА-дисперсії та води. Для покриття деревини наведену органо-неорганічну масу перемішували, вводили наповнювачі (мінеральні речовини – алюмосилікатні мікросфери, перліт, базальтова луска, металургійний шлам, зола) у кількості 10 % і наносили на дерев'яні зразки, які виготовляли з деревини сосни товщиною дошки 30 мм середніми розмірами 150×60 мм.

Для встановлення вогнезахисної ефективності при розробленні покриттів були проведені дослідження щодо визначення групи горючості деревини при її обробленні зазначеними композиціями. Результати досліджень з визначення втрати маси зразків (Δm , %) та приросту максимальної температури газоподібних продуктів горіння (Δt , °C) зразків вогнезахисної деревини проведеними у лабораторних умовах наведено на рис. 1, 2.

Дослідження показали, що вогнезахисна деревина, що оброблена покриттям на органічній основі з додаванням алюмосилікатних мікросфер, перліту, базальтової луски та золи витримала температурний вплив і відноситься до

важкогорючих матеріалів за показником втрати маси та наростання температури димових газів.

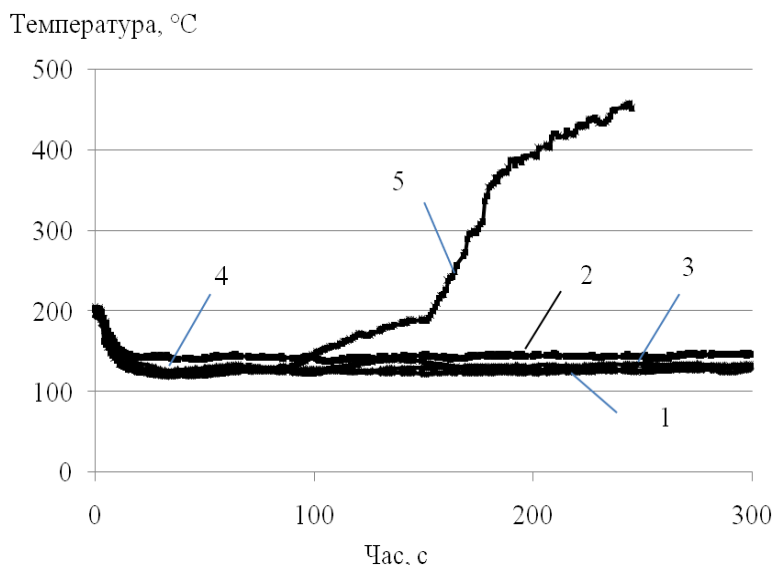


Рис. 1. Динаміка наростання температури димових газів при випробуваннях вогнезахисної деревини покриттям на органічній основі з додаванням: 1 – алюмосилікатних мікросфер; 2 – перліту; 3 – базальтової луски; 4 – золи; 5 – металургійного шламу



Рис. 2. Результати втрати маси зразків Δm , % вогнезахисної деревини покриттям на органічній основі з додаванням: 1 – алюмосилікатних мікросфер; 2 – перліту; 3 – базальтової луски; 4 – золи; 5 – металургійного шламу

При початковій температурі газоподібних продуктів горіння $T = 200$ °С, при дії полум'я пальника на захищений зразок (крива 1-4), температура газоподібних продуктів горіння становила $T \leq 160$ °С, а втрата маси не перевищила 2,6% (рис. 2). Натомість покриття з наявністю металургійного шламу не витримало термічний вплив, температура газоподібних продуктів горіння перевищила значення 260 °С.

[1] Кравченко, А.В., Цапко, Ю.В., Цапко, О.Ю. Дослідження вогнестійких властивостей вогнезахисного покриття на основі неорганічних та органічних в'язучих. Збірник "Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка". – К., НДІБМВ, 2016. – Вип. 57, – С. 61-67.

[2] Kryvenko P., Tsapko Ju., Guzii S., Kravchenko A. Determination of the effect of fillers on the intumescent ability of the organic-inorganic coatings of building constructions. East European Journal Enterprise Technologies. – Vol. 5, №10 (83) 2016. – P. 26-31.

РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ТРИПРОГОНОВОГО БАЛОЧНОГО МОСТА ПІД ДІЄЮ ПОСТІЙНОГО І ТИМЧАСОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

THREE SPAN BRIDGE STRUCTURE CALCULATION UNDER THE DEAD AND TEMPORARY LOAD IMPACT

*канд. техн. наук Ю.П. Кітов, канд. техн. наук М.А. Веревічева,
С.В. Дериземля, док. техн. наук Г.Л. Ватуля,
канд. техн. наук Є.Ф. Орел
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Yu.P. Kitov, PhD, M.A. Verevicheva, PhD, S.V. Deryzemlia,
G.L. Vatulia, Dr.Sc., E.F. Orel, PhD
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У світовій практиці досить велику увагу приділяють застосуванню сталезалізобетонних конструкцій при будівництві різних споруд. Широке застосування сталезалізобетонних конструкцій обумовлено економією матеріалів, зниженням трудомісткості виготовлення, скороченням термінів монтажу. Такі конструкції потребують постійного дослідження та удосконалення з метою зниження власної ваги, фінансових затрат і т. д. [1-7].

Оптимальне рішення на прикладі трипрогонової мостової будови існує як в статично визначених, так і в статично невизначених системах (рис. 1), якщо припустити, що опорні закріплення можна зміщати.

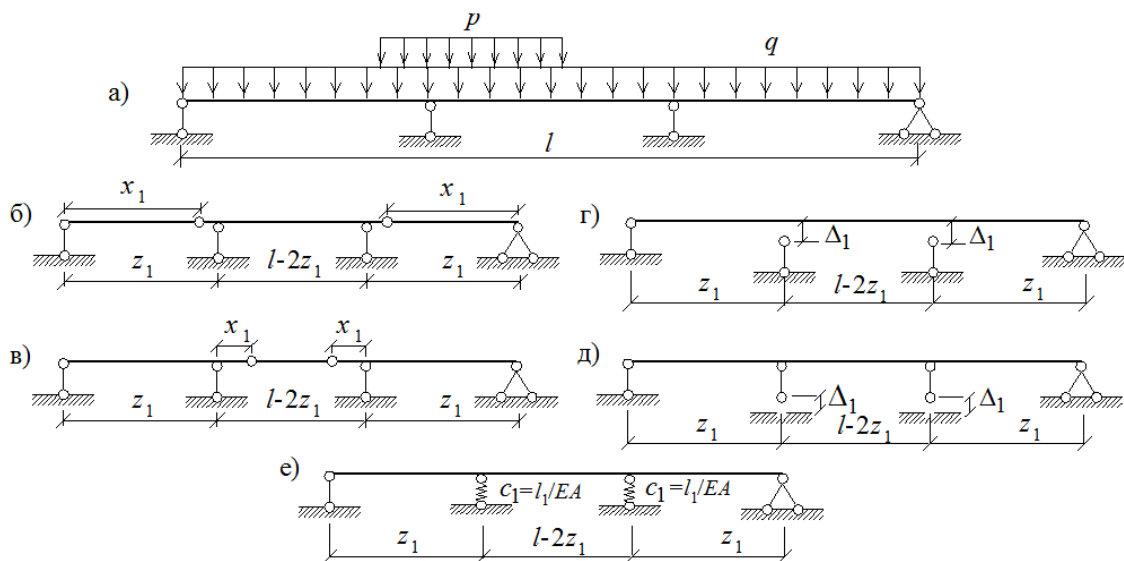


Рис. 1. Конструктивні рішення оптимальних систем:

- а) задана нерозрізна трипрогонова балка; б) багатопрогонова балка з шарнірами на крайніх прогонах; в) багатопрогонова балка з шарнірами в середньому прогоні; г) балка з односторонніми опорними закріпленнями; д) балка зі зміщенням опор; е) балка з пружно-податливими зв'язками

У даному дослідженні наведений алгоритм оптимізації багатопрогонових статично визначених і статично невизначених балок постійного перерізу, у якому узагальнюється розрахунок конструкції на випадок дії постійних і тимчасових навантажень, а також застосовується для розрахунку балок зі зміщенням опорних закріплень.

Метою даного дослідження є отримання рівномірної системи, в усіх елементах якої максимальні напруження дорівнюють розрахунковим. У множині статично визначених систем зусилля визначають з рівнянь рівноваги, і їх розподіл під дією заданого навантаження залежить лише від лінійних розмірів елементів та їх взаємного розташування [2]. Якщо розглядати статично невизначені конструкції, то потрібно варіювати не тільки лінійними розмірами, а також одночасно змінювати розташування опорних закріплень.

Після дослідження наведених конструктивних рішень при дії постійного і тимчасового навантаження були зіставлені результати, що показали незначне відхилення розрахункових зусиль в різних варіантах.

[1] Виноградов А.И. Проблема оптимального проектирования в строительной механике. – Х.: «Вища школа», 1973. – 168 с.

[2] Kitov Yu., Verevicheva M., Vatulia G., Orel Ye, Deryzemlia S. Design solutions for structures with optimal internal stress distribution // МАТЕС Web of Conferences, 2017. – Vol., No. 133. – p. 03001.

[3] Китов Ю.П., Ватуля Г.Л., Веревичева М.А. Некоторые соображения о критериях оптимальности // 36. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 143. – С. 124 – 131.

[4] Китов Ю.П. влияние параметров проектирования на оптимальность конструкции стальных балок / Ю.П. Китов, Г.Л. Ватуля // 36. наук. праць. – Харків, УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 125. – С. 24-33.

[5] Шмуклер В.С. Новые энергетические принципы рационализации конструкции // 36. наук. праць. – Харків, УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 167. – С. 54-69.

[6] Гоголь М.В. Проективання і розрахунок комбінованих мостових переходів / М.В. Гоголь, М.Р. Більський, І.Д. Пелешко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: зб. наук. праць Дніпропетровського нац. ун-ту залізничного транспорту. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 3. – С. 33-38.

[7] Основы расчета и проектирования комбинированных и сталебетонных конструкций/ [Чихладзе Э.Д., Ватуля Г.Л., Китов Ю.П. и др.]; под ред. Э.Д. Чихладзе – Киев: Транспорт Украины, 2006. – 136 с.

УДК 624.012.45:624.072:624.046.2

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНІВ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

DEFLECTION OF DEFLECTIONS OF BENDABLE REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

докт. техн. наук Д.В. Кочкар'єв¹, канд. техн. наук Т.А. Галінська²

¹Національний університет водного господарства та природокористування

²Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

D.V. Kochkarev¹, Dr.Sc., T. A. Galinska², PhD

¹National University of Water and Environmental Engineering

²Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

Об'ємно планувальні рішення сучасних будівель та споруд передбачають влаштування несучих конструкцій значних прольотів. Загально відомо, що ви-

черпання жорсткості таких елементів передую досягненню несучої здатності, а тому визначення прогинів стає визначальним чинником при їх проектуванні. У зв'язку з чим, точні методи визначення прогинів залізобетонних елементів набувають особливої актуальності.

Пружно-пластичні властивості бетону та тріщини у розтягнутій зоні залізобетонних елементів призводять до зміни їх жорсткості. А тому прогини визначені за формулами класичного опору матеріалів суттєво відрізняються від реальних. Велика кількість методик визначення прогинів ґрунтується на корегуванні пружних характеристик зведених перерізів залізобетонних елементів. Найбільш відомою є формула Branson [1], дещо видозмінений вираз якої і увійшов у норми проектування AS3600-2001 [2]. У подальшому її корегувало чимало вчених Lutz [3], Al-Zaid, Al-Shaikh та Abu-Hussein [4], Fikry і С.Томас [5]. Запропоновані методи хоч і дають задовільні результати розрахунку, є доволі наближеними та носять емпіричний характер, завдяки чому мають обмежене застосування.

Більш точні методи розрахунку полягають у використанні кривизни для визначення прогинів. Кривизну перерізів залізобетонних елементів визначають безпосередньо із рівнянь рівноваги, які записують з урахуванням нелінійних діаграм деформування матеріалів.

Покажемо графік зміни кривини у перерізах згинальних залізобетонних елементів (рис.1). На рис.1 точками відмічені стадії напружено-деформованого стану перерізів. Зокрема, т.1 відповідає моменту утворення тріщин, т.3 моменту досягнення текучості в розтягнутій арматурі, т.4 та т.5 моменту руйнування. На кожній стадії рівняння рівноваги мають свій вигляд. Прийняття єдиної залежності на всьому проміжку неодмінно приводить до використання корегуючи емпіричних коефіцієнтів. Саме тому переважна більшість вчених проводить апроксимацію кривизни лише в межах певних ділянок. Але всі ці методи також є наближеними. Так як вони призводять до використання поняття усередненого перерізу. Більш точний метод обчислення прогинів, полягає у розгляді окремо перерізів із тріщинами та між тріщинами, що дає змогу отримувати повну картину тріщиноутворення. Детально він описаний у роботі [6].

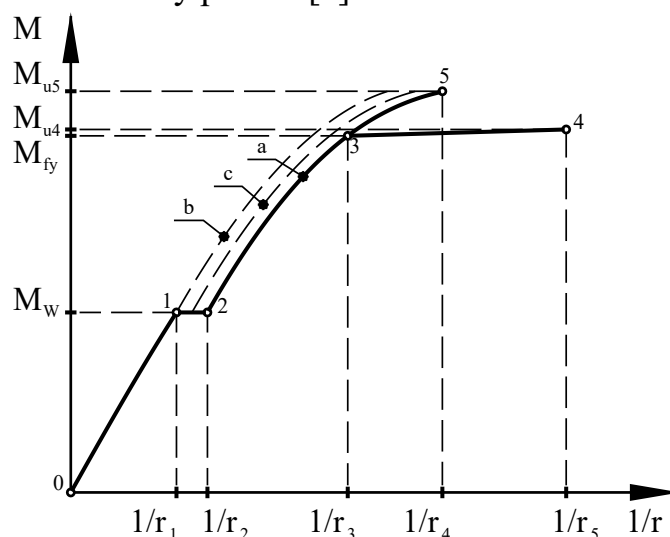


Рис.1- Залежність "момент-кривизна" для згинальних елементів

Для більшості інженерних розрахунків цілком достатньо використовувати методи з використанням усередненого перерізу. До розгляду пропонується прийняти методи, які ґрунтуються на методі розрахункових опорів залізобетону: а) метод лінеаризації прогинів; б) визначення прогину за кривизною в місці з найбільшим згинальним моментом; в) визначення прогину за епюрою кривизни по довжині елемента. Перші два методи визначення прогинів є доволі простими. Метод лінеаризації прогинів працює лише в межах від 0,6 до 0,9 від руйнуючого навантаження. Він призначений для визначення прогинів при експлуатаційних рівнях навантажень. Другий метод є також наближеним і дає задовільні результати. Метод визначення прогину за епюрою кривизни по довжині елемента є найбільш трудомістким, але й найбільш точним. Для порівняння були виконані розрахунки прогинів згинальних залізобетонних елементів за трьома методами при процентах армування 0.05%, 0.25%, 0.5%, 1%, 2%, 3% для класів бетону C16/20 та C25/30 за рівнів навантаження 0.6, 0.8, 1.0. Перші дві методики порівнювалися із третьою, як самою точною. У результаті порівняння обидві методики показали можливість їх використання при наведених умовах.

Для можливості перевірки отриманих результатів можна скористатися наступним інтернет-ресурсом <http://sciencehunter.net/Services/Apps/Concrete>.

- [1] Branson D.E., "Instantaneous and Time-Dependent Deflections of Simple and Continuous Reinforced Concrete Beams," HPR Report No.7 Part 1, Alabama Highway Department/U.S. Bureau of Public Roads, Aug. 1963/1965, 78pp.
- [2] AS3600-2001 (2001). Australian Standard for Concrete Structures. S. A, North Sydney, 2001.
- [3] Lutz, L.A., "Graphical Evaluation of the Effective Moment of Inertia for Deflection," ACI Journal, Proceedings V.70, March 1973, pp. 207-213
- [4] Al-Zaid, R.Z. and Al-Shaikh, A.H. and Abu-Hussein, M., "Effect of Loading Type on the Effective Moment of Inertia of Reinforced Concrete Beams," ACI Structural Journal, V.88, No.2, March-April 1991, pp. 184-190
- [5] Fikry, A.M. and Thomas, C., "Development of a Model for the Effective Moment of Inertia of One-Way Reinforced Concrete Elements," ACI Structural Journal, V. 95, No. 4, July-August 1998, pp. 444-455
- [6] Кочкаръов Д.В. Нелінійний опір залізобетонних елементів і конструкцій силовим впливам: Монографія. – Рівне: О.Зень, 2015. – 384 с.: Іл.:139; табл.48; бібліогр: 326 – ISBN 978-617-601-125-5

УДК 624.012

ВПЛИВ РІВНЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІДСИЛЕНИХ ОБОЙМОЮ

INFLUENCE OF LOADING LEVEL ON THE BEARING CAPACITY OF RC COLUMNS STRENGTHENED BY JACKETING

*канд. техн. наук П.І. Країнський, канд. техн. наук Я.З. Бліхарський,
канд. техн. наук П.І. Вегера, канд. техн. наук Р.Є. Хміль
Національний університет «Львівська політехніка» (м.Львів)*

*P.I. Krainskyi, PhD, Y.Z. Blikharskyu, PhD, P.I. Vegeera, PhD, R.Ye. Khmil, PhD
Lviv Polytechnic National University, (Lviv)*

Залізобетонні конструкції займають велику частку у сфері будівельної продукції впродовж останніх 50-70 років. Більшість промислових будівель в Україні, а також значна частина житлових споруджені зі збірних залізобетонних

конструкцій. В наш час залізобетон теж інтенсивно використовується як конструктивний матеріал, проте акцент перемістився зі збірних елементів на монолітний залізобетон.

Під час розробки проектів підсилення будівельних конструкцій доводиться враховувати низку додаткових факторів, котрі не виникають під час проектування нових конструкцій [1]. До цих факторів належать: допущені відхилення від проекту під час будівництва, пошкодження та деформації, отримані впродовж експлуатації [2,3], зміна конструктивної схеми елемента, реальний напружено-деформований стан конструкції на момент підсилення, залишкова міцність матеріалів конструкцій, що підсилюються, тип та склад бетонної суміші [4], умови сумісної роботи з елементами підсилення та ін. Точність врахування цих факторів впливає на економічність проектних рішень та забезпечить надійність відновлених конструкцій.

У практиці виконання робіт із підсилення будівельних конструкцій рідко трапляється можливість повністю зняти корисне навантаження на конструкцію, таким чином залишивши тільки постійне навантаження від власної ваги. Перед проектантом може стояти завдання підсилення як розвантаженої конструкції, так і елементів під навантаженнями. Саме тому з'являється потреба у реальному прогнозуванні напружено-деформованого стану підсилених конструкцій із урахуванням навантаження на елемент під час підсилення [5, 6].

Метою даної роботи є вивчення впливу діючого на конструкцію навантаження на ефект від підсилення конструкції за допомогою залізобетонної обойми. До уваги взято залізобетонні позацентрово стиснуті колони підсилені без попереднього навантаження (С-3-0 та С-4-0), колони підсилені під дією навантаження експлуатаційного рівня (С-5-0.7 та С-6-0.7) та контрольні непідсилені зразки (С-1 та С2). Результати випробувань наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати досліджень

Колона	Несуча здатність, кН		Ефект підсилення, %		Навантаження при гранично-му вигині, кН		Ефект підсилення, %	
	зразка	серед.	зразка	серед.	зразка	серед.	зразка	серед.
С-1	177	175	-	-	122	123.5	-	-
С-2	173		-		125		-	
С-3-0	480	475	175	172	405	392.5	228	218
С-4-0	470		169		380		208	
С-5-0.7	420	430	142	146	216	191.5	75	55
С-6-0.7	440		151		167		35	

Після експериментального дослідження залізобетонних колон, підсилених залізобетонною обоймою встановлено, що досягнутий ефект підсилення суттєво залежить від наявності або відсутності діючого в момент підсилення навантаження. Ефект підвищення несучої здатності для зразків С-3-0 та С-4-0 становив 172%, в той же час для зразків С-5-0.7 та С-6-0,7 - 146%. Ефект посилення при досягненні граничного вигину для зразків С-3-0 і С-4-0 становив 218%, в той же час для зразків С-5-0.7 та С-6-0,7 – лише 55%.

Рівень діючого навантаження у момент підсилення спричинив помітне зменшення ефекту підсилення від 172% до 146% по несучій здатності зразків та суттєве зменшення від 218% до 55% по експлуатаційній придатності підсиленних колон. Як бачимо для досягнення кращого ефекту підвищення експлуатаційної придатності підсиленних колон необхідно якомога більше розвантажити конструкцію перед підсиленням. Виявлені особливості слід враховувати при проектуванні посилення конструкцій за допомогою залізобетонних обойм.

[1] Валовой О.І. Оцінка типових дефектів при улаштуванні підсилення залізобетонних елементів нарощуванням / О.І. Валовой, Єрьоменко, М.О. Валовой // Ресурсоеконом. матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – 2013. – Вип. 25. – С. 682-687.

[2] Selejdak J. The influence of simultaneous action of the aggressive environment and loading on strength of RC beams / J. Selejdak, R. Khmil, Z. Blikharsky// MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol.183. – P. 1-6.

[3] Vegeera, P. Fracture toughness of RC beams with different shear span / P. Vegeera, R. Vashkevych, Z. Blikharsky// MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol.174. – P. 1-8..

[4] Sobol K. Analysis of structure formation peculiarities during hydration of oil-well cement with zeolitic tuff and metakaolin additives./K. Sobol, Z. Blikharsky, N. Petrovska, V. Terlyha// Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – Vol. 8. No 4. – P. 461-465.

[5] Krainskyi P. Experimental study of the strengthening effect of reinforced concrete columns jacketed under service load level / P. Krainskyi, Y. Blikharsky, R. Khmil, Z. Blikharsky, // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol.183. – P. 1-5.

[6] Julio E. Structural rehabilitation of columns with reinforced concrete jacketing / E. Julio, F. Branco, V. Silva // Progress in Structural Engineering and Materials. – 2003. – P. 29-37.

УДК 624.016

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ МІЦНОСТІ ПРОГОННИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ANALYSIS OF THE RESULTS OF STRENGTH CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

*канд. техн. наук О.М. Крантовська¹, канд. техн. наук М.М. Петров¹,
канд. техн. наук Л.М. Ксьоншкевич¹, канд. техн. наук С.В. Синій²,
канд. техн. наук П.О. Сунак²*

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)

²Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)

***O.M. Krantovska¹, PhD, M.M. Petrov¹, PhD,
L.M. Ksonshkevych¹, PhD, S.V. Synii², PhD, P.O. Sunak², PhD***

¹Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)

²Lutsk National Technical University (Lutsk)

Як показують дослідження і досвід проектування, через відсутність єдиного підходу, що враховував би розрахунок за похилими та нормальними перерізами, особливо при складному напружено-деформованому стані, проблема забезпечення міцності похилих перерізів прогінних залізобетонних конструкцій залишається невирішеною.

Побудова загальної розрахункової моделі, яка змогла б адекватно змоделювати напружено-деформівний стан та достовірно описати опір конструкції дії зрізу в комбінації зі згином, розтягом, стиском та крученням, є однією з най-

більш складних задач у теорії залізобетону. У зв'язку з цим у практичних розрахунках міцності похилих перерізів залізобетонних елементів фахівці користуються умовними моделями, так званими, інженерними методиками.

Напружено-деформований стан складно навантажених залізобетонних елементів вивчали Т.Н. Азізов, Г.С. Алієв, Є.М. Бабич, А.Я. Барашиков, Л.В. Байков, З.Я. Бліхарський, О.О. Гвоздєв, О.С. Городецький, Б.Г. Демчина, С.А. Дмитрієв, Л.О. Дорошкевич, В.С. Дорофєєв, О.С. Залєсов, В.М. Карпюк, П.М. Коваль, Р.Л. Маїлян, А.М. Павліков, О.І. Стороженко, В.В. Тур, Ю.О. Школа, О.Ф. Яременко та ін. Із зарубіжних робіт можуть бути відзначені роботи R. Walter, A.Vista, L. Cany, M.F. Collins, F. Leongardt, J. Mitchell, K. Modi, J. Morrow, J. Regan, J. Taub, D. Hanson та ін.

Безпосередньо вивченню впливу повздовжньої розтягуючої сили на міцність похилих перерізів прогінних залізобетонних елементів присвячені роботи Г.І. Кіріакаді, А.С. Зорича, Б.А. Калатунова І.В. Волкова та ін.

Метою дослідження є аналіз міцності похилих перерізів позацентрово розтягнутих, стиснутих та нерозрізних залізобетонних елементів, порівняти результати розрахунків із експериментальними даними та дослідити їхню збіжність.

У нині діючих українських [1], гармонізованих білоруських [2], міжнародних європейських [3] і американських [4] нормах розрахунків елементів на дію поперечної сили ґрунтується на «фермовій моделі», яка складається з розтягнутих і стиснутих стержньових елементів. Втім, застосування фермової аналогії у нормативних документах різних країн має свої особливості [5, 6]. Наприклад, як зазначається у [7], при всій подібності використовуваних методів, існують істотні відмінності між положеннями ДБН та відповідного Eurocode 2, на які слід звертати увагу при порівнянні результатів розрахунків за цими нормами між собою.

Для порівняльного аналізу результатів різних нормативних методик розрахунків міцності приопорних ділянок залізобетонних елементів (прогонів та нерозрізних балок), нами проведено експерименти та виконано відповідні розрахунки.

Порівняння дослідних і розрахункових значень міцності приопорних ділянок позацентрово розтягнутих і стиснутих балок, а також нерозрізних, визначених за рекомендаціями та вимогами різних національних норм (СниП 2.03.01-84*; СНиП 52.101-03; EUROCODE-2; американські норми АСІ CODE 318-95; японські норми АСІ CODE, 1988; канадські норми CSA 23.3-94; німецькі норми DIN 1045-1.12.1998), показало, з одного боку, незадовільну їх збіжність (коефіцієнт варіації $v = 20 \dots 74 \%$), а з іншого боку - недостатню надійність розрахункових формул цих норм, особливо для зразків з великими прольотами зрізу.

Найбільш поширені авторські методики хоча і показують кращу збіжність експериментальних даних і розрахункових значень міцності похилих перерізів дослідних елементів ($v = 14 \dots 35 \%$), все ж не в змозі повною мірою відобразити вплив на неї всіх значущих конструктивних чинників та факторів зовнішнього впливу.

[1] Конструкції будинків та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [Чинний від 2011-06-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 164 с. – (Національний стандарт України).

- [2] Конструкции бетонные и железобетонные: СНБ 5.03.01-02. – [Дата введения 2003–07–01]. – Минск: Минстройархитектуры, Стройтехнорм, 2002. – 274 с. (Національний стандарт Білорусії).
- [3] Eurocode 2 EN 1992-1-1:2004: Design of Concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels, 2004. – 225 p.
- [4] Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14). American Concrete Institute. – [First Printing March 2014]. – American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.– 520 p. (Національний стандарт Сполучених Штатів Америки).
- [5] Карпюк В.М. До питання про необхідність вдосконалення нормативних методів розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних конструкцій / В.М. Карпюк, О.М. Крантовська, О.М. Коцюрубенко // Вісник ОДАБА. – Випуск 57. – Одеса, 2015. – С. 182-188.
- [6] Karpiuk V.M., 2014. Calculated force resistance models of span concrete structures in case of bending stress state (monograph). Odesa, OSACEA: 352.
- [7] Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 в 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.

УДК 550.34

АНАЛІТИЧНІ ФОРМУЛИ ДЛЯ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ ШАРНІРНО ОБПЕРТИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ВЛАСНОЇ ВАГИ

ANALYTIC FORMULAS FOR THE NATURAL FREQUENCIES OF HINGED STRUCTURES WITH TAKING INTO ACCOUNT THE DEAD WEIGHT

*д-р техн. наук Ю.С. Крутій, д-р техн. наук Н.Г. Сур'янінов,
В. Ю. Вандинський*
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)

Yu.S. Krutii, Dr. Sc., M.H. Suriyaninov, Dr. Sc., V.Yu. Vandynskiy
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa)

Часто при дослідженні згинних коливань вертикальних конструкцій в якості розрахункової схеми використовують стрижень сталого перерізу, що знаходиться під впливом змінної поздовжньої сили, в ролі якої виступає власна вага (рис. 1).

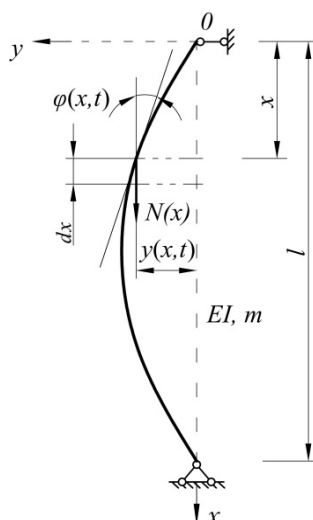


Рис. 1. Вільні згинні коливання стрижня

Як відомо [1], математичною моделлю такого фізичного явища буде диференціальне рівняння зі змінними коефіцієнтами в частинних похідних

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + q \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

де EI – згинна жорсткість, q – розподілене поздовжнє навантаження (вага одиниці довжини стрижня), m – погонна маса, $y = y(x, t)$ – поперечне переміщення точки осі стрижня з координатою x в момент часу t (динамічний прогин).

Як відомо з теорії стійкості [2], шарнірно обпертий стрижень, що знаходиться під дією поздовжнього розподіленого навантаження, при значенні $q_{cr} = 18,5687EI/l^3$ втратить стійкість. Тому розглядати коливання стрижня при значеннях q більших ніж q_{cr} , з практичної точки зору позбавлено сенсу. Отже, актуальні для дослідження випадки поздовжнього навантаження лежать на проміжку

$$0 \leq q \leq q_{cr}. \quad (2)$$

В публікації авторів [3] побудовано точний розв'язок рівняння (1). Внаслідок цього, там же отримано формули для динамічних параметрів стану стрижня та аналітичне подання для частот його вільних коливань з урахуванням власної ваги

$$p_j = \frac{K_j}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (j = 1, 2, 3, \dots).$$

Тут K_j – безрозмірні коефіцієнти, що залежать від q та підлягають визначенню із частотного рівняння, яке отримаємо, реалізувавши задані граничні умови.

Спираючись на результати роботи [3], в аналітичному вигляді встановлено зв'язок між частотами p_1, p_2, p_3 та відповідними частотами коливань стрижня без урахування власної ваги $\omega_1, \omega_2, \omega_3$. Нагадаємо, що останні визначаються за відомими формулами [4]:

$$\omega_1 = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}, \quad \omega_2 = \frac{4\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}, \quad \omega_3 = \frac{9\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}.$$

Вказаний зв'язок виражається наступними співвідношеннями:

$$\frac{p_1}{\omega_1} = 1 + 0,0191\alpha + 0,000668\alpha^2 - 2,95 \cdot 10^{-5}\alpha^3 + 1,74 \cdot 10^{-5}\alpha^4; \quad (3)$$

$$\frac{p_2}{\omega_2} = 1 - 0,010\alpha - 0,000171\alpha^2 + 7,35 \cdot 10^{-5}\alpha^3 - 4,31 \cdot 10^{-7}\alpha^4; \quad (4)$$

$$\frac{p_3}{\omega_3} = 1 - 0,00256\alpha - 4,95 \cdot 10^{-6}\alpha^2, \quad (5)$$

де $\alpha = ql^3/EI$ – безрозмірний параметр. Виходячи з нерівності (2), для даного параметру матимемо

$$0 \leq \alpha \leq 18,5687. \quad (6)$$

На підставі (3) – (6) встановлюються межі для відношення частот:

$$1 \leq \frac{p_1}{\omega_1} \leq 1,60; \quad 0,75 < \frac{p_2}{\omega_2} \leq 1; \quad 0,95 < \frac{p_3}{\omega_3} \leq 1. \quad (7)$$

Можна зробити висновок, що урахування власної ваги при дослідженнях згинних коливань стрижня приводить до збільшення першої частоти та зменшення другої та третьої частот. Також формули (7) демонструють на скільки

частоти коливань стрижня з урахуванням власної ваги можуть відрізнятись від відповідних частот, знайдених без її урахування.

- [1] Василенко М. В. Теорія коливань і стійкості руху / М. В. Василенко, О. М. Алексейчук. – К. : Вища школа, 2004. – 525 с.
- [2] Wang C. M. Exact solutions for buckling of structural members / C. M. Wang, C. Y. Wang, J. N. Reddy. – Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2005. – 286 p.
- [3] Krutii, Yu. Exact solution of the differential equation of transverse oscillations of the rod taking into account own weight / Yu. Krutii, M. Suriyaninov, V. Vandynskiy // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 116, 02022. doi:10.1051/mateconf/201711602022
- [4] Киселев В. А. Строительная механика / В. А. Киселев – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.

УДК 624.012.45:624.04

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ І ПРОЕКТУВАННЯ ПЛИТ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ, АРМОВАНИХ НЕМЕТАЛЕВОЮ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

PECULIARITIES OF CALCULATION AND DESIGN OF SLABS ON ELASTIC CUSHION REINFORCED WITH NON-METALLIC COMPOSITE ARMATURE

канд. техн. наук О.І. Лугченко,¹ А.Х. Назем¹, Д.О. Орешкін²

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

²*Технологічна група «Екіпаж» (м. Харків)*

O.I. Lugchenko¹, PhD, A.H. Nazhem¹, D.O. Oreshkin²

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

²*Technological group "Ekipazh" (Kharkiv)*

У цей час склопластикова й базальтопластикова композитна арматура все частіше використовується в різних галузях промисловості й народного господарства. Унікальна технологія виробництва арматури дозволяє одержати високоякісний будівельний матеріал, що відповідає всім сучасним вимогам надійності, якості й безпеки. На підставі даних, отриманих у результаті багаторічних досліджень, розроблений ряд нормативних документів, що регламентують застосування неметалевої композитної арматури і виробів з неї при зведенні будинків і споруд [1].

Прикладом ефективного використання неметалевої композитної арматури для армування плит на пружній основі може служити Павловська площа, розташована в м. Харкові (рис.1), при зведенні якої, у якості арматурних виробів використані композитні сітки типу СКС-100/100 виробництва компанії ТГ «Екіпаж».

Причиною для застосування на даному об'єкті композитної арматури є несприятливе розташування ділянки, що проявляється, у першу чергу, у високому положенні й значних коливаннях рівня ґрунтової води.



Рис. 1. Загальний вид плити дорожнього покриття пл. Павлівська у м. Харкові

Рекомендації зі зведення (у тому рахунку й робочій проект) плити дорожнього покриття (рис.2) були розроблені фахівцями кафедри будівельних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, під керівництвом В.С. Шмуклера. Визначення несучої здатності плити при запропонованому варіанті армування здійснено за допомогою розрахункової програми, розробленої (на базі бібліотеки DSTU_156.dll) [2,3] фахівцями тієї ж кафедри. Результати розрахунків представлено у графічному вигляді (рис.3,4).

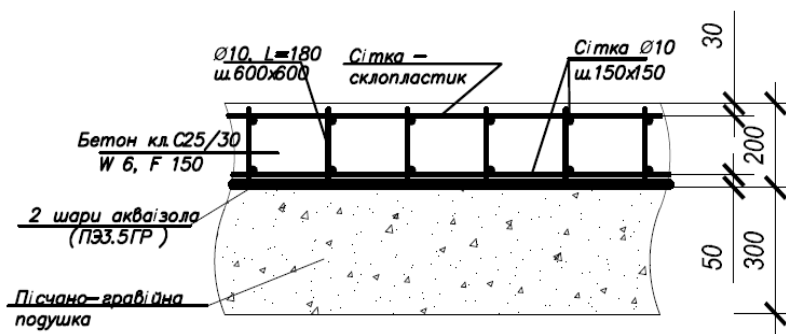


Рис.2. Загальна схема армування плити дорожнього покриття

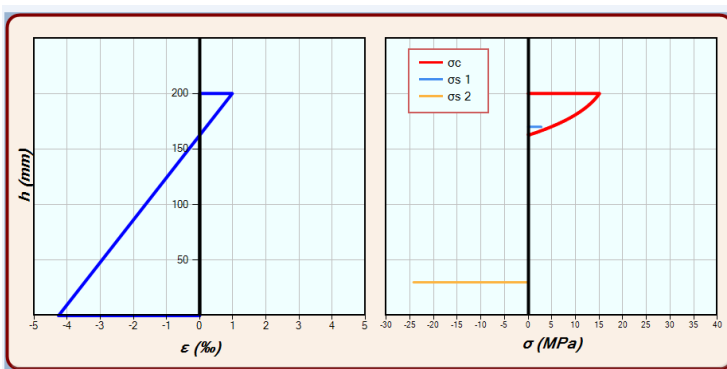


Рис. 3. Епюри деформацій ϵ та напружень σ у перерізі

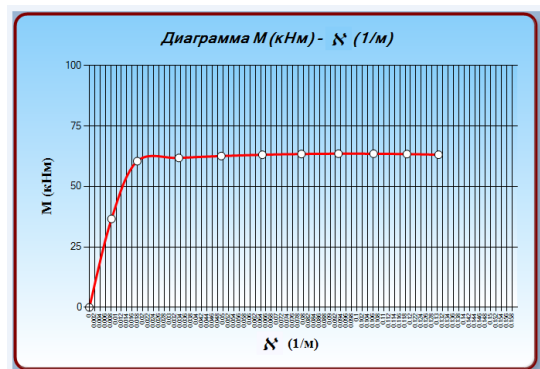


Рис. 4. Діаграма «момент-кривизна»

Обладнання плити дорожнього покриття Павлівської площі проводилося в стислий термін. У зв'язку із цим, для монтажу двохшарового арматурного каркаса плити, співробітниками ТГ «Екіпаж» був розроблений новий метод монтажу, що дозволяє значно скоротити строки провадження робіт, досягнути зменшення загальної трудомісткості складання армокаркаса на 35% та скорочення

трудомісткості складання армокаркаса безпосередньо на робочому майданчику більш ніж в 10 разів.

[1] Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу: ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 - [Чинні 2012-09-28]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 43с. – (Національний стандарт України)

[2] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 - [Чинний 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118с. – (Національний стандарт України)

[3] Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунками за СніП 2.03.01-84* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) [Текст]: навчальний посібник /В.М.Бабаєв, А.М.Бамбура, О.М.Пустовойтова та ін.; за заг. Ред.. В.С.Шмуклера. – Харків: Золоті сторінки, 2015 – 208с.

УДК 624.042

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ СИЛОСНИХ ЄМНОСТЕЙ НА ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ

FEATURES OF CALCULATING SILOS FOR WIND LOAD

канд. техн. наук Н.О. Махінько

Національний авіаційний університет (м. Київ)

N. Makhinko PhD

National Aviation University (Kyiv)

Дана стаття присвячена дослідженню роботи вертикальних сталевих циліндричних ємностей для зберігання зерна зі змінною за висотою товщиною листів корпусу та ребер жорсткості при дії асиметричного вітрового навантаження. Розрахунок конструкції сформований на базі аналітичної методики, що полягає в розкладанні навантаження в скінчений тригонометричний ряд та відповідного додавання окремих напружено-деформованих станів k -го впливу. При аналізі була використана експоненціальна залежність для опису закону зміни товщин листів корпусу і ребер жорсткості та припущення щодо рівності швидкості зміни цих характеристик.

Відповідно загальній теорії оболонок обертання добре відомо, що будь-яке навантаження можливо розкласти в тригонометричний ряд скінченої довжини [1]. Аналітична методика розрахунку вертикальних циліндричних ємностей для зберігання зерна на несиметричне вітрове навантаження також побудована на можливості розкладення аеродинамічного коефіцієнту $C_{aer}(\varphi)$, і відповідно вітрового навантаження W_k , в скінчений тригонометричний ряд. Це дозволяє проводити розрахунок до кожної зі складових навантаження окремо. Невідомі складові напружено-деформованого стану від навантаження $W_k = A_k \cos(k\varphi)$ визначені через диференційне рівняння

$$\frac{d^4 \xi_k(x)}{dx^4} + 4\eta_{w,k}^4 \xi_k(x) = 4\eta_{w,k}^4 \xi_{k,0} \quad (1)$$

Для опису закону зміни товщин корпусу і ребер за висотою використаємо експоненціальну залежність [2]

$$t_{ef}(x) = t_{ef,r} g_w(x) = t_{ef,r} \exp[-\varepsilon_w(x/H_w)]. \quad (2)$$

Також введемо припущення, що швидкість зміни товщин листів корпусу та ребер жорсткості є рівною, тобто використаємо однакові параметри ε_w в обох залежностях. Для функції $\eta_{w,k}$ можливо тоді записати, додатково розгорнувши формулу циліндричної жорсткості $D_r(x)$

$$\eta_{w,k}^4(x) = 16k^4(k^2 - 1)^2 t_w^2(x) \Delta J_w(x) / [(1 + \alpha_{wp}) D_w^6]. \quad (3)$$

Аналізуючи формули та спираючись на дослідження [3] для ємностей з гофрованим корпусом, підкріплених вертикальними ребрами жорсткості можливо зробити висновок, що функція $\xi_k(x)$ не залежить від абсолютного значення товщин і закону їх зміни за висотою, а визначається відношенням сумарної площі поперечного перерізу всіх ребер до площі поперечного перерізу ємності за умови сталості цього відношення на всіх висотах.

Відповідно до загальних залежностей теорії оболонок для складових напружено-деформованого стану циліндричної ємності з гофрованою стінкою та змінними по висоті товщинами корпусу і вертикальних ребер жорсткості, можна записати розрахункові формули для радіальних $w_k(y, \varphi)$, кільцевих $v_k(y, \varphi)$, поздовжніх $u_k(y, \varphi)$ переміщень, а також напружень в поперечних перерізах $\sigma_{p,k}(y, \varphi)$ і $\tau_{p,k}(y, \varphi)$

$$w_k(y, \varphi) = 2D_w A_w \frac{[1 - \psi_{m,k}(y)]}{(k^2 - 1)^2} a_k \cos(k\varphi);$$

$$v_k(y, \varphi) = 2D_w A_w \frac{[1 - \psi_{m,k}(y)]}{k(k^2 - 1)^2} a_k \sin(k\varphi); \quad (4)$$

$$u_k(y, \varphi) = \frac{D_w}{\Delta_w} A_w \frac{\psi_{u,k}(y)}{k^2(k^2 - 1)^2} \lambda_{\mu,k} a_k \cos(k\varphi).$$

$$\sigma_{p,k}(y, \varphi) = \frac{A_w E}{\Delta_w^2} \frac{\psi_{\sigma,k}(y)}{k^2(k^2 - 1)^2} \lambda_{\eta,k}^2 a_k \cos(k\varphi); \quad (5)$$

$$\tau_{p,k}(y, \varphi) = \frac{A_w E}{\Delta_w^3} \frac{\psi_{\tau,k}(y)}{k^3(k^2 - 1)^2} \lambda_{\eta,k}^3 a_k \sin(k\varphi).$$

Особливу увагу варто звернути на коефіцієнт податливості ємності A_w , що являється коефіцієнтом пропорційності в формулах (7)-(11) і виступає функцією безрозмірної висоти $y = x / H_w$

$$A_w(y) = \frac{3\delta_{Dt}^6(1 - \mu^2)}{8\Delta J_w} \frac{w_p}{E} \exp[\varepsilon_w(1 - y)]. \quad (6)$$

Для ємностей з плоскою стінкою всі сформульовані вище висновки залишаються в силі, якщо плоский лист розглядувати як граничний випадок гофрованого.

Отримані результати також підтверджуються висновками дослідження [3], де вирішувалось основне диференціальне рівняння напружено-деформованого стану ємності змінної товщини в умовах осесиметричного завантаження.

[1] Власов В.З. Избранные труды : в 3 т. – М. : Издательство Академии наук СССР, 1962-1964. – Т.1:Очерк научной деятельности «Общая теория оболочек». Статьи. – 1962. – 528 с. ; т.2: Тонкостенные упругие стержни. Принципы построения общей технической теории оболочек. – 1963. – 507 с.; т.3: Тонкостенные пространственные системы. – 1964. – 481 с.

[2] Makhinko A. Analysis of the deflective mode of thin-walled barrell shell / A. Makhinko, N. Makhinko // Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. – PoltNTU, 2018. – P. 69-78.

[3] Лапенко О.І. Вплив профілювання листів на жорсткісні характеристики ємностей для зберігання зерна / О.І. Лапенко, Н.О. Махінько // Наука та будівництво. – К. : НДІБК, 2018. – № 2(16). – С. 40-45.

УДК 72.023

НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ АРХІТЕКТУРНИХ СПОРУД В УМОВАХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ

RELIABILITY AND DURABILITY OF ARCHITECTURAL STRUCTURES IN CONDITIONS OF EXTREME SITUATIONS

д-р архітектури В. П. Мироненко, Д. В. Сопов

Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

V. P. Mironenko, Dr. arch., D.V. Sopov

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

В умовах глобальної зміни клімату, природних катаклізмів, що почастишали: землетруси, повені, виверження вулканів, цунамі, урагани, сіли, лісові пожежі тощо, архітектура виявилася «заручницею» природи, вимушеної розвиватися за її жорсткими законами [1].

Залежно від місця розташування і характерних природних катаклізмів регламентуються вимоги до архітектурних об'єктів.

Загроза майбутніх катаклізмів дає привід до орієнтації діяльності архітекторів на створення проектів будівель і міст майбутнього, здатних протистояти стихії, що розбушувалася.

Перед людством вже зараз стоїть низка завдань, вирішення яких вимагає прийняття термінових заходів по:

- виробленню конструктивних, технологічних та інженерних рішень, що підвищують стійкість до зовнішніх природних впливів вже побудованих архітектурних споруд;

- проектуванню нових буферних зон для масового переселення людей з постраждалих районів;

- будівництву нових екопоселень з можливістю автономного існування.

В якості одного з перспективних напрямків у всьому світі розглядається пе-

рехід до широкомасштабного впровадження біотехнологій в різні сфери діяльності людини. Крім вирішення виробничих завдань в сфері біоіндустрії і біоенергетиці, ставиться актуальне завдання створення екопоселень нового типу, цілком заснованих на принципах біоекономіки, - біоекополісов [2].

Метою роботи є розробка концептуального підходу до формування міського поселення в умовах екстремальних ситуацій і створення проекту автономного екопоселення майбутнього в рамках адаптивної архітектури.

Показана можливість застосування параметричної архітектури для створення архітектурних об'єктів сприятливих до навколишнього середовища і здатних адаптуватися до її змін, в тому числі і в екстремальних ситуаціях.

Вперше в якості структурної основи проекту екопоселення використаний прообраз діатомових водоростей зі складною кремнієвої архітектурою.

Отримані результати показують можливість прогнозування і обліку можливих впливів з боку навколишнього середовища на архітектурний об'єкт в параметричному проектуванні, що дозволяє передбачити додаткові заходи щодо конструктивного підсилення ще на стадії проектування.

Із застосуванням методів параметричного проектування встановлені оптимальні форми архітектурного об'єкта для зниження величини впливу навколишнього середовища в екстремальних умовах.

Показано, що адаптивна архітектура являє собою симбіоз архітектурної біоніки і параметричної архітектури, адаптуючи свою форму, колір або функцію до цілей найбільшої відповідності вимогам експлуатації [3].

Основний принцип параметричної архітектури ґрунтується на тому, що навіть незначна зміна властивостей конструктивного елементу будівлі призводить до зміни загального стану будівлі, що фіксується за допомогою комп'ютерної моделі. Такий підхід дозволяє врахувати практично будь-які дії з боку навколишнього середовища і передбачити можливі способи запобігання руйнування будівлі ще на стадії проектування.

Концепція побудови та розвитку міста-майбутнього ґрунтується на єдиній композиційній схемі, що надає йому своєрідний архітектурно-просторовий вигляд. Однак, багатофакторність впливів як з боку навколишнього середовища (стихійних), так і викликаних стратегічними змінами (планомірні) робить місто динамічною системою, що вимагає постійного моніторингу і коригування [4].

Параметрична архітектурно-просторова модель міського середовища, вбудована в загальну інформаційну систему планування і управління міським господарством, може стати ефективним інструментом в теорії і практиці містобудування. Така модель повинна враховувати безліч факторів: ландшафтні особливості, соціальні явища, історичну тканину і регіональну специфіку, а також архітектурно-просторові якості територій. Створення параметричної моделі території міста за допомогою інформаційних технологій може бути використано в процесі проектування архітектурно-просторового середовища міста та управління ним на основі біосферної сумісності в реальному часі.

[1] Annual Disaster Statistical Review 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf.

[2] Гейл, Я. Новые городские пространства / Я. Гейл, Л. Гемзо. – М.: Крост, 2012. – 254 с.

[3] Еремеева А.А., Поморов С.Б. Параметризм в архитектуре. Поиски и решения. / ВЕСТНИК АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2014. - №1-2. – С.118-122.

[4] Park, J. J. & Dave, B. 2014, Bio-inspired Parametric Design of Adaptive Stadium Facades, Australasian Journal of Construction Economics and Building Conference Series, 2(2), 27-35.

УДК 624.072.221

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ И СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

INFLUENCE OF LONG-TERM COMPRESSIVE STRESSES ON STRENGTH OF CONCRETE AND STEEL-FIBROBETON PRISMATIC ELEMENTS

канд. техн. наук С.Ф. Неутов, М.М. Сидорчук, А.С. Шыляев
Одесская государственная академия строительства и архитектуры (г. Одесса)

S.F. Neutov, PhD, M.M. Sidorchuk, A.C. Shylyaiiev
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)

При решении многих задач проектирования бетонных и железобетонных конструкций весьма важным является вопрос учета длительных процессов, протекающих в бетоне [5 – 8], поскольку практически все конструкции в реальных условиях загружены длительно действующими нагрузками [9]. При определении прочности, жесткости и трещиностойкости необходимо знать параметры, характеризующие длительные процессы в бетоне, которые соответствуют конкретным видам и составам применяемых бетонов [10].

В проведенных нами исследованиях прочностные и деформативные характеристики бетона и сталефибробетона определялись на бетонных призмах размерами 100×100×400 мм и кубах 100×100×100 мм. В зависимости от задач, решаемых в ходе экспериментов, образцы-близнецы объединяли в группы и серии. Образцы каждой группы изготавливали в один прием.

Загружение образцов длительной нагрузкой осуществляли в силовых установках (стендах), состоящих из 4-х металлических стержней диаметром 46 мм, к которым с помощью резьбовых соединений на определенных уровнях крепились жесткие плиты нагружения (4 шт). Чтобы поддерживать нагрузку во время длительных испытаний на заданном уровне, передача усилий от гидравлического домкрата к исследуемым призмам осуществлялась через силовой узел, состоящий из 4-х пружин и 2-х плит нагружения. Мощность каждой пружины — 100 кН. По высоте установки в одной силовой линейке, т.е. в два этажа, располагались два образца: один из обычного бетона, а второй — из сталефибробетона. Таким образом, на протяжении всего эксперимента (370 суток) режим и уровень нагрузки для обоих образцов был абсолютно одинаковым.

На рис. 1 представлены результаты трех этапов нагружения бетонных призм в силовых стендах. На первом этапе призмы загружались кратковременной нагрузкой до запланированного уровня 0.3; 0.5 и 0.8. На втором этапе на призмы

в течении 370 суток действовала постоянная нагрузка, соответствующая выбранным уровням нагружения. И, наконец, на 3 этапе призмы догружались до разрушения в силовых стендах без предварительного разгружения.

Из результатов, представленных на рис. 3, следует, что все без исключения образцы, находившиеся более года под действием длительно действующей нагрузки, увеличили свою несущую способность. Чем выше уровень длительно действующей нагрузки, тем больше уплотняется бетон (см. предельные деформации $\epsilon^{пред}$) и, естественно, выше его длительная прочность. Образцы, загруженные до уровня 0.8 R, за 370 суток увеличивают свою несущую способность на 40.5%. За то же время у образца, загруженного до уровня 0.3 R, длительная прочность выросла на 18.3%.

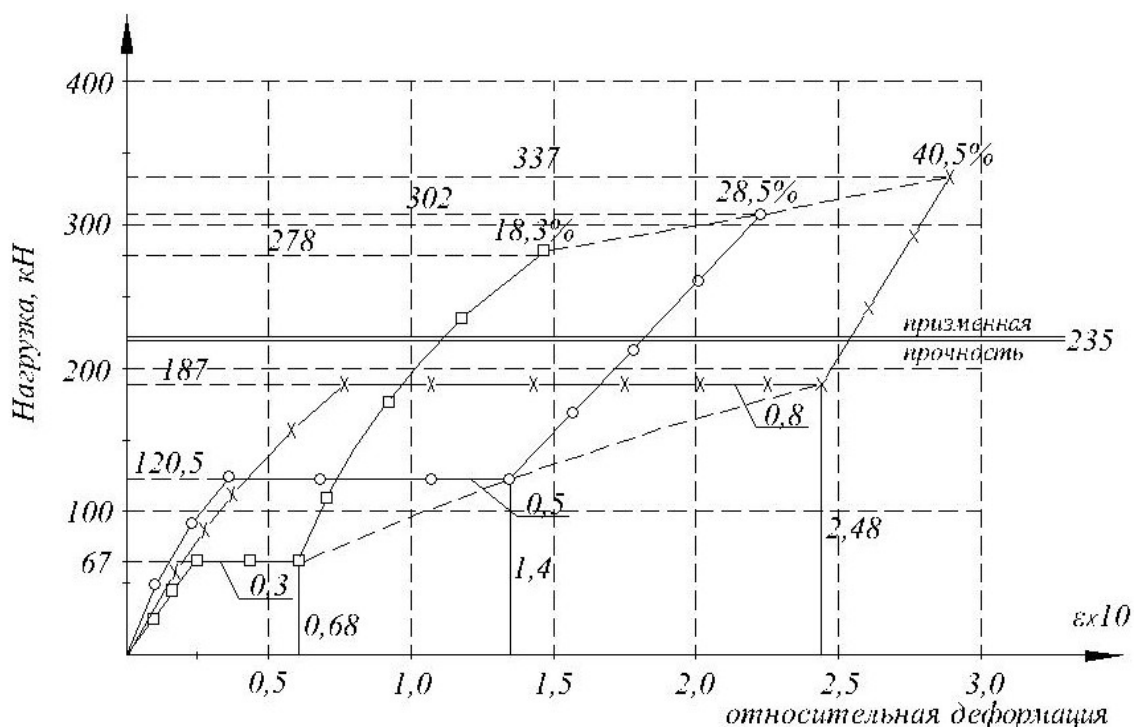


Рис. 3. Трехэтапное нагружение бетонных призм в силовых стендах

Из полученных результатов видно, что призмы из сталефибробетона, находившиеся в течении 370 суток под действием длительно действующей нагрузки увеличили несущую способность, в зависимости уровня нагрузки, на 30-50%. Чем выше уровень нагрузки, тем выше длительная прочность. При повторном догружении до разрушения деформации сталефибробетонных призм изменялись по линейному закону (рис. 4). Объясняется это тем, что в процессе трехэтапного нагружения была выбрана быстроснатекающая ползучесть бетона.

[1] Талантова, К. В. Алгоритм создания эффективных конструкций с применением сталефибробетона. // Архитектура и строительство. Тезисы докладов конференции секции «Проблемы развития теории сооружений и совершенствования строительных конструкций». Томск, 2002. – С. 16-17.
 [2] Арончик, В. Б. Исследование работы армирующего волокна в фибробетоне: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Б. Арончик. – Рига, 1983. – 22 с.
 [3] Kwon S-H, Ferron R.P., Akkaya Y., Shah S.P. Cracking of fiber-reinforced self-compacting concrete due to restrained shrinkage. //International journal of concrete structures and materials, vol.1, pp. 3-9, Dec. 2007.

**МЕТОДИКИ НАТУРНИХ ВОГНЕВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ МІЖ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛООВОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ПРОМИСЛОВИМИ СПОРУДАМИ**

**METHOD OF FULL-SCALE FIRE RESEARCHES OF HEAT EXCHANGE
PROCESSES BETWEEN THERMAL RADIATION SOURCE AND
INDUSTRIAL BUILDINGS**

*канд. техн. наук В.В. Ніжник, д-р техн. наук С.В. Поздєєв, Ю.Л. Фещук
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (м. Київ)*

*V. Nizhnyk, PhD, S. Pozdieiev, Dr.Sc., Y. Feshchuk
The Ukrainian Civil Protection Research Institute (Kyiv)*

На даний момент відсутні методи, що дозволяють реалізовувати розрахунковий метод обґрунтування протипожежних відстаней.

Аналіз наукових праць [1 – 4] свідчить, що при обґрунтуванні протипожежних відстаней між суміжними об'єктами як правило враховують променистий теплообмін. В основу метода обґрунтування протипожежних відстаней між суміжними об'єктами покладено класичну теорія теплообміну випромінювання. Суть задачі зводиться до порівняння густини теплового потоку, який випромінює об'єкт, що горить із максимально допустимою густиною теплового потоку для матеріалів, що використовуються на об'єкті, який опромінюється, формула (1).

$$q_{burn} \leq q_{gon} \quad (1)$$

Мета роботи: розроблення методики натурних вогневих досліджень процесів теплопередачі між джерелом теплового випромінювання та суміжними об'єктами.

Натурні вогневі дослідження процесів теплообміну між джерелом теплового випромінювання та суміжними об'єктами проводяться з метою апробації математичних моделей, що знаходяться на стадії розроблення.

Сутність методів полягає у визначенні щільності теплового потоку q_2 (кВт/м²) та температури T_2 (°C) на поверхні об'єкту, що опромінюється (2) від факела (1) об'єкту, що горить дивись рис. 1.

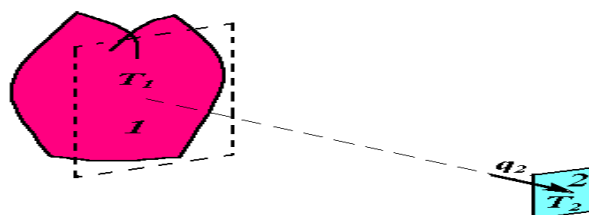


Рис. 1. Схема опромінення тіла 2 факелом 1

Обладнання для проведення натурних вогневих досліджень включає: модельне вогнище пожежі класу В, досліджуваний зразок, засоби виміральної техніки, обладнання для проведення фото та відео зйомок.

Дослідження проводяться не менше трьох разів у безвітряну погоду.

Дослідження виконуються за такими процедурами:

- виготовляються досліджувані зразки (рис. 2);
- розташовується на площадці модельне вогнище пожежі класу 55 В;
- розташовуються досліджувані зразки згідно з схемою (рис. 3);

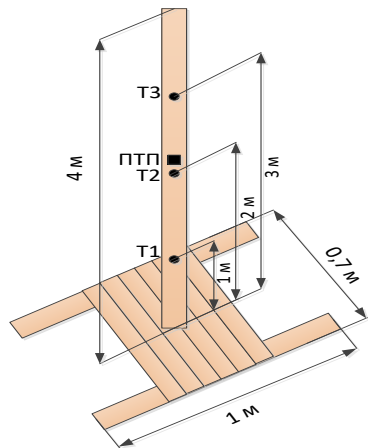


Рис. 2. Схема досліджуваного зразка: Т1-Т3 – місце встановлення термопар, ПТП – місце встановлення приймача теплового потоку

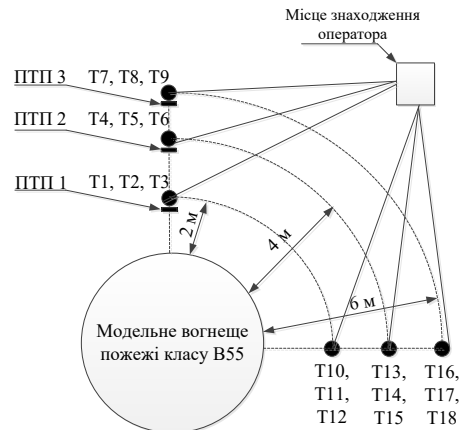


Рис. 3. Схема улаштування досліджуваних зразків та вимірвальних приладів: Т1-Т18, ПТП 1-3 – місця встановлення термопар та приймачів теплового потоку

- встановлюються засоби виміральної техніки (термопари, приймачі теплового потоку) згідно схемами (рис. 2 - 3);
- готуються обладнання для фото-та відео зйомок, засоби пожежогасіння;
- проводиться зняття параметрів зовнішнього середовища, а саме: температури повітря, швидкості вітру, вологості повітря, атмосферного тиску;
- заповнюється вогнище пожежі класу 55 В водою та пальним;
- вмикаються вимірвальні пристрої у режим реєстрації, включається відео-зйомка та підпалюється вогнище пожежі класу 55 В. Реєстрація температури і теплового потоку відбувається з інтервалом 1 хв. Фото та відео зйомки проводяться з метою визначення геометричних параметрів полум'я. Досліди тривають до повного вигорання пального у вогнищі класу 55 В.

Похибка досліджень визначається за формулою:

$$\Delta A = \pm k \sqrt{(\Delta A_1)^2 + (\Delta A_2)^2} \quad (2)$$

Отже, запропонована в роботі методика дозволяє максимально імітувати умови реальної пожежі між об'єктами. Отримані дані в результаті натурних вогневих досліджень будуть використані для валідації математичних моделей теплообміну між суміжними об'єктами під час пожежі з урахуванням променистого та конвективного теплообміну з використання сучасного теоретичного підходу та комп'ютерних технологій.

[1] Пожарная профилактика в строительстве / [Грушевский Б.В., Яковлев А.И., Кривошеев И.А. и др.] под ред. В. Ф. Кураленкина. – ВИПТШ, 1985. – 451 с.

[2] Morgan J, Harley. SFPE Handbook of fire protection engineering // Greenbelt, – MD, USA / Society of Fire Protection Engineers.: 2016. – p. 3512.

УДК 614.841.415

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ

CABLE TUNNELS TEMPERATURE FIRE MODE RESEARCH

*канд. техн. наук О.М. Нуянзін, канд. психол. наук М.А. Кришталь, канд. пед.
наук А.А. Нестеренко, Д.О. Кришталь*

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України (м. Черкаси)

***O.M. Nuianzin, PhD, M.A. Kryshstal, PhD (Psych.),
A.A. Nesterenko, PhD (Ped.), D.O. Kryshstal**
Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes
National University of Civil Protection of Ukraine*

Незважаючи на значні успіхи у вирішенні завдань щодо підвищення пожежної безпеки кабельної продукції в даний час також існує безліч проблемних питань, що стосуються як кабельної продукції, так і кабельних ліній, зокрема кабельних тунелів прямокутного перерізу [1].

Кабельна продукція постійно розвивається і вдосконалюється. Для проведення випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій кабельних тунелів використовується стандартний температурний режим пожежі, який може не відповідати режиму пожежі у реальному кабельному тунелі.

Моделювання, як метод наукового дослідження дає можливість, не виконуючи матеріально затратних та трудомістких натурних експериментів на моделях проводити всі необхідні дослідження щодо визначення температурних режимів пожежі у кабельних тунелях. Метою проведення досліджень даної роботи є визначення температурного режиму пожежі у кабельному тунелі залежно від його форми, розмірів та пожежного навантаження. У одному з програмних комплексів CFD були створені математичні моделі кабельних тунелів. Проведено обчислювальні експерименти та визначено температурні режими пожеж у тунелях з різними параметрами.

У даній роботі дістало подальшого розвитку застосування обчислювальних експериментів для дослідження процесів тепломасообміну при пожежах у кабельних тунелях. Було використано CFD Fire Dynamics Simulator 6.2.

За результатами математичного моделювання тепломасообміну при пожежі у кабельних тунелях з різними геометричними розмірами, пожежним навантаженням та аеродинамічними характеристиками, що відповідали [1] було розраховано температурний режим пожежі та відображено на рис. 1.

Аналізуючи отримані графіки (рис. 1) можна констатувати, що найбільше на температурний режим пожежі впливає пожежне навантаження тунелю. При його максимальному рівні температура досягала 1200 °С, при мінімальному – 500 °С. При середньому рівні пожежного навантаження та варіації решти параметрів, максимальна температура всередині тунелю досягає 700-800 °С.

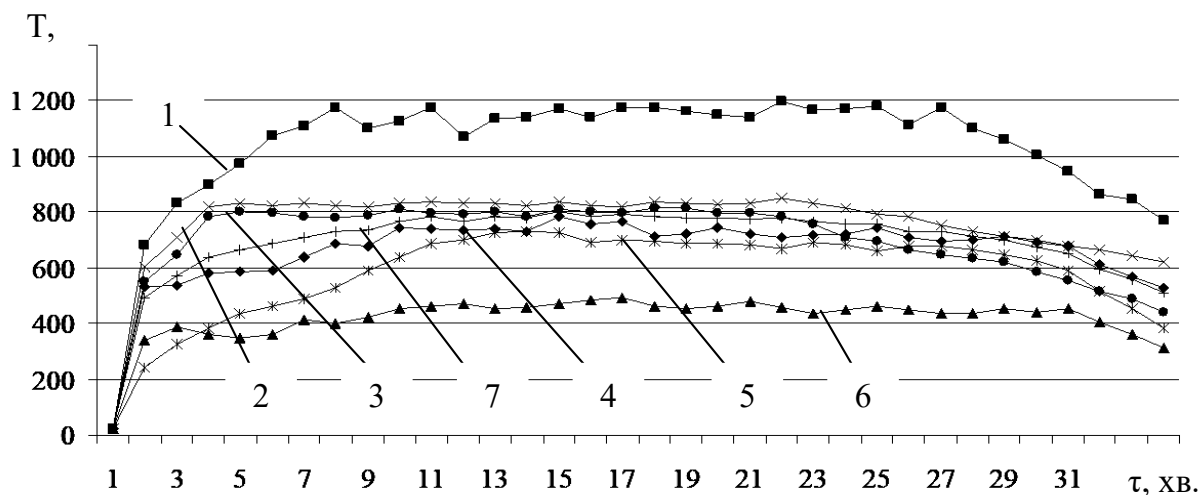


Рис. 1. Усереднені температурні режими пожежі у математичній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 4 – 9: 1 – середня температура обчислювального експерименту «максимальне пожежне навантаження»; 2 – середня температура обчислювального експерименту «мінімальний приток повітря»; 3 – середня температура обчислювального експерименту «мінімальний поперечний переріз»; 4 – середня температура обчислювального експерименту «базовий експеримент»; 5 – середня температура обчислювального експерименту «максимальний приток повітря»; 6 – середня температура обчислювального експерименту «мінімальне пожежне навантаження»; 7 – середня температура між графіками 1–6

На першій стадії (5-9 хв.) відбувається зростання температури у перерізі тунелю до максимальної. На другій стадії протягом 25-30 хвилин тримається максимальна температура в перерізі тунелю. На третій стадії відбувається поступове охолодження у обраному перерізі кабельного тунелю.

Таким чином, для випробування будівельних конструкцій кабельних тунелів на вогнестійкість необхідно обирати найжорсткіший температурний режим, що відрізняється від стандартного [3]. Відповідно до математичного моделювання найвища температура спостерігається у зоні осередку горіння. Вона знаходиться в межах 1200 °С при максимально можливому пожежному навантаженні відповідно до [2] (рис. 1).

[1] Nuianzin, O., Pozdieiev, S., Hora, V., Shvydenko, A., Samchenko, T., "Cable tunnels temperature fire mode experimental study", Eastern European Journal of Enterprise Technologies, No. 3/10 (93), (2018), С. 21–28.

[2] ГБН В. 2.2-34620942-002:2015. Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування.

[3] Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. - К.: Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ

DEFINITION OF THE PERIOD OF OPERATION OF CONSTRUCTIONS

*канд. техн. наук Ю.А. Отрош, канд. техн. наук О.В. Васильченко,
канд. техн. наук О.М. Данілін, канд. психол. наук І.М. Хмиров
Національний університет цивільного захисту України (м. Харків)*

*Y.A. Otrosh, PhD, A.V. Vasilchenko, PhD, A.N. Danilin, PhD, I.M. Khmyrov, PhD
National University of Civil Defence of Ukraine (Kharkiv)*

Зростання ризику виникнення техногенних надзвичайних ситуацій в Україні обумовлено тим, що в останні роки в найбільш відповідальних галузях об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти мають напрацювання проектного ресурсу на рівні 50-70%, іноді досягаючи перед аварійного рівня. Якщо конструктивні заходи захисту від нерівномірних осідань основи відсутні (що характерно для будівель, які побудовано у повоєнний час), з'являються тріщини та інші дефекти, які спричинено нерівномірними деформаціями основи [1-2]. У документі [3] під безпекою розуміється відсутність неприпустимого ризику, пов'язаного з можливістю завдання будь-якої шкоди для життя, здоров'я та майна громадян, а також для навколишнього природного середовища. Незадовільний технічний стан багатьох будівельних об'єктів, що є наслідком їх зносу, потребує оперативного оцінювання технічного стану конструкцій з метою запобігання виникнення надзвичайних ситуацій.

Виходячи з вищевикладеного, актуальним завданням залишається створення доцільного та доступно простого, але ефективного способу визначення збільшення нормативного терміну експлуатації будівельних конструкцій, або їх перепризначеного ресурсу, на основі розрахунку його залишкового ресурсу, оскільки в країні з важкою економічною ситуацією, завдання продовження термінів експлуатації будівельних конструкцій, можливо, до двох-трьох, встановлених в документації гарантійних ресурсів або строків служби є актуальним і потребує уточнення відомих методів.

В роботі запропоновано підхід до визначення збільшення нормативного терміну експлуатації будівельних конструкцій на основі алгоритму чисельного розрахунку залишкового ресурсу конструкцій, який виконують на підставі результатів визначальних параметрів, отриманих під час технічного обстеження та оцінки дефектів, відмов і пошкоджень конструкцій. Розрахунок виконується на підставі побудованих фізичних та математичних моделей об'єктів, визначальні параметри яких мають розвиток у часі, або на підставі вимірів визначальних параметрів в натурі в різні моменти часу. Розрахунок визначальних параметрів в залежності від часу виконують по формулі лінійного виду:

$$x_i(t) = x_i^0 + s_i \cdot t \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (1)$$

де x_i^0 - значення визначального параметра з номером i у момент обстеження; s_i - швидкість зміни визначального параметра з номером i ; t - час, який обчислюють від моменту обстеження.

Розрахунок визначальних параметрів на підставі їх вимірів в натурі в різні моменти часу виконують по визначенні швидкості зміни визначального параметра, який встановлюють на підставі вимірів цього параметра в натурі в два різних моменти часу t_1 і t_2 , причому, для отримання достовірних результатів тимчасову базу $\Delta t = t_2 - t_1$ вимірюють роками, і у підсумку, швидкість зміни s_i визначального параметра x_i обчислюють за формулою:

$$s_i = \frac{x_i^2 - x_i^1}{\Delta t} \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (2)$$

де x_i^1 - значення визначального параметра x_i в момент часу $t = t_1$, x_i^2 - значення визначального параметра x_i в момент часу $t = t_2$, зокрема, при багаторазовому вимірюванні одного і того ж визначального параметра: x_i^1 - є середнє арифметичне результатів вимірювань параметра x_i в момент часу $t=t_1$, а x_i^2 - середнє арифметичне результатів вимірювань параметра x_i в момент часу $t=t_2$; крім того, визначення збільшення нормативного терміну експлуатації будівельних конструкцій виконують по параметрам несучої здатності конструкції, починаючи зі встановлення несучої здатності будівельної конструкції або її конкретного елемента за проектними даними F_{pr} , а потім, на підставі проведеного обстеження встановлюють параметри функції несучої здатності $\Phi_u[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t), y_1, y_2, \dots, y_n]$ для будівельної конструкції або її конкретного елемента та визначають несучу здатність конструкції $F_{cr} = \Phi_u[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t), y_1, y_2, \dots, y_n]$, після чого за результатами розрахунку встановлюють максимальні зусилля в даній конструкції та порівнюють: $F_{cr} = \Phi_u[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t), y_1, y_2, \dots, y_n]$, і в кінцевому результаті визначають ресурс збільшення нормативного терміну експлуатації будівельної конструкції з використанням припущення щодо лінійної залежності зміни контрольованих параметрів від часу:

$$t_R = \Delta t \cdot \frac{F_{cr} - F}{F_{pr} - F_{cr}} \quad (3)$$

[1] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. – [Чинні 2009-12-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с. – (Державні будівельні норми України)

[2] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів: ДБН В.1.2-1-95. – [Чинні 1995-07-01]. – К.: Держбуд України, 1995. – 23 с. – (Державні будівельні норми України)

[3] Настава щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – [Чинні 2017-04-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 45 с. – (Державний стандарт України)

**ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ
РЕМОНТІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТІВ**

**VISUALIZATION OF PROJECT SOLUTIONS FOR REPAIR AND
RECONSTRUCTION OF BRIDGES**

*канд. економ. наук О.П. Пінчук¹, канд. техн. наук. В.І. Соломка¹,
А.Ю. Решетньов²*

¹ ТОВ «НВП «Укртранскад» (м. Дніпро),

² Дніпропетровський комплексний відділ ДерждорНДІ, (м. Дніпро)

O.P. Pinchuk¹, PhD (Econom), V.I. Solomka¹, PhD, A.Yu. Reshetniv²

¹ LLS "SPE "UKRTRANSKAD" (Dnipro)

² Dniepropetrovsk branch of State of Road Scientific Institute (Dnipro)

В сучасних умовах проектування важливе значення має науковий підхід до прийняття проектних рішень і не менш важливо при виборі того чи іншого варіанту враховувати не тільки конструктивні рішення і економічний аспект, але і мати уявлення про естетичний вигляд споруди після її ремонту та органічне вживання в навколишнє середовище. Дуже часто звичайний набір необхідних креслень в проекті не дає загального уявлення про остаточний вигляд проектованої споруди, а особливо коли споруда знаходиться в експлуатації і необхідно виконати її капітальний ремонт чи реконструкцію.

Для того щоб прийняти правильне рішення по вибору того чи іншого варіанту капітального ремонту чи реконструкції і врахувати усі чинники, як конструктивні так і економічні, доцільно виконувати відео візуалізацію проектних рішень. Такий підхід дає змогу після перегляду відео не тільки реально уявити, як буде виглядати конструкція після капітального ремонту чи реконструкції а і визначитися із вибором найбільш оптимального варіанту.

Метод візуалізації проектних рішень успішно застосовується ТОВ НВП «Укртранскад» при розробці проектів капітального ремонту і реконструкції мостових споруд.

Для того щоб створити одне відео з демонстрацією порядку розбирання існуючої конструкції та влаштуванням нових конструктивних елементів і отримати остаточний вид мостової споруди після капітального ремонту чи реконструкції проводиться значна підготовча робота по збору даних і фотографування мостової споруди на місцевості та застосовуються ряд спеціальних комп'ютерних програм для обробки даних і створення відеоролика. Для створення відео візуалізації мостової споруди після капітального ремонту чи реконструкції обов'язковою умовою є повністю закінчений проект.

Для прикладу, при розробці проекту капітального ремонту пішохідного арочного мосту через ставок у Центральному міському дитячому парку Лазаря Глоби у м. Дніпрі одним із завдань була заміна існуючого перильного

огородження на нове із-за його аварійного стану. Складність сприйняття нової конструкції перильного огородження полягає в тому, що на мосту з двох сторін влаштовані масивні залізобетонні тумби на висоту огородження і ці тумби є його архітектурним доповненням (рис. 1, виділено червоним контуром).



Рис. 1. Загальний вид пішохідного арочного мосту у Центральному міському дитячому парку Лазаря Глоби у м. Дніпро

Для того щоб після демонтажу тумб міст не втратив своєї архітектурної привабливості і органічно вжився в навколишнє середовище було розроблено декілька варіантів перильного огородження і представлено на вибір Замовнику. Та для остаточного уявлення як буде виглядати споруда після капітального ремонту було виконано відео візуалізацію і передано Замовнику (рис. 2).

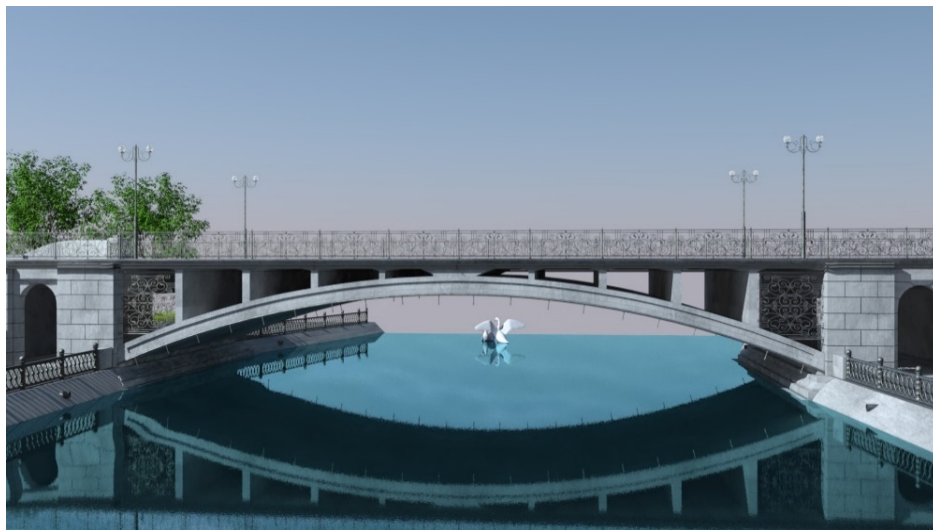


Рис. 2. Загальний вид арочного мосту після капітального ремонту. Візуалізація

- [1] Голубков Є.П. "Маркетингові дослідження: теорія, методологія і практика." 2-оє вид, перероб. і доповнене, - М: Видавництво "Финпресс". Співвідношення попиту та пропозиції і ціноутворення 2003. – 25 с.
- [2] Расторгуева Ю.С., Пискорская С.Ю. Технологии трехмерной визуализации в дизайне и архитектуре. / "Актуальные проблемы авиации и космонавтики", № 6, том 2, 2010.
- [3] Романов Н.П., Аверьянова О.В., Мхитарян А.Г. Архитектурная визуализация в Lumion. / "Строительство уникальных зданий и сооружений", № 7 (22), 2014. С. 239–252.
- [4] Сазанов Е.А. Архитектурная визуализация в программе Autodesk 3ds Max 2015. Омск, 2016. — ISBN 978-5-93204-887-0.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БАЗАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF BASALT FIBER ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATING ON REINFORCED CONCRETE BRIDGES

*Є.П. Плазій, д-р техн. наук. А.М. Онищенко
Національний транспортний університет (м. Київ)*

*E.P. Plazii, A.M. Onishchenko Dr.Sc.
National Transport University (Kyiv)*

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

Так для конструкції дорожнього одязу для виконання ремонтних робіт на мосту через річку Дніпро км 23+068 в районі міста Черкаси (автомобільна дорога Золотоноша-Черкаси-Сміла-Умань на км 12+000 – км 45+000) автомобільної дороги Н-16 був підібраний склад асфальтобетонної суміші із застосуванням базальтової фібри (базальтові волокна марки technobasalt™ «РБР-18-Т16/5» у кількості 0,4% від маси кам'яного матеріалу.

Попередньо було зроблені дослідження лабораторні та на експериментальних ділянках для визначення вплив базальтової фібри на фізико-механічні властивості асфальтобетону при виробничій апробації в умовах асфальтобетонного заводу. Відбір асфальтобетонної суміші та аналіз результатів асфальтобетонних зразків проводився відповідно до нормативних документів ДСТУ Б В.2-7-119:2011 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.» [1], СОУ 45.2-00018112-020:2007 «Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.» [2], СОУ 45.2-00018112-039: 2008 «Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань.» [3], СОУ 45.2-00018112-020:2007 «Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.» [4], СОУ 42.1-37641918-99:2013 «Метод визначення розрахункового опору розтягу при згині монолітних дорожньо-будівельних матеріалів.» [5], СОУ 45.2-00018112-059:2010 «Методи визначення розрахункових модулів пружності.» [6], ДБН В.2.3-4:2015 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.» [7], ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98) «Матеріали на основі

органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань.» [8].

За результатами досліджень базальтова фібра марки technobasalt™ «РБР-18-Т16/5» сприяє підвищенню тріщиностійкості конструкції дорожнього одягу, а також його фізико-механічних показників в 1,5 рази, що безпосередньо впливає на довговічність конструкції. Крім того, за допомогою досліджень було визначено, що у асфальтобетоні із базальтовою фіброю спостерігається зменшення накопичення залишкових деформацій у вигляді колії при температурі + 50°C, навантаженні 700 Н та 10000 проходів колеса по одному сліду у 1.43 рази у порівнянні з традиційним асфальтобетоном.

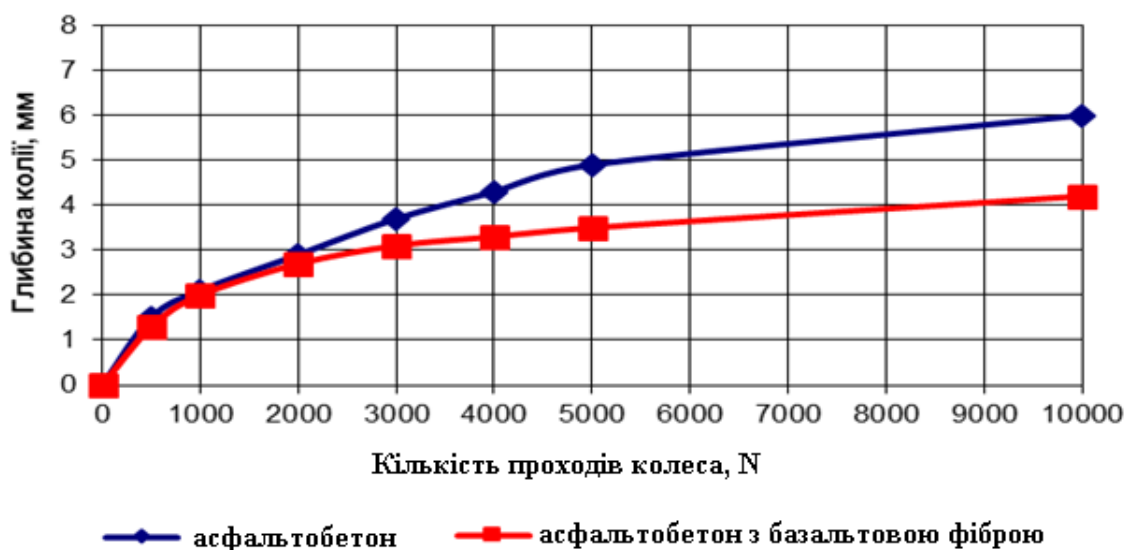


Рис. 1. Визначення залишкових деформацій у вигляді колії щільного асфальтобетону та асфальтобетону з додаванням базальтової фібри марки technobasalt™ «РБР-18-Т16/5» довжиною 5.0 мм

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

- [1] ДСТУ Б В.2-7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
- [2] СОУ 45.2-00018112-020:2007. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.
- [3] СОУ 45.2-00018112-039: 2008. Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань.
- [4] СОУ 45.2-00018112-020:2007. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.
- [5] СОУ 42.1-37641918-99:2013. Метод визначення розрахункового опору розтягу при згині монолітних дорожньо-будівельних матеріалів.
- [6] СОУ 45.2-00018112-059:2010. Методи визначення розрахункових модулів пружності. СОУ 45.2-00018112-058:2010. Монолітні дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на втому.
- [7] ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
- [8] ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98) Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

HEAT-INSULATING MATERIALS IN MODERN BUILDING INDUSTRY

*К.В. Плахотников, канд. техн. наук Д.А. Бондаренко, Е.Б. Деденева,
канд. техн. наук М.Г. Салия, докт. техн. наук Т.А. Костюк
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)*

*K.V. Plakhotnikov, D.A. Bondarenko PhD, E.B. Dedenyova,
M.G. Saliia PhD, Kostuk T.A. Dr.Sc
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Спрос на теплоизоляционные материалы с каждым годом растет. Количество производителей, которые предлагают различные материалы: минеральную вату, пенопласт, жидкую теплоизоляцию, становится все больше [1]. И, если толстослойная теплоизоляция известна уже давно, то жидкая теплоизоляция в тонких слоях требует дополнительных исследований. Эта группа строительных материалов относительно новая, оборудования и методик для ее изучения практически нет. Состав подобных материалов является композиционным и состоит из полых керамических или стеклянных микросфер и акриловой дисперсии. Эта комбинация делает материал легким с хорошей адгезией к наносимой поверхности. После нанесения на поверхность, сферы образуют сложный «лабиринт», который отражает до 80% теплового потока. После обработки внутренних или наружных стен и потолков уменьшается отток тепла, поглощение тепла ограждающей конструкцией. Это в свою очередь повышает комфорт в помещении приводит к снижению затрат на отопление зимой, а летом на кондиционирование. Данный материал является актуальным для современного развития строительной индустрии и требует дальнейшего изучения, разработки методик и оборудования для его изучения [2-4].

В ходе выполнения работы с помощью электронной микроскопии была исследована структура алюмосиликатных и стеклянных микросфер, которые выполняют основную теплоизоляционную функцию в таких составах. Полученные электронные снимки (рис. 1-4) показали, что внутренняя поверхность стеклянных и алюмосиликатных микросфер разделена на множество отдельных камер, что делает их эффективными в работе отражательной теплоизоляции.

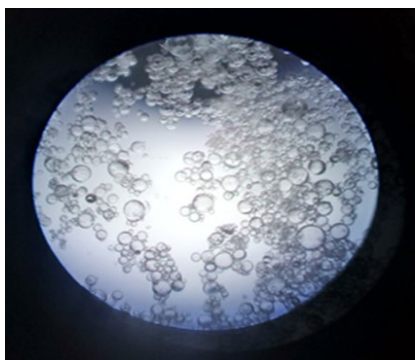


Рис. 1. Стекланные микросферы при увеличении 48х

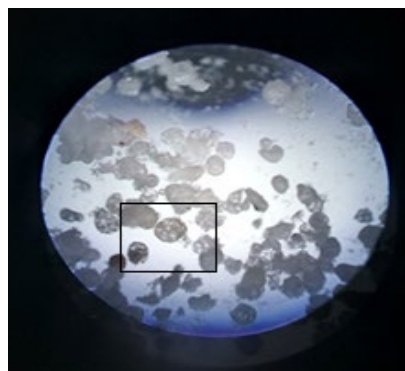


Рис. 2. Алюмосиликатные микросферы при увеличении 48х



Рис. 3. Алюмосиликатные микросферы с множеством внутренних перегородок при увеличении 144х

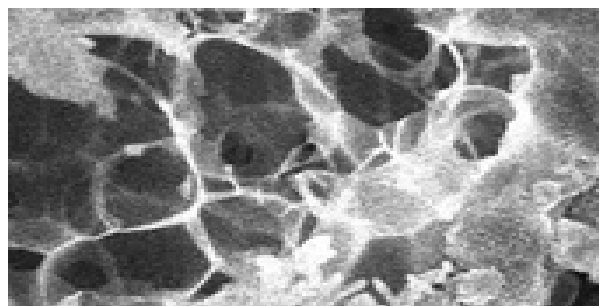


Рис. 4. Электронный снимок внутренней структуры стеклянной полый микросферы

Известно, что для эффективных материалов с зернистой структурой вклад межзерновой пористости и пористости самих зерен в общую пористость примерно одинаков. Именно к таким материалам можно отнести и стекланные алюмосиликатные микросферы, что делает их перспективными для получения теплоизоляционных материалов в тонких слоях [4,5].

Были проведены исследования по получению материалов и покрытий на основе полых микросфер, проведены измерения теплопроводности данного покрытия и рассчитана его эффективная излучательная способность. Расчеты показали, что сокращение термических потерь ограждающей конструкцией можно достичь использованием тонкослойных покрытий, содержащих полые микросферы.

- [1] Карапузов С.К. Утепления фасадов: Підручник / С.К. Карапузов, В.Г. Соха. – К.: Вища освіта, 2007. – 319 с.
- [2] Міфи про "космічні технології" або фантазії маркетологів [електронний ресурс] / Київ ООО «Производственное объединение микросферы» - Режим доступу: [www/URL:http://microspheres.com.ua/ru/stati/106](http://www.URL:http://microspheres.com.ua/ru/stati/106).
- [3] Микросферы зольные полые ТЕРМОДОН [електронний ресурс] / Борисполь, НПП «Спецматериалы» - Режим доступу: <http://www.endoterm.com.ua/product/mikrosfera.php>.
- [4] Плахотніков К.В., Бондаренко О.І., Деденьова О.Б. Можливість застосування теплоізоляційних матеріалів у тонких шарах в сучасному будівництві// Науковий вісник будівництва №3 (89) – Харків 2017 т.89, № 3, с.226-229.
- [5] Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions / O.I. Demina, A.A. Plugin, E.B. Dedenyova, D.O. Bondarenko, T.A. Kostuk // Functional Materials, 24, No.3 (2017), p. 415-419.

**ВДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ БЕТОННИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ МІСЦЕВОМУ СТИСНЕННІ**

**THE IMPROVED TECHNIQUE FOR CALCULATING THE CONCRETE
ELEMENTS STRENGTH UNDER LOCAL COMPRESSION**

*канд. техн. наук В.В. Погрібний, канд. техн. наук О.О. Довженко,
І.Г. Кузнєцова, Д.В. Усенко*

Полтавській національній технічній університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)

V.V. Pohribnyi, PhD, O.O. Dovzhenko PhD, I.G. Kuznietsova, D.V. Usenko

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)

У практиці будівництва зустрічаються випадки передачі на бетонні елементи великих зосереджених навантажень. В якості прикладу можна навести обпирання залізобетонних колон нахиленої колонади на оболонку та стіну басейну гіперболічної градирні, залізобетонних колон багатопверхових будинків або опор висячих стін на бетонні елементи різної висоти та конфігурації у плані, які входять до складу цокольної, підвальної або інших конструктивних частин будівель (споруд). При цьому виникає місцеве стиснення бетону в конструктивних елементах та ймовірність їх руйнування від зминання або продавлювання залежно від геометричних розмірів, які підпадають під прийняті у нормативних документах відповідні розрахункові схеми.

Згідно експериментальних досліджень основними факторами, які впливають на опір бетону зминанню, виступають відношення довжини вантажної площадки до висоти або довжини елемента, відношення сторін елемента, ексцентриситети прикладання навантаження, тертя по контакту між вантажною (опорною) площадкою і поверхнею елемента, клас та вид бетону.

Більшість методів розрахунку базуються на формулі Баушингера й її варіаціях, котрі оперують максимум двома – трьома значущими факторами, зокрема розрахунковою площею A_{c1} та опором бетону стискові f_{cd} .

На думку авторів слід перейти від емпіричних розрахункових залежностей на альтернативні, котрі враховують напружено-деформований стан та характерну кінематику руйнування елементів при зминанні.

Розглянуті та проаналізовані нормативні й авторські залежності для випадку місцевого центрального одностороннього стиснення в умовах об'ємного напруженого стану. Несуча здатність визначалася для варіанту обпирання колони на стіну підвалу із бетону класу за міцністю на стиск C20/25.

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що найбільша несуча здатність для розглядуваного випадку зминання отримана за методом, поданим у білоруських нормах, а найменша – американських та новозеландських (різниця значень несучої здатності складає 50%). Виконаний аналіз збіжності теоре-

тичної міцності з дослідною. Найкращі статистичні показники має нормативна методика України та Єврокод.

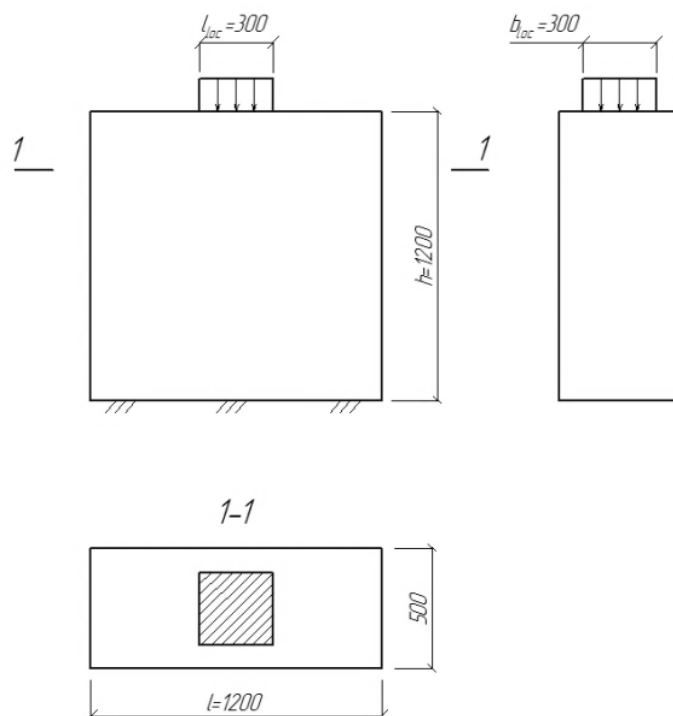


Рис. 1. Центральне одностороннє локальне стиснення бетонних елементів (в умовах об'ємного напруженого стану)

Серед авторських найбільш наближені до дослідів результати має залежність В.С. Jensen, при цьому максимальні значення для розглядуваного випадку змінання отримані за формулою В.А. Червонобаби, мінімальні – Б.М. Гладишева, і відрізняються вони більше ніж удвічі.

Для розрахунку міцності в якості альтернативи запропоновано варіаційний метод у теорії пластичності бетону, розроблений у Полтавському національному технічному університеті. Формула для визначення граничного навантаження базується на кінематиці руйнування, котра спостерігається в дослідах. У граничному стані суцільний бетонний елемент розділяється на три жорстких тіла: піраміду з основою, що дорівнює площадці навантаження, і дві половинки, виділені площиною розколювання та поверхнею ковзання. Піраміда рухається вниз зі швидкістю V_1 , а половинки зразка віддаляються по горизонталі з однаковими швидкостями V_2 і $-V_2$. Площина розколювання проходить через центр ваги зразка паралельно короткій бічній грані. На ній діють напруження, які приймаються рівними опору бетону розтягу f_{ctd} . Невідомими даної задачі є відношення швидкостей $k = V_1 / V_2$ і висота піраміди.

Розрахункова залежність враховує співвідношення розмірів площадки завантаження й елемента, обидві характеристики міцності бетону, сили тертя між опорною поверхнею та елементом і є доволі точною у випадку центрального змінання бетонних елементів коли ширина площадки навантаження менше ширини елемента, а також кубів при співвідношенні розмірів висоти елемента та площадки навантаження $h / l_{loc} \geq 4$. За інших геометричних параметрів кінематична схема змі-

нюється, що необхідно враховувати при виведенні формул для підрахування міцності варіаційним методом. Запропонована методика дозволяє розглянути всі можливі розрахункові схеми та визначити межі їх застосування.

УДК 691

МЕТОД РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ МОЖЛИВОСТІ ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬ УНАСЛІДОК ПОЖЕЖІ

CALCULATE METHOD FOR EVALUATION OF PROGRESSIVE COLLAPSE POSSIBILITY OF BUILDINGS UNDER FIRE INFLUENCE

*док. техн. наук С.В. Поздєєв, канд. техн. наук О.В. Некора, док. економ. наук
Т.М. Кришталь, канд. техн. наук С.О. Сідней, канд. техн. наук В.М. Зажома
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного універ-
ситету цивільного захисту України (м. Черкаси)*

*S.V. Pozdieiev, Dr.Sc., O.V. Nekora, PhD, T.M. Kryshstal, Dr. Sc. (Econ.),
S.O. Sidnei, PhD, V.M. Zazhoma, PhD
Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil
Protection of Ukraine*

Згідно із нормативною базою України, якщо будівля або споруда відноситься до об'єктів будівництва, що відповідають класу складності СС-3 тому згідно із вимогами ДБН В. 1.1-7 : 2016 [1] для даної будівлі має бути підтверджено, що прогресуюче руйнування будівлі внаслідок пожежі не відбувається. У той же час системою діючих стандартів не надається науково обґрунтованих методик щодо розрахункової оцінки можливості прогресуючого руйнування будівель та споруд під час пожежі, тому дослідження спрямовані на створення продуктивних та економічних розрахункових методик є актуальними.

У випадку описання роботи при пластичних деформаціях конструктивної системи перевірку стійкості щодо прогресуючого руйнування елементів, розташованих над локальними руйнуваннями, рекомендується проводити кінематичним методом теорії граничної рівноваги, що дає найбільш економічний розв'язок [2]. У цьому випадку для кожного з наперед прийнятих механізмів прогресуючого руйнування визначаються роботи внутрішніх сил (W) і зовнішніх навантажень (U) на можливих переміщеннях розглянутого механізму, на який перетворюється статична система. Умовою зберігання незмінності статичної системи при цьому є виконання нерівності

$$W \geq U. \quad (1)$$

Схема каркасу будівлі у аварійному стані допускає, що зруйнована колона видаляється повністю з ієрархії жорсткості будівлі, і не вважається частиною механізму, на який перетворюється будівля, із наявними пластичними шарні-

рами у ній. На рис 1 наведена типова схема утворення зони пластичної деформації у плитах [1 – 8].



Рис. 1. Лінія утворених пластичних деформацій що розглядаються як рухомі механічні в'язі (пластичні шарніри)

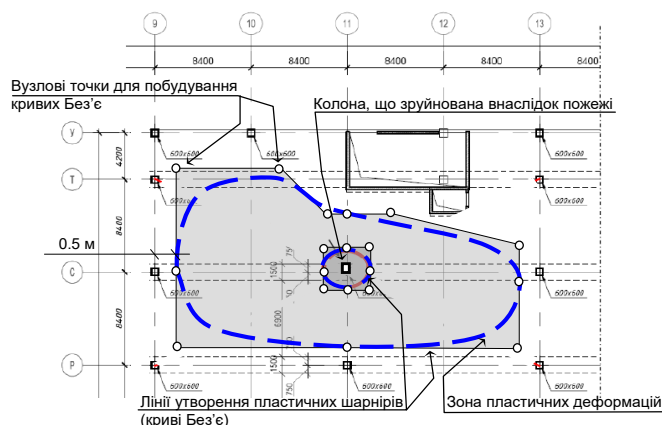


Рис. 2. Відтворення ліній утворених пластичних шарнірів за допомогою ліній Без'є

Для проведення розрахунку щодо визначення можливості прогресуючого руйнування будівлі внаслідок пожежі при застосуванні запропонованого методу мають бути виконані наступні процедури. Визначається одна або група колон (діафрагм) що вилучаються із схеми жорсткості будівлі як зруйновані внаслідок пожежі. Визначаються точки границі зони пластичних деформацій для першої та другої лінії пластичних шарнірів. Визначаються граничні моменти у плитах перекриттів за умов нормальних температур. Визначається положення точок через які мають пройти криві локальної пластичної деформації (лінії Без'є) і записуються вектори координат цих точок для параметричних функцій, що їх описують. Шляхом інтегрування визначаються можлива робота внутрішніх сил у кожній з частин, на які була розбита зона пластичних деформацій навколо видалених колон. Визначається сумарна можлива робота зовнішніх сил та перевіряється виконання умови (1) із подальшим висновком про можливість прогресуючого руйнування будівлі внаслідок пожежі.

Висновки. Запропоновано математичне описання роботи зовнішніх та внутрішніх сил на можливих переміщеннях кінематичної системи на, на яку перетворюється статична система будівлі у аварійному стані прогресуючого руйнування унаслідок пожежі, у результаті чого розроблений продуктивний та економічний метод розрахункової оцінки його можливості. Обґрунтований метод оцінки можливості прогресуючого руйнування на основі описання локальних зон пластичної деформації на основі кривих Без'є.

[1] Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. ДБН В.1.1-7 : 2016 [Чинний від 2017-06-01.]. – К.: «Укрархбудінформ», 2017. – 40 с – (Національний стандарт України).

[2] Ю. М. Стругацкий, Г.И. Шапиро. Безопасность московских жилых зданий массовых серий при чрезвычайных ситуациях. ПГС № 8, Стройиздат, М., 1998.

**МОДИФИКАЦИЯ ЗОНАЛЬНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ**

**IMPROVEMENT OF ZONE METHOD FOR STRUCTURAL FIRE DESIGN
OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

канд. техн. наук П.А. Резник

*Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А.Н. Бекетова (Харьков)*

P.A. Reznik, PhD

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

Зональный метод расчета железобетонных конструкций на огнестойкость используется для стандартного режима пожара и приведен в действующих украинских нормативных документах ДСТУ-НБ EN 1992-1-2:2012 [1], ДСТУ-НБ В.2.6-196:2014 [2] і ДСТУ-НБВ.2.6-197:2014 [3].

Зональный метод предполагает деление поперечного сечения конструкции на несколько ($n \geq 3$) параллельных зон одинаковой толщины. Для каждой зоны определяется средняя температура и соответствующие ей физико-механические характеристики бетона. Также устанавливаются физико-механические характеристики арматурных включений.

Распределение температуры по сечению конструкции определяется или по приведенным в нормативных документах значениям, или по результатам испытаний. В соответствии с указаниями поврежденную часть поперечного сечения во время пожара a_z исключают из состава расчетного сечения. После установления толщины поврежденной зоны, назначаются коэффициенты понижения прочности бетона для всех зон, и производится расчет. Работа [4] посвящена именно такому подходу к расчету железобетонных конструкций на огнестойкость. В данной статье предлагается усовершенствовать метод, разбивая все сечение на большое количество конечных элементов (КЭ), в каждом из которых бы определялись все физико-механические характеристики бетона и арматурного включения, если оно присутствует. Такой подход представляется более точным не только при несимметричных температурных воздействиях, но и при расчете железобетонных сечений сложной формы, разными видами армирования и применением в одном сечении разных классов бетона. На рис. 1 показаны распределение температуры по сечению колонны 400×400 мм, разбитой на 400 КЭ при стандартном режиме пожара через 90 и 120 мин.

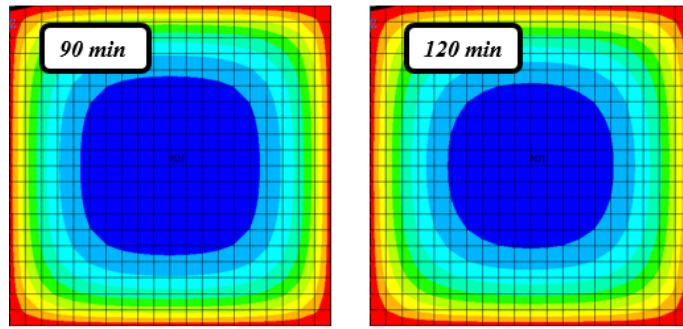


Рис. 1. Распределение температуры по сечению по режиму стандартного пожара через 90 и 120 мин

Нелинейный деформационный расчет проводится в соответствии с требованиями ДБН В.2.6-98:2009 [5] та ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [6] аналогично как для круглых сечений (рис. 2), но если там сечение делилось на большое количество горизонтальных полос, то тут в предложенном методе рассматриваются не полосы, а КЭ и задаются в каждый соответствующие значения характеристик материалов.

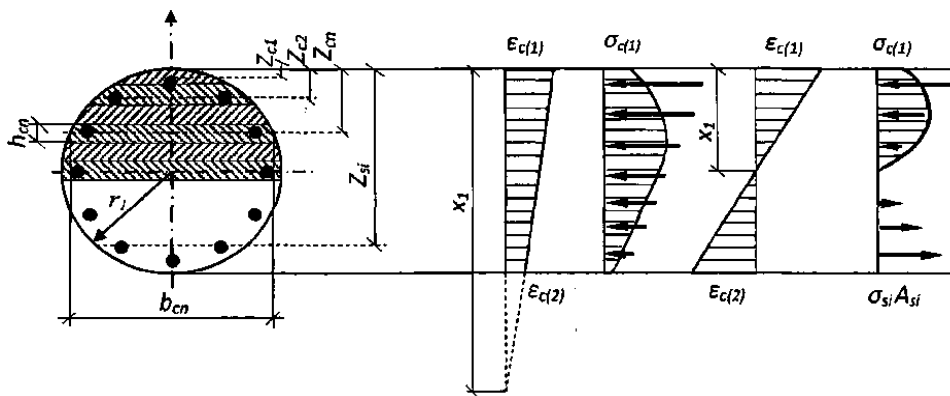


Рис 2. К оценке напряженно-деформированного состояния круглого сечения

Результаты расчетов, приведенные в статье для колонны сечением 400×400 мм и балки 200×400 мм выполнены на базе программ и рекомендаций пособия «Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009» [7].

- [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) – [Чинні 2013-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 140с. – (Національний стандарт України)
- [2] Настанова з проектування залізобетонних балок. Розрахунок на вогнестійкість: ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 – [Чинні 2015-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 47с. – (Національний стандарт України)
- [3] Настанова з проектування залізобетонних колон. Розрахунок на вогнестійкість: ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014 – [Чинні 2015-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 40с. – (Національний стандарт України)
- [4] Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2 [Текст] Практичний посібник / В.Г.Поклонський, О.А.Фесенко, В.Г.Тарасюк, Ю.І.Немчинов, Х.З.Байтала та ін.; —, Київ: ДП НДІБК Мінрегіон України, 2016 —89с.
- [5] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний 2011-06-01]. – К.:Мінрегіонбуд України,2011. – 73с. – (Державні будівельні норми України)
- [6] Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 – [Чинні 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118с. – (Національний стандарт України)
- [7] 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) [Текст] : навчальний посібник / В.М. Бабаєв , А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін.; за заг. Ред.. В.С. Шмуклера. — Харків: Золоті сторінки, 2015 -208 с.

ЩОДО ОЦІНКИ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ
TO EVALUATION OF BOND BETWEEN REINFORCEMENT
AND CONCRETE

О.В. Ромашко, канд. техн. наук В.М. Ромашко
Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

O.V. Romashko, PhD V.M. Romashko
National University of Water Management and Nature Recourses Use (Rivne)

Зчеплення арматури з бетоном завжди було та залишається і нині одним з найважливіших питань в теорії залізобетону. Разом із конструктивними заходами анкерування воно забезпечує сумісну роботу арматури і бетону в конструкціях, відображаючи сутність самого залізобетону, та набуває вкрай важливого значення у розрахунках залізобетонних елементів конструкцій за тріщиностійкістю.

Ранні дослідження за окресленою тематикою спрямовувалися переважно на оцінку міцності зчеплення арматури з бетоном, що було вкрай важливим для розрахунку анкерування арматурних стержнів. За критерії міцності зчеплення зазвичай приймалися:

- середні значення дотичних напружень зчеплення уздовж умовної циліндричної поверхні арматурного стержня в граничній стадії деформування;
- зусилля, що відповідають початку зсуву незавантаженого кінця стержня чи загальному руйнуванню зразка при висмикуванні арматури з бетону;
- коефіцієнт повноти епюри напружень, що виникають в стержні по довжині його закладання в бетоні від дії зовнішнього зусилля в граничній стадії деформування;
- максимальні (пікові) дотичні напруження зчеплення при критичному зміщенні арматури відносно бетону на діаграмі $\tau_b - s$.

І хоч кожному із наведених методів властиві свої певні недоліки, для них всіх одним спільним є обмеженість застосування перерахованих критеріїв зчеплення лише для граничної стадії деформування залізобетонних елементів.

Помітне розширення сучасних досліджень зчеплення арматури з бетоном значною мірою пов'язується з тріщиностійкістю залізобетонних елементів загалом та з рівнями утворення в них тріщин зокрема. За таких обставин виникає потреба в оцінці зчеплення арматури з бетоном не тільки в граничній, але й і в експлуатаційній стадіях деформування залізобетонних елементів. Переважна більшість дослідників подібну задачу пропонує розв'язувати за допомогою діаграми «дотичні напруження зчеплення – зміщення арматури відносно бетону». Однак опис зазначеної діаграми єдиною аналітичною функцією і досі залишається доволі проблематичним.

Відомі також спроби окремих дослідників оцінювати зчеплення арматури з бетоном за допомогою середніх дотичних напружень зчеплення уздовж цилінд-

ричної поверхні арматурного стержня на будь-якій стадії деформування залізобетонного елемента. Але спрощена лінійна функція, запропонована для обчислення зазначених напружень, викликає цілу низку застережень:

- за відсутності нормальних напружень в арматурному стержні, середні дотичні напруження зчеплення не дорівнюють нулю;
- залежність не здатна описати процеси зчеплення до утворення тріщин та після початку зсуву незавантаженого кінця арматурного стержня;
- функція є чисто емпіричною та не може відобразити сутності фізичних закономірностей зчеплення арматури з бетоном на проміжних стадіях деформування залізобетонного елемента.

Отже в теорії та практиці розрахунку залізобетонних елементів зчеплення арматури з бетоном пропонують оцінювати доволі складними математичними залежностями $\tau_b - s$, визначальні параметри яких необхідно встановлювати експериментальним шляхом. При цьому, у більшості випадків, не враховується ні вид арматури, ні геометричні характеристики її перерізу, ні вид бетону тощо. Крім того, запропоновані дослідниками моделі, теорії і закони, методи та способи оцінки зчеплення арматури з бетоном різняться між собою не тільки функціонально, але й формально. Обумовлено це як суб'єктивними, так і об'єктивними причинами, у тому числі, впливом великої кількості силових, деформаційних, конструктивних та технологічних факторів на закономірності зчеплення арматури з бетоном. Інакше кажучи, оцінка зчеплення арматури з бетоном із-за неминучого інтегрування залежності $\tau_b - s$ уздовж ділянки закладання арматурного стержня й надалі залишається доволі складною задачею навіть при використанні спеціального програмного забезпечення.

Безперечно, найбільш просто зусилля зчеплення можна визначити на будь-якій стадії деформування залізобетонного елемента, якщо буде відомий дійсний характер функції середніх дотичних напружень зчеплення арматури з бетоном $\tau_{bmi} = f(\sigma_{si})$, позбавленої вищеперерахованих недоліків.

Для встановлення характеру цієї функції були розглянуті та проаналізовані як схеми змін, так і особливості напруженого стану контактної поверхні бетону та арматурного стержня на стадіях їх взаємного деформування. Виходячи з рівноваги внутрішніх зусиль на ділянці активного зчеплення арматури з бетоном, отримана універсальна степенева залежність середніх дотичних напружень зчеплення $\tau_{bmi} = f(\sigma_{si})$. З метою її апробації була виконана статистична оцінка теоретичних значень зчеплення арматури з бетоном стосовно експериментальних даних вітчизняних та зарубіжних дослідників. Вона засвідчила правомірність використання отриманої залежності середніх дотичних напружень зчеплення $\tau_{bmi} = f(\sigma_{si})$ в практичних розрахунках.

Таким чином, виходячи з вищевикладеного, оцінку зчеплення арматури з бетоном в практичних розрахунках рекомендується виконувати за допомогою нелінійної функції середніх дотичних напружень зчеплення. Це дозволить не тільки уточнити, але й суттєво спростити розрахунок тріщиностійкості залізобетонних елементів навіть з урахуванням рівнів утворення тріщин.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ

COMPUTER MODELING OF HOUSEHOLD CONNECTIONS

д-р техн. наук О.В. Семко, канд. техн. наук Т.А. Дмитренко, канд. техн. наук А.О. Дмитренко, канд. техн. наук Т.М. Деркач, д-р техн. наук О.П. Воскобійник
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)

A.V. Semko, Dr.Sc., Prof., T.A. Dmytrenko, PhD, A.A. Dmytrenko, PhD, T.N. Derkach, PhD, O.P. Voskobiinyk, Dr.Sc.
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

У зонах з'єднаннях сталобетонної колони з монолітним безбалковим безкапітальним перекриттям важлива точність проведення розрахунку міцності монолітної плити від спільної дії зосередженої сили та зосередженого моменту [1,2].

Метою дослідження була розробка алгоритмів розрахунків розроблених і запатентованих конструктивних рішень з'єднання монолітного безбалкового перекриття зі сталезалізобетонною колоною і їх реалізація у вигляді комп'ютерної програми. Також розробка математичної моделі запропонованих конструктивних рішень для розрахунку методом скінчених елементів.

У процесі вирішення задачі було запроєктовано та запатентовано нові конструктивні рішення вузлів з'єднання сталезалізобетонних колон із монолітною залізобетонною безбалковою плитою [3]:

- конструкція вузла, в якому монолітне залізобетонне перекриття приєднується до сталезалізобетонної колони з використанням анкерних відгинів, які приварені до сталезалізобетонної колони (Патент на корисну модель № 41483, зареєстрований в Державному реєстрі патентів України 25.05.2009)
- конструкція вузла, в якому до стійки приварюються фасонки, які мають довжину рівну висоті стінки швелера з одного боку, з іншого – рівну довжині двох полицок швелера. Це забезпечує місцеву стійкість стінки швелера (Патент на корисну модель № 48566, зареєстрований в Державному реєстрі патентів України 25.03.2010).
- конструкція вузла, у колоні якого просвердлюють отвори для протягування арматури. Діаметр отворів на 3 мм більший за розмір арматури. Арматура розташовується в двох напрямках, причому одна вище іншої. (Патент на корисну модель № 59155, зареєстрований в Державному реєстрі патентів України 10.05.2011)

Для перевірки роботи вузла з'єднання монолітного залізобетонного безбалкового безкапітального перекриття зі сталезалізобетонною колоною на продавлення був вдосконалений алгоритм розрахунку за діючими нормами на підставі отриманої формули [4].

$$V_{Rd,s} \leq 1,125 \cdot f_{ctd} \cdot u \cdot h \sqrt{1,1 + 0,7 \rho}, \quad (1)$$

Також запропонований розрахунок вузла з'єднання на зріз вздовж тіла колони (за запропонованою методикою), який реалізований у вигляді комп'ютерної програми.

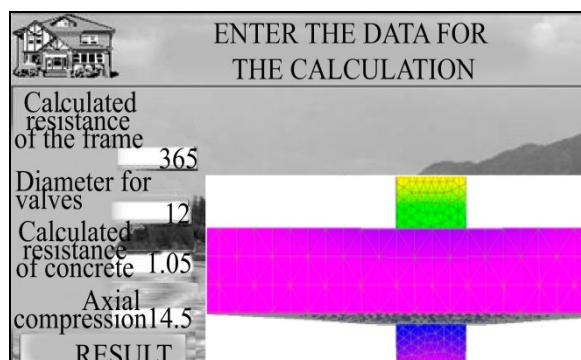


Рис. 1. Інтерфейс програми розрахунку вузла з'єднання на зріз вздовж тіла колони (за запропонованою методикою)

- [1] Eder M.A, Vollum R.L., Elghazouli A.Y., 2012. Performance of ductile RC flat slab to steel column connections under cyclic loading. *Engineering Structures*, No. 36, pp. 239 – 257.
- [2] Pisano A.A., Fuschi P., Domenico D.D., 2015. Numerical limit analysis of steel-reinforced concrete walls and slabs. *Computers & Structures*, No. 160, pp. 42–55.
- [3] Дмитренко Т.А. Компьютерное моделирование работы узлов соединения конструкций на срез при продавливании / Т.А. Дмитренко, А.О. Дмитренко, Т.М. Деркач // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2014. – С. 232–237.
- [4] Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – Сталь, 2011. – 710 с.

УДК 534.121.2

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ИЗГИБА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

TO THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF BENDING A CYLINDRICAL SHELL BY BOUNDARY ELEMENTS METHOD

д-р техн. наук Н. Г. Сурьянинов, д-р техн. наук Ю. С. Крутий
Одесская государственная академия строительства и архитектуры (г. Одесса)

N. G. Suryaninov, Dr.Sc., Yu. S. Krutii, Dr.Sc.
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)

Рассмотрим решение задачи об изгибе длинной цилиндрической оболочки в общем случае на основе полубезмоментной теории В.З. Власова [1, 2]. В соответствии с этой моделью оболочка состоит из бесчисленного множества поперечных изгибаемых элементарных полосок, связанных между собой системой стержней с шарнирными соединениями (рис. 1). Каждый такой стержень может передавать только нормальные N_1 и сдвигающие S усилия. Изгибающим моментом в продольном направлении, поперечной силой и крутящим моментом

можно пренебречь, поэтому вектор состояния такой оболочки \bar{P} представляется в виде

$$\bar{P}^T = \|W, W', M, Q, S, N, U, V\|. \quad (1)$$

С учетом сказанного упрощаются все уравнения общей теории оболочек [3], и в результате приходим к основному разрешающему уравнению задачи

$$\left(\frac{\partial^8}{\partial \theta^8} + 2 \frac{\partial^6}{\partial \theta^6} + \frac{\partial^4}{\partial \theta^4} \right) F + \frac{12R^2}{h^2} \frac{\partial^4 F}{\partial \beta^4} = 0, \quad (2)$$

где F — новая функция (аналог функции напряжений в теории пластинок), через которую выражаются все параметры состояния оболочки, θ — безразмерная координата:

$$\beta = x/R; \quad \theta = s/R. \quad (3)$$

Задача об изгибе цилиндрической оболочки является двумерной, а в численно-аналитическом методе граничных элементов пластины и оболочки рассматриваются в виде обобщенных одномерных модулей, поэтому к этому уравнению применили вариационный метод Канторовича-Власова, что позволило получить обыкновенное дифференциальное уравнение восьмого порядка.

Характеристическое уравнение для этого уравнения имеет вид

$$t^8 + 2t^6 + t^4 + k = 0, \quad (4)$$

где $k = \frac{12R^2 \lambda^4}{h^2}$.

Характеристическое уравнение (4) имеет 8 корней:

$$t_{1-4} = \pm \alpha_1 \pm i\beta_1; \quad t_{5-8} = \pm \alpha_2 \pm i\beta_2. \quad (5)$$

Функцию $Y(\theta)$ запишем в виде

$$Y(\theta) = C_1 \Phi_1 + C_2 \Phi_2 + C_3 \Phi_3 + C_4 \Phi_4 + C_5 \Phi_5 + C_6 \Phi_6 + C_7 \Phi_7 + C_8 \Phi_8, \quad (6)$$

где $\Phi_1 - \Phi_8$ — гиперболо-тригонометрические функции:

$$\begin{cases} \Phi_1 = ch\alpha_1 y \sin \beta_1 y; & \Phi_2 = ch\alpha_1 y \cos \beta_1 y; \\ \Phi_3 = sh\alpha_1 y \cos \beta_1 y; & \Phi_4 = sh\alpha_1 y \sin \beta_1 y; \\ \Phi_5 = ch\alpha_2 y \sin \beta_2 y; & \Phi_6 = ch\alpha_2 y \cos \beta_2 y; \\ \Phi_7 = sh\alpha_2 y \cos \beta_2 y; & \Phi_8 = sh\alpha_2 y \sin \beta_2 y. \end{cases} \quad (7)$$

Построены 64 выражения всех фундаментальных функций задачи, а также аналитическое выражение функции Грина, что позволяет построить вектор нагрузки (без каких-либо ограничений на характер ее приложения), а затем перейти к решению краевых задач изгиба длинных цилиндрических оболочек при различных граничных условиях.

[1] Власов В.З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике / В.З. Власов — М.-Л.: Гостехиздат, 1948. — 784 с.

[2] Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек / Н.В. Колкунов — М.: Высшая школа, 1972. — 296 с.

[3] Тимошенко С. П. Пластины и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. — М.: Наука. 1966. — 636 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА ЧЕРНОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИЕ ТЕРМОГРАФИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

INFLUENCE OF CHOICE OF COEFFICIENT OF BLACKNESS IN CONDUCTING THERMOGRAPHING OF BUILDINGS

д-р.техн.наук. А.П. Фалендиш, канд.техн.наук. О.В. Василенко, А.В. Онищенко, О.В. Клецакая, канд.техн.наук. Ян Дизо¹

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта (г. Харьков)

¹Университет Жилина, (г. Жилина)

Anatoliy Falendysh, Dr.Sc. Eng., PhD, Oleh Vasylenko PhD, Andrii Onyshchenko, Olha Kletska, Jan Dizo¹ PhD

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)

¹University of Zilina, (Zilina)

Инфракрасное (ИК) обследование зданий и сооружений относительно молодое направление в области оценки и выявления тепловых потерь и обнаружение скрытых недостатков. В настоящее время при проведение обработки термограмм возникает ряд сложностей с объяснением полученных значений температуры на поверхности ограждающих конструкций. Программы которые обрабатывают термограммы позволяют выделить отдельно каждый участок и назначить ему соответствующую степень черноты. Такой подход очень трудоёмкий как по времени так и по наличию соответствующего опыта у исследователя. Документ который регламентирует проведение ИК обследование на настоящий момент ДСТУ Б EN 13187:2011, в нем отсутствуют рекомендации по решению выше описанной проблемы. Коэффициент черноты исследуемых объектов определяется по справочным данным [1] которые предоставляет производитель ИК оборудования. Мировыми производителями таких систем исследования является фирмы «Fluke», «Testo» и при использовании данных систем ими предлагаются калибровочные таблицы значений ϵ [2,3].

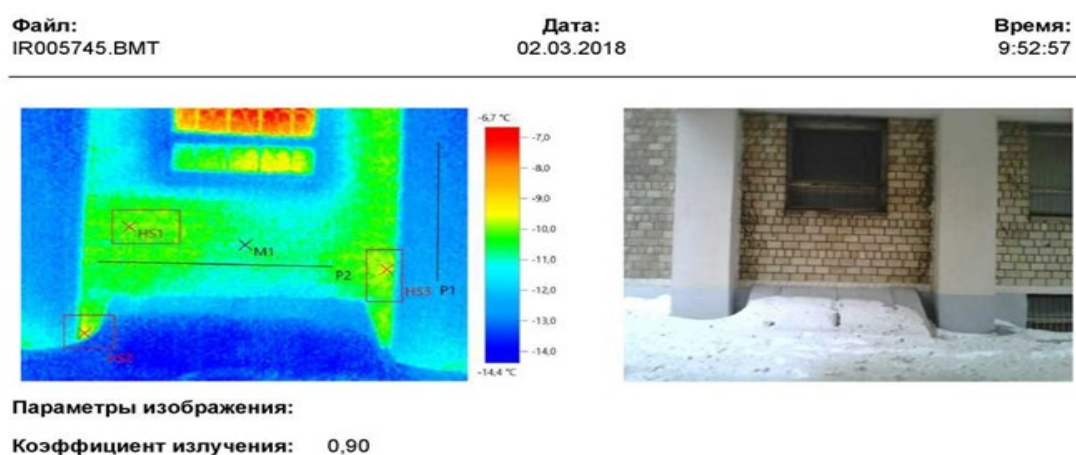
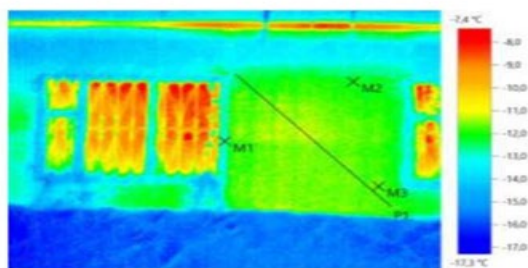


Рис.1. Здание из кирпичной кладки

Файл: IR006165.BMT
Тип объектива: 35° x 26°

Дата: 02.03.2018
Время: 11:43:53

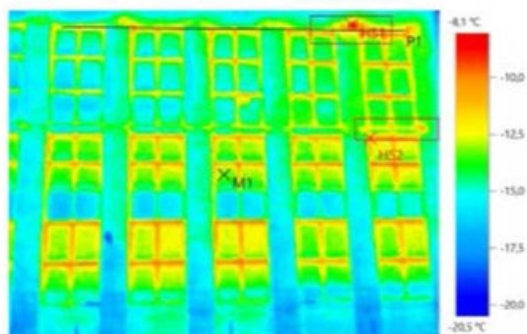


Параметры изображения:
Коэффициент излучения: 0,90

Рис.2. Здание сборное из «сендвич» панелей

Файл: IR005230.BMT
Тип объектива: 35° x 26°

Дата: 28.02.2018
Время: 12:06:47



Параметры изображения:
Коэффициент излучения: 0,90

Рис.3. Здание кирпичное с преобладанием свето-прозрачных конструкций

Если сравнить приведенные значения то можно отметить их отклонения между собой, что определяется прежде всего температурой исследуемой поверхности. С другой стороны при проведение исследовательских работ часто возникает вопрос правильного выбора значения ϵ , так как в большинстве случаев поверхности исследования являются не однородными по своим физическим параметрам как представлено на рисунках 1,2,3. Для решение данной проблемы предлагается использовать аппроксимирующую зависимость которая позволяет учесть не однородность поверхности её структуру и учесть влияние температурных факторов окружающей среды [4].

- [1] Казанцев Е.И. Справочное руководство для расчетов и проектирования. 2-е издание, дополненное и переработанное, 368 с. (1975)
- [2] Тепловизоры и детекторы утечки газа [Электронный ресурс] www.fluke.com/fluke/ruru/products/teplovidenie (дата обращения: 10.01.2018)
- [3] Testo 871 [Электронный ресурс] www.testo.kiev.ua/ru/testo-871.html (дата обращения: 10.01.2018)
- [4] Definition of the coefficient of blackness for inhomogeneous surfaces under conducting thermography / Olha Kletska, Anatoliy Falendysh, Oleh Vasylenko and Andrii Onyshchenko// MATEC Web of Conferences 178, 06015 (2018) IManE&E 2018 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817806015>

**ПОВНІ ДІАГРАМИ «НАПРУЖЕННЯ - ДЕФОРМАЦІЇ» СТАЛЕВИХ
ПРОКАТНИХ БАЛОК**

COMPLETE STRESS-STRAIN DIAGRAMS OF STEEL ROLLING BEAMS

*д-р техн. наук С.Л. Фомін, канд. техн. наук Ю.В. Бондаренко,
канд. техн. наук І.А. Плахотнікова, канд. техн. наук С.В. Бутенко,
канд. техн. наук К.В. Спиранде*
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

*S.L. Fomin, Dr.Sc., Y.V. Bondarenko, PhD, I.A. Plakhotnikova, PhD,
S.V. Butenko, PhD, K.V. Spirande, PhD*
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

Гаряча прокатка двотаврової балки ведеться на прокатних станах, які представляють собою довгі установки з великою кількістю обертових валків різного діаметра. Технологічний процес передбачає використання в якості заготовки товстих злитків або слябів, що мають суцільний переріз. У процесі прокатки злитки переміщуються по рольгангу і обробляються рядом валків, в результаті чого довжина заготовок сильно зростає, а поперечний переріз поступово зменшується і набуває форму двотавра. Діаграми «напруження - деформації» арматури приймаються за Єврокодом EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3 [1].

Для прокатних балок можна припустити, що різні частини отримують різні напруження стиснення і їх властивості можуть відрізнятися один від одного, тим більше при впливі підвищеної температури. Для перевірки цього припущення проведені експериментальні дослідження за допомогою нової розробленої нами запатентованої установки [2].

Стенд для випробування сталевих зразків, що включає металеву раму, пристосування для захоплення зразків, пристрої для створення, вимірювання динамічного навантаження і вимірювання деформацій, систему нагріву зразків, що відрізняється тим, що пристосування для захоплення зразків пов'язані з системою для створення дозованих переміщень, виконаної з черв'ячних механізмів переміщення зі штурвалами, встановлених на шарнірних опорах.

Стенд для випробування зразків працює наступним чином. Зразок закріплюють в цангових захопленнях, нагрівають до заданої температури електропечкою і за допомогою черв'ячних механізмів зі штурвалами, що утворюють систему дозованого переміщення, розтягують на задані переміщення без накопичення потенційної енергії в елементах установки. Значення деформації арматури вимірюють за допомогою екстензометра з тягами і індикаторами, величина зусилля фіксується динамометром. Це дозволяє отримати повну діаграму «напруження - деформація» зразків з низхідною гілкою при підвищених і високих температурах.

Випробування проведені на зразках, вирізаних з полок і стінки двотаврової балки - серії 2062 висотою $H = 200$ мм, шириною верхньої і нижньої полиць 100 мм, товщиною $T_f = 8.6$ мм, стінки завтовшки $T_b = 5.2$ мм, площа перерізу 27.7 мм, використаної при експериментальних дослідженнях фрагментів сталезалізобетонних конструкцій мостів при нагріванні.

Зразки показані на рис. 1, експериментальні діаграми «напруження - деформації» прокатних балок, приведені на рис. 2 – 4.

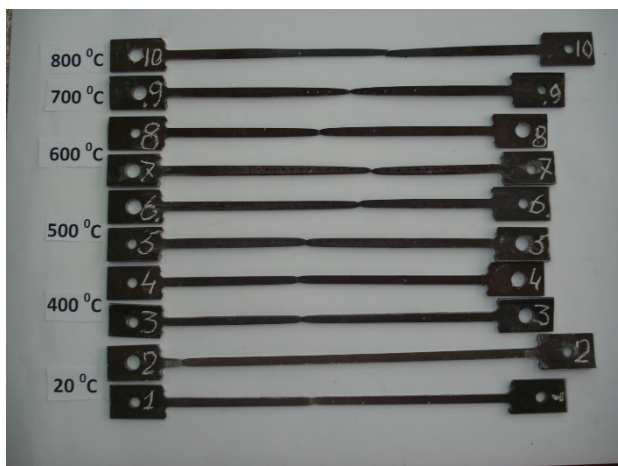


Рис. 1. Зразки вирізані зі стінки і полок двотаврової балки

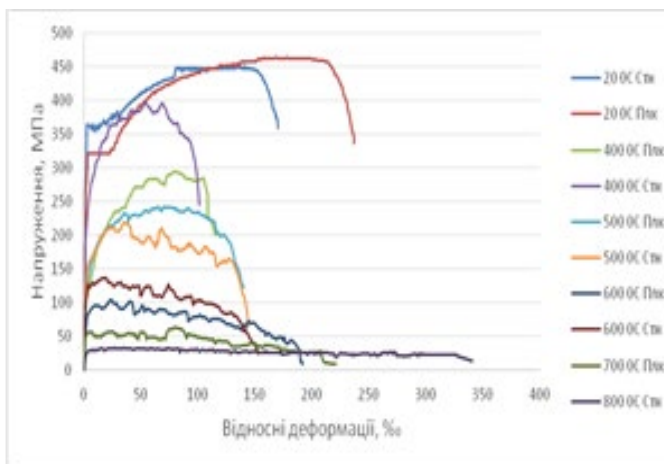


Рис. 2. Загальні діаграми «напруження - деформації» (для стінки і полок)

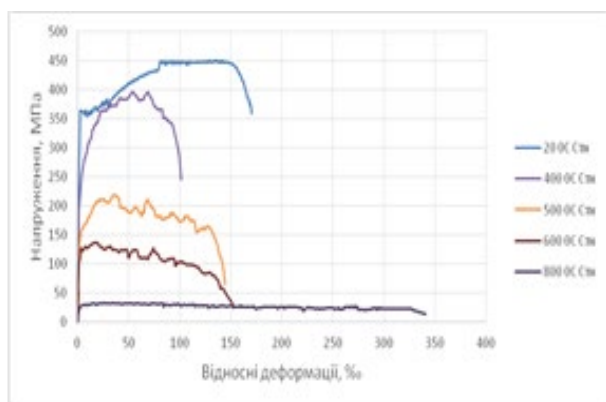


Рис. 3. Діаграми «напруження - деформації» для стінок прокатних балок

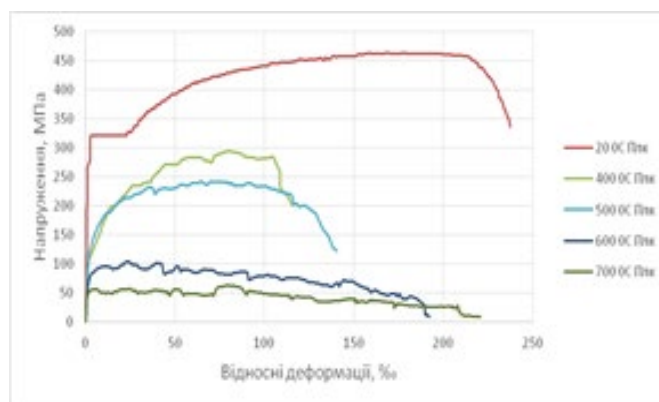


Рис. 4. Діаграми «напруження - деформації» для полок прокатних балок показують на різницю фізикопоказують

Дослідження вказують на суттєву різницю фізико-механічних характеристик сталі у стінках і полицях балок.

[1] Національний стандарт відповідає EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structure fire design з технічною поправкою EN 1993-1-2: 2005/AC:2009

[2] Патент на корисну модель № 120438. Стенд для випробування арматури. / Винахідники: Кравченко О. М. (UA), Фомін С.Л.(UA), Ізбаш Ю. М.(UA), Бутенко С. В). Власник: Державне підприємство «Державний інститут по проектуванню підприємств коксохімічної промисловості», ДП «ГИПРОКОКС», вул. Сумська, 60, м. Харків, 61002 (UA), Бюл. № 20, 25.10.2017

**РОЗРАХУНОК СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРЕКРИТТЯ
В БУДИНКАХ, СПОРУДАХ І ФРАГМЕНАХ ПРОЛЬОТІВ МОСТІВ**

**CALCULATION STEEL AND CONCRETE ELEMENTS COVERAGE IN
BUILDINGS, SPORTS AND FRAGMENTS OF FREIGHT BRIDGES**

*д-р техн. наук С.Л. Фомін, Ю.М. Ізбаш, канд. техн. наук С.В. Бутенко,
канд. техн. наук М.В. Якименко, канд. техн. наук Р.М.Шемет
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*S.L. Fomin, Dr. Sc., Y. Yzbash, S.V. Butenko, PhD,
M.V. Iakymenko, PhD, R.M. Shemet, PhD
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

В роботі [1] виявлені недоліки наведених в EN 1994-1-2: 2005 Eurocode 4 міцності і деформаційних властивостей бетону при підвищених температурах. Незважаючи на настільки істотні уточнення математичної моделі діаграми "напруження-деформації" бетону при стисненні і підвищених температурах проєктувальникам недостатньо інформації для повного розрахунку вогнестійкості конструкції.

Розрахунок елементів залізобетонних і сталезалізобетонних конструкцій складається з двох стадій. Перша стадія починається з визначення їх несучої здатності при нормальній температурі 20°C, тобто при використанні Єврокоду 2 EN 1992-1-1: 2005 за формулою (1):

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \quad (1)$$

У дослідженні [2] розроблена методика визначення критерію несучої здатності бетону $\varepsilon_{cu1,\theta}$ для розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій будівель, на основі якої уточнені наведені в Єврокодах EN 1992-1-2: 2004 і ENV 1992-1-2: 2005 Eurocod 2, дані про характеристики міцності і деформаційних властивостях бетону при підвищених температурах. Порівняння діаграми по ДБН В.2.6-98 при нормальній температурі (2) з аналогічною діаграмою стандарту [3] на висхідній гілці при $\varepsilon \leq \varepsilon_{c1,\theta}$ для діаграми за формулою (2) показує суттєве завищення значення $\varepsilon_{cu1,\theta=20^\circ} = 0,0200 = 20 \text{ ‰}$ (по ДБН В.2.6-98:2009 $\varepsilon_{cu1,ck} = 2.4 \dots 4.5 \text{ ‰}$ в залежності від класу бетону).

$$\sigma_{c,\theta} = f_{c,\theta} \left[3 \left(\frac{\varepsilon_{c,\theta}}{\varepsilon_{cu,\theta}} \right) / \left\{ 2 + \left(\frac{\varepsilon_{c,\theta}}{\varepsilon_{cu,\theta}} \right)^3 \right\} \right] \quad (2)$$

На рис.1 показана діаграма "напруження - деформації" бетону класу 30 по формулі (1) у порівнянні з формулою (2).

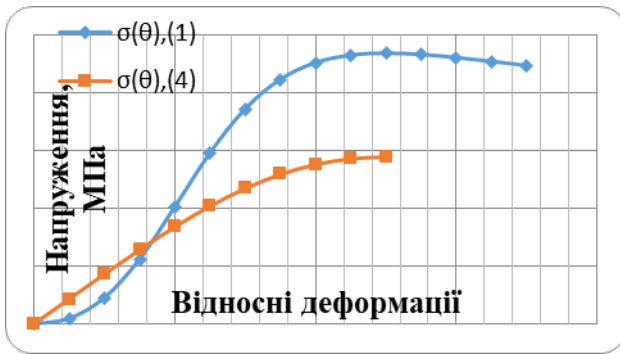


Рис. 1. Діаграми "напруження - деформації" бетону класу 30 при стиску і температурі 20°C за формулами (1) і (2)

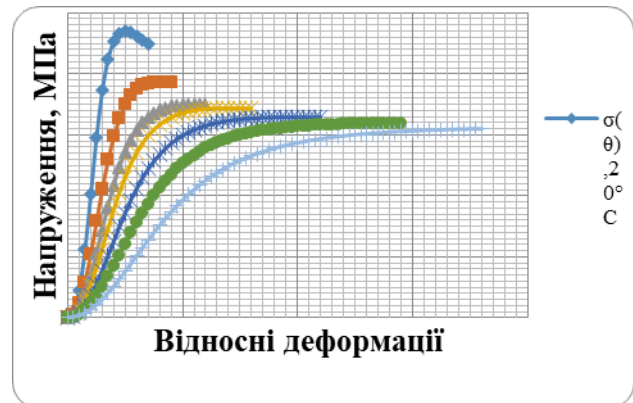


Рис. 2. Діаграми "напруження - деформації" бетону класу 30 при стиску і нагріванні за Єврокодом EN 1992-1-2:2004

Такий розрив діаграм відбувається через відсутність обліку класу бетону.

Тобто у проектувальників немає можливості продовжити розрахунок діаграм при різних температурах нагріву, бо їм запропоновано новий алгоритм з відсутністю класів бетону, критерію несучої здатності бетону $\varepsilon_{cu1,\theta}$ модуля пружності бетону E_{cm} , нові характеристики бетонів на силікатному і карбонатному заповнювачі та інше, основні результати проведених досліджень не узгоджені з базовим Єврокодом 2 EN 1992-1-1: 2005 [4]: Проектування залізобетонних конструкцій - Частина 1-1: Загальні норми і правила для споруд, що показано, наприклад, на зіставленні деформаційних діаграм при температурі 20°C та інших параметрів.

Проведена корекція в указаних таблицях і методика визначення $\varepsilon_{cu1,\theta}$ на підставі енергетичного підходу дозволила сформулювати скориговану залежність граничної деформації від температури, залежність максимальної деформації від температури, значення параметрів діаграми "напруження-деформація".

За цими даними за допомогою формули (1) розраховані діаграми "напруження - деформації" бетону класу 30 при стиску і нагріванні за Єврокодом EN 1992-1-2:2004 (рис. 2).

[1] Improvement of the mathematical model of the diagram of deformation of the compressed composite steel and concrete structures. Stanislav Fomin 1, Yuriy Izbash1, Iryna Plakhotnikova1, Serhii Butenko1, and Ruslan Shemet. MATEC Web of Conferences 116, 02013 (2017) DOI: 10.1051/mateconf/20171160201. Transbud-2017 © The Authors, published by EDP Sciences.

[2] Фомин С.Л., Давиденко А.И., Поклонский В.Г. Уточнение параметров диаграммы "напряжение-деформация" бетона при повышенных температурах // Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 46.- Одеса: ОДАБА, 2012. - С.360-367

[3] EN 1992-1-1:2005 Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций – Часть 1-1: Общие нормы и правила для сооружений

[4] ДСТУ-Н-П Б В.2.6-159:2010 Конструкції будинків і споруд. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. (EN 1994-1-2:2005, Eurocode 4. MOD).

**РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ МОСТОВОЇ
ОПОРИ (ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ)**

**RATIONALIZATION OF THE PARAMETERS OF THE CYLINDRICAL
BRIDGE SUPPORT (THEORETICAL BASIS)**

д.т.н. В.С.Шмуклер, к.т.н. О.О.Петрова, М.Т.Хаммуд
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова (Харків)

Valeriy Shmukler, Dr.Sc., Olena Petrova, PhD, Hammoud Mohammad
O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

Розглядається задача раціоналізації структури порожнистої циліндричної, залізобетонної стійки. Конструктивно дана стійка являє собою бетонний елемент трубчастого типу, укладений в сітчасту сталеву обойму. Товщина циліндра така, що виключається місцева втрата стійкості. У свою чергу, обойма ззовні підкріплена поперечними сталевими кільцями (шпангоутами), розташованими з кроком a_c . До торців елемента (бетонна частина) вісесиметрично прикладені постійні напруження інтенсивністю q . Рівнодіюча цих напружень дорівнює F (див. рис. 1).

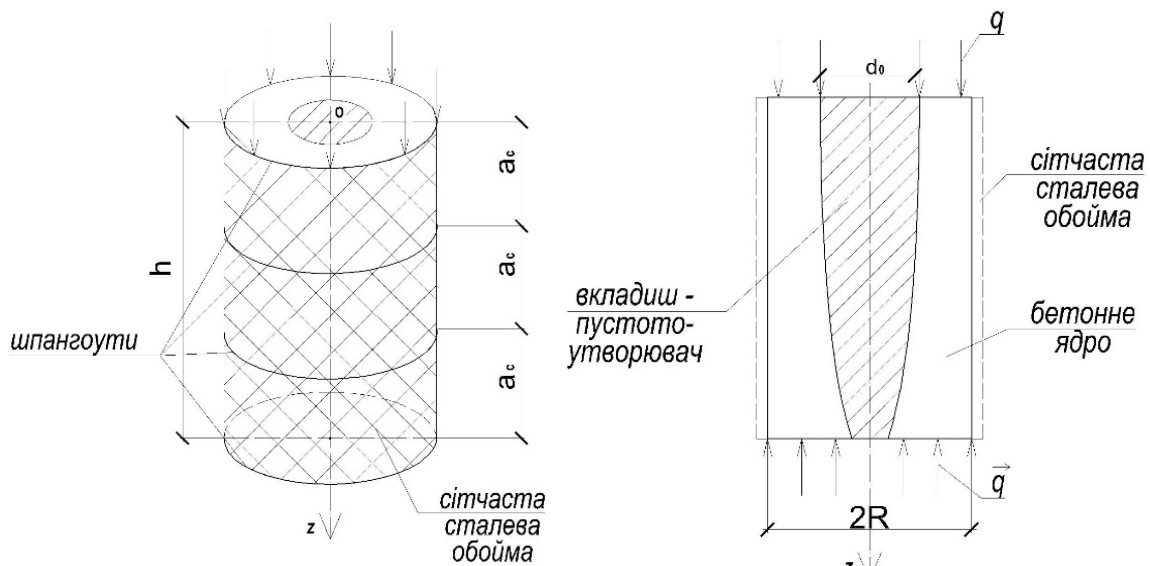


Рис. 1. Опора - бетонний елемент в сітчастій обоймі

Визначені контактні напруження між бетонним ядром та металевою обоймою, які, в свою чергу, залежать від атрибутів власне обойми та кроку шпангоутів. Введений критерій раціоналізації, що базується на мінімізації потенційної енергії деформації при обмеженні, що значення щільності енергії деформацій (ЩПЕД) в i -ій

точці менше нормованого значення. У свою чергу, ЩПЕД задається відповідно до критерію Г.В. Василькова - В.С. Шмуклера [1,2]:

$$e_{cu} = 0,5\chi_{\sigma}^2[(\chi_{\sigma} + 1)e_{cu} - (\chi_{\sigma} - 1)e_{tu}] + (1 - \chi_{\sigma}^2)e_{shu}, \quad (1)$$

Крім того, в рамках оговореної задачі також запропонований розвиток підходу при формуванні критерію граничного стану матеріалу, що по-різному опирається стиску, розтягу та зсуву (по типу бетонів). В основі підходу лежить уявлення діаграм матеріалу (прийнятих безпосередньо з експериментів) у вигляді полінома п'ятого ступеня.

$$\sigma_L = \alpha_1 \cdot \varepsilon_L + \alpha_2 \cdot \varepsilon_L^2 + \alpha_3 \cdot \varepsilon_L^3 + \alpha_4 \cdot \varepsilon_L^4 + \alpha_5 \cdot \varepsilon_L^5 \quad (2)$$

Коефіцієнти даного полінома виражені через загальноприйняті параметри напружено-деформованого стану, які, в свою чергу, можуть залежати від часу, температури і т.д. В якості критерію граничного стану прийнято граничне значення щільності енергії деформацій. При цьому, згадана щільність енергії деформації залежить від частинних її значень, підрахованих окремо для деформацій стиску, розтягу і зсуву. Крім того, критерій враховує характер напружено-деформованого стану шляхом введення в нього параметрів Лод-Надаї.

Похибка запропонованої апроксимації по відношенню до Eurocode 2 EN1992-2: 2005 становить 5% (рис. 2) [3].

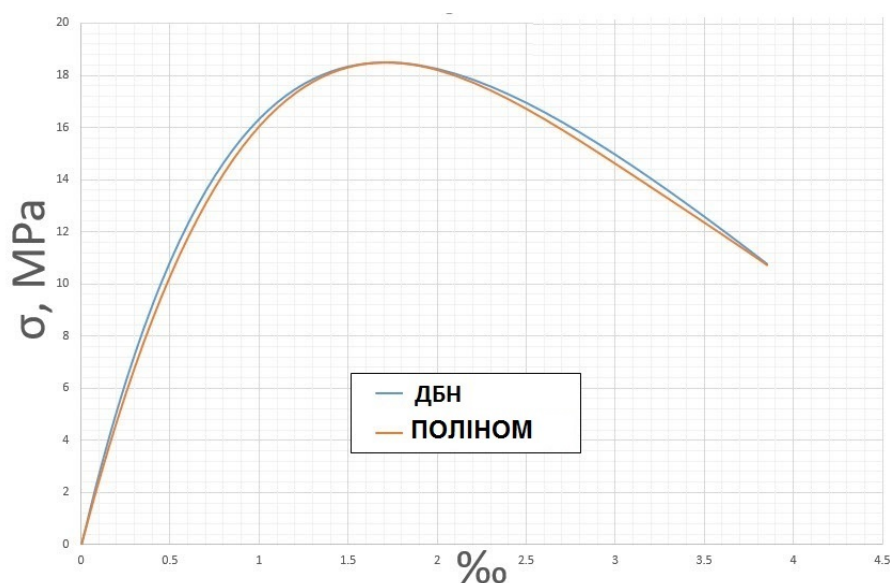


Рис. 2. Діаграми деформування бетонів (C20/25)

[1] Шмуклер В.С. Нові енергетичні принципи раціоналізації конструкцій. // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - Х. : 2017 - вип. 167 - стор. 54-70.

[2] Васильков Г.В. Еволюційна теорія життєвого циклу механічних систем. Теорія споруд. - М. : Вид. ЛКИ, 2008. - 320с.

[3] EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. – 227р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КУТА ЦЕГЛЯНОЇ СТІНИ ПРИ РОЗТАШУВАННІ ДОДАТКОВОГО УТЕПЛЕННЯ В ЦЕГЛІ

RESEARCH HEAT SHIELDING QUALITIES OF BRICK WALL ANGLE WHILE ADDITIONAL INSULATION LOCATED IN THE BRICK

*к.т.н. Юрін О.І., Азізова А.Г., к.т.н. Галінська Т.А.
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

*O.I. Yurin, PhD, A.H. Azizova, T.A. Galinska, PhD
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

Одним із напрямків економії теплової енергії, що йде на опалення будинків і споруд є вдосконалення теплових вузлів огорожувальних конструкцій. Одним з таких теплових вузлів є зовнішній кут зовнішніх огорожень.

В останній час варіанти утеплення зовнішнього кута цегляних стін розглядалися у роботах [1-3]. В статті [1] запропоноване конструктивне рішення при якому додаткове утеплення розташоване в поглибленні цегляної стіни із зовнішнього боку. В статті [2] розглядалися варіанти поглиблення по зовнішнім поверхням перерізів віконних та дверних отворів, зовнішніх стін в кутах та на рівні перекриття в яких розташовується додатковий шар утеплювача. В роботі [3] запропонований спосіб розташування термовкладишів в місцях спеціальних поглиблень стін з зовнішнього боку кутів. В публікаціях пропонується застосування суцільного шару додаткового шару утеплювача. Не розглядався варіант розділення додаткового утеплення на дві частини та зміщення його від кута у межах розрахункової схеми. Метою роботи було визначити оптимальне місце розташування та мінімально можливі розміри додаткового утеплення, розділеного на дві частини та зміщеного від кута зовнішньої цегляної стіни у межах розрахункової схеми. За критерій оптимальності був прийнятий мінімально необхідний об'єм додаткового утеплення, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

На рис. 1 наведені варіанти додаткового утеплення, що пропонуються.

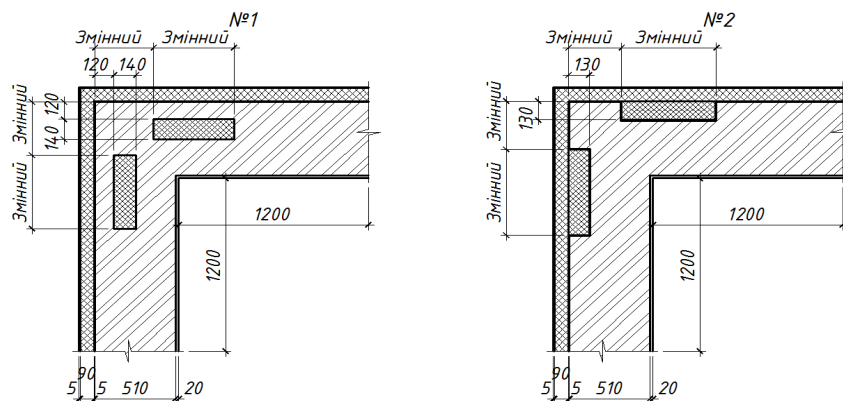


Рис. 1 Додаткове утеплення зовнішнього кута цегляної стіни, що пропонується
1 – в товщі цегляної кладки; 2 – в заглибленні з зовнішньої сторони

За варіантом №1 (рисунок 2) товщина додаткового утеплення приймалася від 140 мм (повне заповнення порожнини) до 30 мм. При цьому ширина порожнини в якій улаштовувалось додаткове утеплення залишалася постійною і дорівнювала 140 мм. Тобто при зменшенні товщини додаткового утеплення з'являвся замкнутий повітряний прошарок. Довжина утеплення приймалася такою, що забезпечує виконання вимог теплозахисту.

Дослідження показали, що найменший об'єм додаткового утеплювача при його товщині 30 мм без зміщення від кута. Довжина утеплювача, що забезпечує виконання умов теплозахисту складає 1500 мм (по всій довжині розрахункової схеми).

Змістити утеплювач від кута при його товщині 30 мм неможливо, так як для виконання першої вимоги теплозахисту недостатньо довжини розрахункової схеми. Ця схема дозволяє зменшити об'єм додаткового утеплення, у порівнянні зі схемою, з повним заповненням порожнини між шарами цегли, наведеною у [1-3] на 62 %. За схемою утеплення 2 (рисунок 1) найменший об'єм додаткового утеплювача спостерігається при його розташуванні по краю розрахункової схеми. Довжина додаткового утеплення 760 мм. Ця схема дозволяє зменшити об'єм додаткового утеплення, у порівнянні зі схемою з повним заповненням порожнини між шарами цегли, наведеною у [1-3] на 8 %.

Оптимальні варіанти додаткового утеплення наведені на рисунку 2.

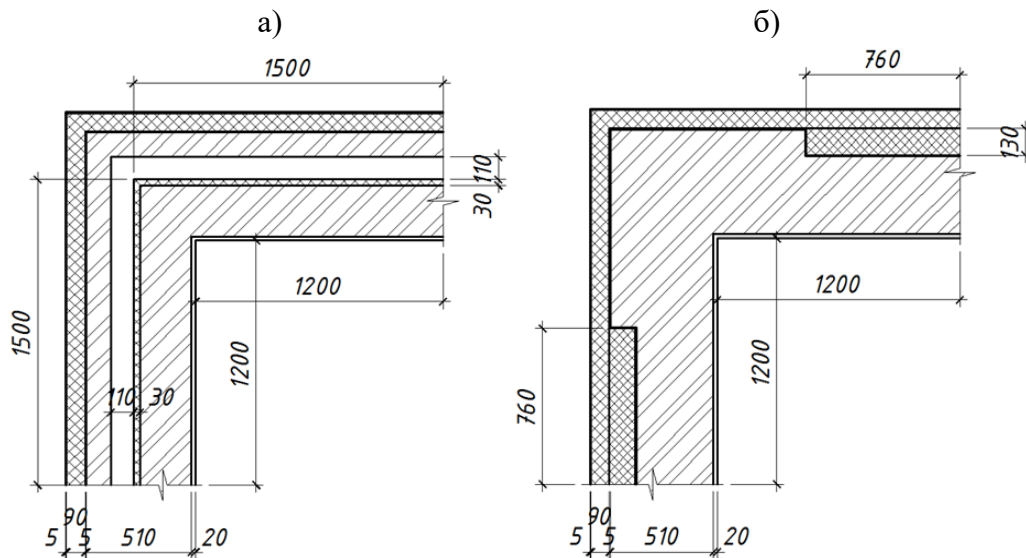


Рис. 2. Схема оптимального варіанту розташування утеплювача в куті за запропонованою схемою додаткового утеплення: а) №1; б) №2

[1] Пріщенко, А.М. Температурні показники кута з додатковим утепленням в поглибленнях із зовнішнього боку стіни [Текст] / Т.В. Жмихова, М.В. Тимофеев // Будівельні конструкції. –Київ : НДІБК, 2013. –Вип. №78Книга 2. –С. 599-604.

[2] Пріщенко А.М. Підвищення енергоефективності будинків за рахунок нових конструктивних рішень зовнішніх стін [Текст] / А.М. Пріщенко // Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». –К.: КНУБА, 2013. – Випуск 5. – С. 221-225.

[3] Вузлові з'єднання зовнішніх стін з підвищеними теплотехнічними показниками як засіб забезпечення енергоефективності будівель: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук / А.М. Пріщенко – Краматорськ., 2015 – 29 с.

ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГРАВІТАЦІЙНИХ СТОЯНІВ НА СКЕЛЬОВІЙ ТА НЕСКЕЛЬОВІЙ ОСНОВАХ ЗА КРИТЕРІЄМ СТІЙКОСТІ ПРОТИ ЗСУВУ НА ПРИКЛАДІ ГІДРОВУЗЛІВ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ

Канд. техн. наук А.О. Мозговий

Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

PROBABILISTIC RELIABILITY ASSESSMENT OF GRAVITY ABUTMENTS ON ROCK AND NON-ROCK FOUNDATIONS BY THE CRITERIA OF STABILITY AGAINST DISPLACEMENT OF THE GRAVITY ABUTMENTS ON THE EXAMPLE OF HYDRO SCHEMES OF THE DNIEPER CASCADE

A.O. Mozgovyy, PhD (Tech.)

Kharkiv National University of Construction and Architecture (Kharkiv)

Оцінка безпеки і надійності сучасних гідротехнічних споруд під час їх розрахунку і проектування на основі імовірнісних методів регламентована ДБН В.2.4–3:2010 [1] та ДБН В.1.2–14–2009 [2], а також досить поширена у закордонних нормах [3–4]. Гравітаційні стояни на скельовій і нескельовій основах є достатньо поширеними серед спеціальних типів споруд гідровузлів як в Україні, так і у світі.

Не розв'язаною раніше частиною проблеми є те, що існуючі методи оцінки надійності гідротехнічних споруд, зокрема, гравітаційних стоянів на скельовій і нескельовій основах не ураховують певні кореляційні залежності [5], які існують між природними факторами: гідрологічний і льодовий режими, температурні впливи, котрі є визначальними при оцінці надійності каскадів гідровузлів [6–8].

Перевірка надійності гравітаційних стоянів за критерієм стійкості проти зсуву за детерміністичною методикою виконується для основного і особливого сполучення навантажень. Розглядаються такі навантаження і впливи: власна вага споруди, силовий вплив води з боку верхнього і нижнього б'єфів, гідростатичний тиск і тиск води з боку обернених засипок, силовий вплив води що фільтрується, температурні впливи, власна вага і тиск ґрунту обернених засипок, сейсмічні впливи.

Отримано такі значення нормативних коефіцієнтів запасу стійкості при різних розрахункових випадках: стояни Кременчуцького, Каховського гідровузлів: для основного сполучення навантажень $k_n = 1,14$; для особливого сполучення навантажень $k_n = 1,02$; стояни Київського, Канівського, Дніпродзержинського гідровузлів: для основного сполучення навантажень $k_n = 1,09$; для особливого сполучення навантажень $k_n = 0,98$.

За детерміністичною методикою на основі методу граничних станів отримано значення розрахункових коефіцієнтів запасу стійкості при різних розрахункових випадках: стоян Київського гідровузла: для основного сполучення навантажень (осн. с. н.) $k_c = 1.48$ (коефіцієнт запасу стійкості проти зсуву), для особливого сполучення навантажень (особ. с. н.) $k_c = 1.55$; стоян Канівського гідровузла: для осн. с. н. $k_c = 1.44$, для особ. с. н. $k_c = 1.49$; стоян Кременчуцького гідровузла: для осн. с. н. $k_c = 1.53$; для особ. с. н. $k_c = 1.41$; стоян Дніпродзержинського гідровузла: для осн. с. н. $k_c = 1.56$, для особ. с. н. $k_c = 1.39$; стоян Каховського гідровузла: для осн. с. н. $k_c = 1.54$; для особ. с. н. $k_c = 1.47$. Розрахункові коефіцієнти запасу стійкості на зсув не перевищують нормативних, тому отримані результати свідчать, що за детерміністичною методикою стійкість стоянів на зсув забезпечена.

Результати оцінки імовірності настання граничного стану гравітаційних стоянів на скельовій і нескельовій основах гідровузлів Дніпровського каскаду свідчать, що розрахункові значення щорічної імовірності настання граничного стану стоянів, рік^{-1} не перевищують допустимих величин, а саме:

— стоян Київського гідровузла: розрахункове значення щорічної імовірності настання граничного стану $2,0 \times 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$, (допустиме значення імовірності настання граничного стану $5 \times 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$);

— стоян Канівського гідровузла: $1,05 \times 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$, ($5 \times 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$);

— стоян Кременчуцького гідровузла: $6,80 \times 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$, ($5 \times 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$);

— стоян Дніпродзержинського гідровузла: $8,0 \times 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$, ($5 \times 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$);

— стоян Каховського гідровузла: $2,76 \times 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$, ($5 \times 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$).

Результати можуть застосовуватись при імовірносних розрахунках надійності гідротехнічних споруд і каскадів гідровузлів.

[1] Гідротехнічні споруди. Основні положення: ДБН В.2.4-3:2010. — [Чинний від 2011-01-01]. — К.: ДП "Укрархбудінформ", 2010. — 37 с. — (Державні будівельні норми України).

[2] Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. — [Чинний від 2009-12-01]. — К.: ДП "Укрархбудінформ", 2009. — 30 с. — (Державні будівельні норми України).

[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 [Text] : Handbook 2. — Prague, 2005. — 254p. — (Reliability backgrounds).

[4] Probabilistic model code [Text]. Part 1 – Basis of design. JCSS working materials : [Електронний ресурс] // JCSS. — 2000. — 62 p. — Режим доступу : <http://www.jcss.ethz.ch>

[5] Мозговий А.О. Дослідження кореляційної залежності максимальних витрат р. Дніпро за статистичними даними спостережень у створах гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] // Науковий вісник будівництва, вип.65. Харків: ХДТУБА, 2011. — С. 364 — 370.

[6] Мозговий А.О. Імовірнісна оцінка надійності шлюзів на нескельовій основі за критеріями міцності і стійкості проти зсуву камер шлюзів на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] / А. О. Мозговий // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. — 2016. — Вип. 165. — С. 99 – 109.

[7] Мозговий А. О. Імовірнісна оцінка ризику втрати стійкості проти зсуву будівель гідроелектростанцій за критерієм втрати стійкості проти зсуву на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] / А. О. Мозговий // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. — 2017. — Вип. 167. — С. 102–114.

[8] Мозговий А. О. Імовірнісна оцінка надійності шлюзів на скельовій основі за критеріями стійкості проти зсуву, перекидання і спливання камер шлюзів на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] / А. О. Мозговий // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. — 2017. — Вип. 174. — С. 70–80.

**ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГРЕБЛІ ІЗ ГРУНТОВИХ
МАТЕРІАЛІВ ГІДРОВУЗЛА NAM CHIEN У В'ЄТНАМІ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ МОНТЕ–КАРЛО**

**PROBABLE RELIABILITY PREDICTION OF THE DAM CONSTRUCTED
BY GROUND MATERIALS OF THE HYDRAULIC POWER SYSTEM NAM
CHIEN IN VIETNAM USING MONTE–CARLO METHOD**

*Канд. техн. наук А.О. Мозговий, канд. техн. наук С.В. Бутнік
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*A.O. Mozgovyy PhD (Tech.), S.V. Butnik PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Construction and Architecture (Kharkiv)*

Проектування і розрахунків сучасних гідротехнічних споруд на основі імовірнісних методів регламентується сучасними вітчизняними нормативними документами [1–2], а також відображено у вітчизняних [3–6] і закордонних [7–9] публікаціях. Тому удосконалення алгоритмів оцінки імовірності надійності гребель із ґрунтових матеріалів є актуальною задачею.

Об'єктом дослідження є імовірнісна методика оцінки надійності греблі із ґрунтових матеріалів. Предметом дослідження є гребля із ґрунтових матеріалів гідровузла Nam Chien у республіці В'єтнам.

Для імовірнісного розрахунку було розглянуто конструкцію кам'яно-земляної греблі на струмку Chien. Кам'яно-земляна гребля запроектована однорідною з ядром із глинистих ґрунтів із кріпленням верхового укосу залізобетонними плитами завтовшки 0,5 м на шарі щебеню товщиною 0,4 м. Для підвищення стійкості верхового укосу за умови спрацювання водосховища у верховій зоні передбачено улаштування дренажних горизонтальних прошарків із щебеню. Закладення верхового укосу становить 1:1,1. З боку низового укосу виконується одерновка з рослинного ґрунту. Закладення низового укосу становить 1:1,2.

Аналіз досліджень в цьому напрямку свідчить, що для виконання розрахунків по оцінці ймовірності переливу води через гребінь греблі найбільш ефективним є метод Монте–Карло (статистичних випробувань).

Згідно із програмою чисельного експерименту проводилась запланована кількість статистичних випробувань. Кількість статистичних випробувань, при яких умова (1) не виконувалась, віднесена до їх загальної кількості визначала імовірність ризику переливу води через гребінь греблі.

$$Z_f < Z_{ГГ}. \quad (1)$$

де Z_f – позначка рівня води перед греблею,

$Z_{ГГ}$ – позначка гребня греблі із ґрунтових матеріалів.

Результати імовірнісних розрахунків кам'яно-земляної греблі Nam Chien наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати імовірнісних розрахунків кам'яно-земляної греблі за критерієм переливу води через гребінь греблі

Клас споруди	Кількість статистичних випробувань	Розрахункове значення імовірності переливу води через гребінь, рік ⁻¹	Довірчий інтервал, рік ⁻¹	Допустиме значення імовірності переливу води через гребінь, рік ⁻¹
Кам'яно-земляна гребля гідровузла Nam Chien				
ССЗ	1×10 ⁶	2×10 ⁻⁵	1,88×10 ⁻⁵ – 2,13×10 ⁻⁵	5×10 ⁻⁵

За результатами імовірнісної оцінки греблі гідровузла Nam Chien можна зробити висновок, що імовірність переливу води через гребінь греблі $p_{\text{розрах.}} = 2 \times 10^{-5}$ не перевищує допустимого значення $p_{\text{доп.}} = 5 \times 10^{-5}$, а надійність кам'яно-земляної греблі забезпечена.

- [1] Гідротехнічні споруди. Основні положення: ДБН В.2.4-3:2010. — [Чинний від 2011-01-01]. — К.: ДП "Укравхбудінформ", 2010. — 37 с. — (Державні будівельні норми України).
- [2] Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. — [Чинний від 2009-12-01]. — К.: ДП "Укравхбудінформ", 2009. — 30 с. — (Державні будівельні норми України).
- [3] Мозговий А.О. Дослідження кореляційної залежності максимальних витрат р. Дніпро за статистичними даними спостережень у створах гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] // Науковий вісник будівництва, вип.65. Харків: ХДТУБА, 2011. — С. 364 — 370.
- [4] Мозговий А.О. Імовірнісна оцінка надійності шлюзів на нескельовій основі за критеріями міцності і стійкості проти зсуву камер шлюзів на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] / А. О. Мозговий // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. — 2016. — Вип. 165. — С. 99 – 109.
- [5] Мозговий А. О. Імовірнісна оцінка ризику втрати стійкості проти зсуву будівель гідроелектростанцій за критерієм втрати стійкості проти зсуву на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] / А. О. Мозговий // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. — 2017. — Вип. 167. — С. 102–114.
- [6] Мозговий А. О. Імовірнісна оцінка надійності шлюзів на скельовій основі за критеріями стійкості проти зсуву, перекидання і спливання камер шлюзів на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду [Текст] / А. О. Мозговий // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. — 2017. — Вип. 174. — С. 70–80.
- [7] Probabilistic model code [Text]. Part 1 - Basis of design. JCSS working materials : [Електронний ресурс] // JCSS. — 2000. — 62 р. — Режим доступу : <http://www.jcss.ethz.ch>, ISBN 978-3-909386-79-6.
- [8] Arunraj N.S., Mandal S., Maiti J. Modeling uncertainty in risk assessment: An integrated approach with fuzzy set theory and Monte Carlo simulation [Text] / N.S. Arunraj, S. Mandal, J. Maiti / Accident Analysis & Prevention. — 2013. — Vol. 55. — P. 242-255.
- [9] Methodology for estimating the probability of failure by sliding in concrete gravity dams in the context of risk analysis [Text] / L. Altarejos-García, I. Escuder-Bueno, A. Serrano-Lombillo [and others] // Structural Safety. — 2012. — Vol. 36–37. — P. 1-13.

Секція
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАХИСТ І РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЙ
ТА СПОРУД

УДК 691.32

ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ТА ЗРІЛОСТІ БЕТОНУ,
ЩО ТВЕРДІЄ

PREDICTING THE STRENGTH AND MATURITY OF HARDENING
CONCRETE

*інж. І.М. Белух, д-р техн. наук В. П. Сопов,
канд. техн. наук Л.М. Буцька, канд. техн. наук Л.О. Першина,
канд. техн. наук О.В. Макаренко*
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

*I.M. Belykh, eng., V.P. Sopov, Dr. Sc. (Tech.),
L.M. Butska, PhD (Tech.), L.O. Pershina, PhD (Tech.),
O.V. Makarenko, PhD (Tech.)*
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

Контроль температури в залізобетонній конструкції, що твердіє, є одним з основних заходів забезпечення тріщиностійкості бетону [1-4].

При прогнозуванні зростання міцності і зрілості бетону, що твердіє, необхідно враховувати роль температурного чинника.

Врахування температурного чинника вимагає забезпечення на початковій стадії твердіння бетону низьких позитивних температур і низької швидкості розігріву бетону. При цьому рівень максимального розігріву бетону буде залежати не тільки від екзотермії цементу, а й амплітуди коливань температури навколишнього середовища.

Проаналізовано вклад в тріщиноутворення бетону різних типів цементів (згідно ДСТУ БВ.2.7-46:2010) з точки зору тепловиділення при їх гідратації (рис. 1).

Наведено результати оцінки впливу температури навколишнього середовища на процеси твердіння бетону в конструкціях.

Установлено вплив геометричних розмірів конструкції, що бетонується, на характер розподілу температури та її величину.

Одним із ефективних способів зниження температури бетону, що твердіє, є введення до складу бетону хімічних та мінеральних добавок [5-6]. Досліджено вплив золи-винесення, шлаку та хімічних добавок-пластифікаторів на характер тепловиділення при гідратації цементу в бетоні.

Проаналізовано існуючі моделі для прогнозування характеру набору міцності та зрілості бетону на основі даних о тепловиділенні при гідратації цементу в бетонних конструкціях. Показано недостатність тільки лабораторних досліджень щодо оцінки характеру тепловиділення. Для ефективного прогнозування фізико-механічних властивостей необхідно проведення температурно-часового моніторингу під час твердіння бетону в конструкції для урахування впливу зовнішніх факторів.

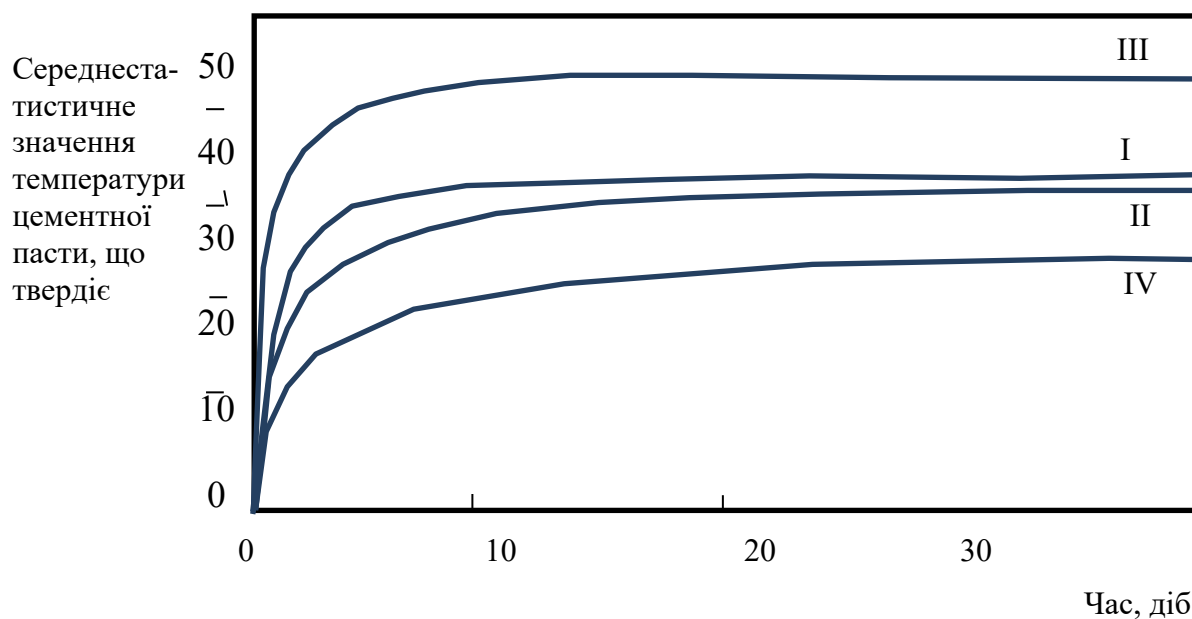


Рис. 1. Середньостатистичне значення температури цементних паст, що твердіють: I, II, III, IV – типи цементів згідно ДСТУ

Запропоновано підхід щодо забезпечення ефективного прогнозу фізико-механічних властивостей монолітного бетону на основі аналізу, систематизації і розвитку положень фізико-хімічної механіки, механіки деформування і руйнування, теорії тепло- і масопереносу.

- [1] Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures, ACI 209R-92 (Reapproved 1997), Report of Committee 209, Manual of Concrete Practice, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- [2] Солодкий С.Й. Роль фактору складу у підвищенні тріщиностійкості бетонів за критеріями механіки руйнування (огляд) // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. - 2007. - № 600. - С. 282-288.
- [3] Hintzen, W.: Zum Verhalten des jungen Betons unter zentrischem Zwang beim Abfließen der Hydratationswärme. Dissertation RWTH Aachen (1998); ebenso Schriftenreihe der Zementindustrie, H. 59 (1998).
- [4] Yang, S.: Herabsetzung der Rissbildung von Beckenkronen durch Vorspannung. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1997.
- [5] Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона: Избранные труды. Харьков: Факт, 2002. – 183 с.
- [6] Wang, A.; Zhang, C.; Sun, W.: Flyash effects, II. The active effect of fly ash. Z. Cement and Concrete Research. (2004), Nr. 34, S. 2057-2060.

**ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ И
АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

**SURFACE-ACTIVE PROPERTIES OF SILICATE AND
ALUMINOSILICATE SURFACES**

*канд. техн. наук Д.А. Бондаренко, канд. техн. наук И.А. Плахотникова,
канд. техн. наук М.Г. Салия, канд. техн. наук О.И. Демина,
канд. техн. наук А.И. Бондаренко*

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)

*D.A. Bondarenko, PhD (Tech.), I.A. Plakhotnikova, PhD (Tech.),
M.G. Saliia, PhD (Tech.), O. I. Demina, PhD (Tech.),
A.I. Bondarenko, PhD (Tech.)*

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

Алюмосиликатные микросферы как коммерческий продукт обладают высоким потенциалом, но они слабо распространены на рынке, а их реальные свойства и характеристики знают лишь некоторые потребители. По приблизительным подсчетам, стоимость таких микросфер в десять и более раз ниже, чем у стеклянных полых микросфер, получаемых промышленными методами [1, 2].

В работе были исследованы поверхностные свойства и эффективность применения стеклянных и алюмосиликатных полых микросфер в цементных составах.

Выдержка их в цементной вытяжке при $pH=12$ на протяжении 28 суток показала, что поверхность микросфер осталась неизменной, то есть щелочная среда не влияет на целостность их структуры.

Адсорбционные свойства силикатных и алюмосиликатных структур в цементном композите во многом определяются их центрами адсорбции, которые соотносятся также со знаком поверхностного заряда [3]. Для уплотнения межзернового пространства цементных композитов необходимо создать баланс частиц с противоположным знаком заряда поверхности. Предыдущими исследованиями [3,4] было показано, что на силикатных подложках стеклянной микроарматуры в цементном камне формируются кристаллогидраты с положительным поверхностным зарядом: гидроалюминаты и карбонат кальция (рис. 1).

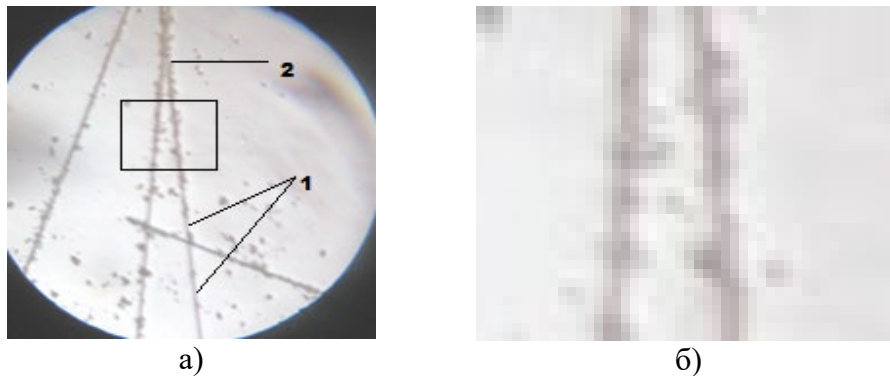


Рис. 1. Формирование кристаллогидратов с положительным поверхностным зарядом на силикатной поверхности стеклянной микрофибры: 1 – стеклянная микрофибра (увеличение 96х), 2 – обрастание кристаллогидратами стеклянной микрофибры

Наличие кислотных и основных центров, а также воды на поверхности алюмосиликатных микросфер также определяет их активность при гидратации. Проведенные в работе исследования по определению центров адсорбции на поверхности АСПМ показали, что брэнстедовских основных центров, соответствующих отрицательному знаку заряда поверхности, содержится $23,1 \times 10^5$ мг-экв./г, что в 2, 3 раза меньше, чем у цементного камня 54×10^5 мг-экв./г, тогда как льюисовских основных положительный знак заряда поверхности в 6 раз больше чем у цементного камня – $4,5 \times 10^5$ мг-экв./г против $0,7 \times 10^5$ мг-экв./г. Такой баланс активных центров адсорбции у цементных частиц и алюмосиликатных позволил уплотнить межзерновое пространство в цементном композите и повысить гидратационную активность цемента, что подтвердили электронно-микроскопические исследования (рис. 2).

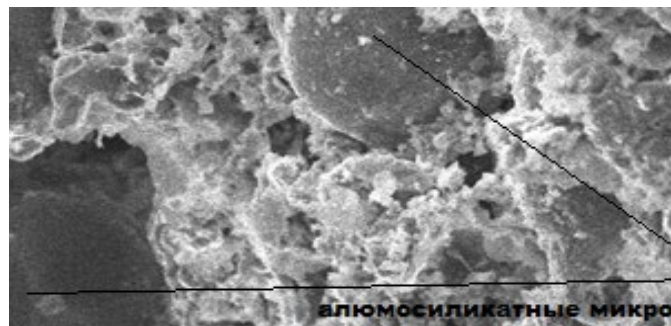


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки цементного композита, содержащего силикатные и алюмосиликатные полые микросферы

- [1] Демченко В. Теплоізоляційні мурувальні розчини з модифікованими зольними микросферами [текст] / В. Демченко, В. Свідерський // Сталій розвиток – стан та перспективи: Матеріали Міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2018 – Львів, 2018. – С.205 – 208
- [2] Плахотніков К.В., Бондаренко О.І., Деденьова О.Б. Можливість застосування теплоізоляційних матеріалів у тонких шарах в сучасному будівництві// Науковий вісник будівництва №3 (89) – Харків 2017 т.89, № 3, с.226-229
- [3] Interaction of Mineral and Polymer Fibers with Cement Stone and their Effect on the Physical-Mechanical Properties of Cement Composites / A.A. Plugin, T.O. Kostjuk, O.A. Plugin, D.O. Bondarenko, Yu.A. Sukhanova, N.N. Partala // International Journal of Engineering Research in Africa JERA. – 2017. – Vol. 31. – P.59-68. <https://www.scientific.net/JERA.31.59>
- [4] Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions / O.I. Demina, A.A. Plugin, E.B. Dedenyova, D.O. Bondarenko, T.A. Kostuk // Functional Materials, 24, No.3 (2017), p. 415-419

ВПЛИВ ДОБАВКИ ВИСОКОДИСПЕРСНОЇ КРЕЙДИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ

THE INFLUENCE HIGHLY-DISPERSED CHALK ADDITIVE ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

*канд. техн. наук О.С. Борзяк¹, канд. техн. наук С.М. Чепурна²,
канд. техн. наук Т.В. Жидкова², канд. техн. наук А.А. Жигло²,
канд. техн. наук А.О. Ісмагілов¹*

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

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

***O.S. Borziak¹, PhD (Tech.), S. Chepurna², PhD (Tech.),
T. Zidkova², PhD (Tech.), A. Zhyhlo², PhD (Tech.), A. Ismagilov¹, PhD (Tech.)***

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

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

В последнее время большое внимание уделяется производству новых композиционных вяжущих, которые имеют улучшенные физико-механические характеристики и показатели долговечности, что достигается за счет использования минеральных добавок. Особую актуальность приобрело использование для их производства местных минеральных ресурсов и промышленных отходов, в частности осадочных гипсовых пород и мела. Это позволит решить вопросы охраны окружающей среды и получить дешевое местное сырье для получения новых материалов.

Степень коррозионной стойкости бетонов к воздействию агрессивных сред зависит от их фильтрационных свойств. Эти свойства бетонов определяются структурой, которая представлена характером упаковки частиц матрицы в прослойках между структурообразующими элементами каждого уровня. Введение тонкодисперсных минеральных порошков, которые используются в качестве активных минеральных добавок или инертных наполнителей для вяжущих, приводит к изменению фазового состава продуктов гидратации портландцемента и формированию более плотной структуры композита.

В работе рассматривается влияние добавки высокодисперсного мела на физико-механические свойства бетона, в частности водонепроницаемость и морозостойкость. Размер частиц высокодисперсного мела можно сравнить с размером капилляров цементного камня. На микроуровне формируется оптимальная упаковка частиц матрицы в слоях между структурообразующими элементами: карбонатные частицы, которые плохо растворяются в воде, заполняют прослойки между частицами цемента и мелкого заполнителя, это повышает плотность и снижает проницаемость бетона.

Известно так же, что добавка высокодисперсного мела влияет на процесс гидратации портландцемента [1]. Высокодисперсный мел, применяемый в качестве добавки, представляет собой смесь зерен кальцита (от 5 до 1 мкм). Известно, что при взаимодействии карбонатных добавок с минералами портландцементного клинкера [1, 2] образуются устойчивые соединения – гидрокарбоалюминаты кальция $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{CaCO}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$. По данным [3] поверхность частиц органических карбонатных пород, в частности мела, покрыта аморфным кремнеземом. При взаимодействии гидроксида кальция с кремнеземом образуются низкоосновные гидросиликаты кальция. Таким образом, применение высокодисперсного мела в составе бетона приводит к снижению содержания свободного гидроксида кальция и связыванию алюминатной фазы в устойчивые продукты гидратации [4].

Экспериментальные данные подтверждают, что добавка высокодисперсного мела способствует снижению капиллярной пористости, уплотнению структуры цементного камня и увеличению количества стойких новообразований, что обеспечивает повышение водонепроницаемости и морозостойкости бетона.

- [1] Борзяк О.С. Гідрація портландцементу в присутності добавки високодисперсної крейди / О.С. Борзяк, С.М. Чепурна // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2018. – Вип. 175. – С. 110–117.
- [2] Plugin A.A. Bonding Calcium Chloride and Calcium Nitrate into Stable Hydration Portland Cement Products: Stability Conditions of Calcium Hydrochloraluminates and Calcium Hydronitroaluminates / A.A. Plugin, R.F. Runova // International Journal of Engineering Research in Africa. – 2018. – Vol. 36. – pp 69-73.
- [3] Горькова И.М. Природа прочности и деформативные особенности мела и некоторых мелоподобных пород [Текст] / И.М. Горькова, Н.А. Душкина // Акад. наук СССР. – 1962. – С. 6-15.
- [4] Чепурная С.Н. Повышение коррозионной стойкости бетона транспортных сооружений добавкой высокодисперсного кальцита / С.Н. Чепурная, А.А. Плагин, О.С. Борзяк // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2018. – 1(91). – С. 292-298.

УДК 666.942

БУДІВЕЛЬНІ В'ЯЗКІ Й ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЇХ ВИРОБНИЦТВА

CONSTRUCTION BINDERS AND ENVIRONMENTAL INDICATORS OF THEIR PRODUCTION

д-р техн. наук В.І. Вінниченко¹, канд. техн. наук О.М.Рязанов²

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)

²Уфимський державний нафтовий технічний університет (м. Уфа)

V.I. Vinnychenko¹, Dr. Sc.(Tehn.), A.N.Ryazanov², PhD. (Tehn.)

¹Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

²Ufa State Petroleum Technological University (Ufa)

Питання захисту навколишнього середовища від промислових викидів вирішуються в цей час, найчастіше, шляхом застосування технологій газоочищення й пылеосадження, призначених для зменшення токсичних викидів шляхом їхнього знешкодження або вловлювання. Очищення газів, що відхо-

дять, від пилу проводиться, в основному, за допомогою електрофільтрів, рукавних фільтрів, скрубєрів і циклонів. А зменшенню викиду газоподібних забруднювачів у промисловості будівельних матеріалів практично не приділяється уваги.

Процес випалу будівельних в'язких супроводжується значними викидами в атмосферу диоксида вуглецю, оксидів азоту, парів води, оксиду вуглецю, оксидів сірки й пилу [1]. Збільшення концентрації диоксида вуглецю в атмосфері ставиться до великомасштабної проблеми, здатної змінити клімат планети. Оскільки диоксид вуглецю поглинає довгохвильове випромінювання, відбите від поверхні Землі, його наявність в атмосфері діє як захисний екран, що зменшує тепловтрати планети. Це явище одержало назву – парниковий ефект, який супроводжується підвищенням температури. Згідно з існуючими оцінками, потепління клімату збільшує швидкість підняття рівня світового океану в 5-25 разів внаслідок танення льодовиків і термічного розширення морської води [2]. Проблема клімату Землі в майбутньому тісно пов'язана з екологічною рівновагою між двома основними факторами – концентрацією аерозолів і диоксида вуглецю в атмосфері. У попередні роки викидам диоксида вуглецю приділялося недостатньо уваги, але кліматичні зміни, що почалися в цей час, у масштабі планети говорять про актуальність даної проблеми.

Вуглекислий газ у процесі випалу клінкера виділяється при розкладанні карбонатів кальцію й магнію й при згорянні вуглецевмісних компонентів палив. Тому зниження змісту CaCO_3 у складі сировинної суміші при випалі клінкера є одним зі шляхів зниження викидів CO_2 в атмосферу. Зміст вуглекислого газу в складі газів, що відходять, печі зменшується також при меншій кількості палива, що спалюється, на одиницю клінкера.

Найпоширенішими в'язкими є цемент, вапно й гіпс. Цементними сировинними матеріалами є карбонати кальцію й магнію, а також алюмосилікати. Вапно роблять тільки з карбонатів. Тому утвір диоксида вуглецю при випалі вапна більше, чим при випалі цементного клінкера. Напівводний гіпс (напівгідрат сульфату кальцію) утворюється у результаті розпаду двуводного гіпсу (двугідрата сульфату кальцію) на напівводний гіпс і воду при певних температурах. Іншими словами в продуктах реакцій відсутній диоксид вуглецю. У результаті протікання реакції виділяється тільки вода.

Легко підрахувати кількість вуглекислого газу, що попадає в атмосферу тільки від роботи цементних печей.

Якщо брати за основу теплотехнічний розрахунки обертової печі по випалу цементного клінкера мокрим способом виробництва, то вихід диоксида вуглецю із сировинної суміші – 0,57 кг/кг клінкера, а утвір диоксида вуглецю від згоряння палива – 0,6 кг/кг клінкера [3]. Сумарний викид диоксида вуглецю становить $0,57 + 0,6 = 1,2$ кг/кг клінкера. При сухому способі виробництва цей показник складе 0,8 кг/кг клінкера.

При виробництві в рік 10 млн. тонн клінкера [4,5] викиди вуглекислого газу складуть для даного виробництва орієнтовно 12 млн. тонн. Причому, залежно від способу виробництва й витрати палива на випал клінкера, розмір викидів вуглекислого газу в атмосферу буде становити від (7-8) до (11-12) мільйонів

тонн. І це тільки вуглекислий газ, не вважаючи оксидів азоту, парів води, оксиду вуглецю, оксидів сірки.

Можливі шляхи скорочення утвору діоксида вуглецю при виробництві в'язких: застосування сировинних матеріалів зі зменшеним вмістом карбонатів, впровадження сухого способу виробництва й інших паливозберігаючих технологій, вишукування нових джерел енергії, що не містять вуглецю і його сполук.

Крім того, актуальність проблеми вимагає створення технологій уловлювання діоксида вуглецю при виробництві.

- [1] Юдович Б.Є., Дмитрієв А.М., Лямін Ю.А. Цементна промисловість і екологія.// Цемент і його застосування. №3.- 2001.-с.11-19.
- [2] Climate Change. The Physical Science Basis, (2013).
- [3] H. Vorobyov, D. Mazurov, Thermotechnical calculations of cement kilns and apparatus, 134, (1962).
- [4] <http://budport.com.ua/articles/125-cementnaya-promyshlennost-ukrainy-itogi-za-2014-god>
- [5] V. Vinnichenko, A. Ryazanov, Ecological Indices of Manufacture of Portland Cement Clinker and Production of the Dolomite Clinker, MATEC Web Conf., Volume, 116, (2017). https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/30/mateconf_tr2017_01020.pdf

УДК 691:628.2

ЕФЕКТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ ТА РЕСТАВРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ДИСПЕРСНОНАПОВНЕНИХ ЕПОКСИПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

EFFECTIVE BUILDING AND RESTORATIVE MATERIALS BASED ON DISPERSIBLE EPOXYPOLYMER COMPOSITES

*канд. техн. наук Ю.М. Данченко,
канд. техн. наук Т.М. Обіженко, Ю.О. Кириченко
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*Yu.M. Danchenko, PhD (Tech.), T.M. Obigenko, PhD (Tech.), Yu.O. Kyrychenko
Kharkiv national university of civil engineering and architecture (Kharkiv)*

Композиційні дисперснонаповнені матеріали на основі епоксидних смол і амінних твєдників мають широке використання в якості клеючих засобів для з'єднання елементів з різними поверхнями (бетону, каменю, деревини, металу, скла), захисних покриттів, що підвищують довговічність традиційних матеріалів і конструкційних елементів, для відновлення та реставрації будівельних споруд і об'єктів транспортної інфраструктури, а також для створення самостійних елементів будівельних та архітектурних конструкцій (наливні підлоги, склопластикові вироби та ін.) [1-4]. Висока міцність, стійкість до впливу агресивних середовищ та нетоксичність дозволяють використовувати наповнені епоксидні матеріали для відновлення трубопроводів водопостачання і водовідведення. Достатня витривалість при впливі γ -випромінювання зумовлює застосування епоксидних полімерних покриттів для будівель і споруд об'єктів інфраструктури в атомній енергетиці. Існують технології та показана ефектив-

ність відновлення ділянок несучих дерев'яних балок та цегляної кладки з використанням полімерних композицій на основі епоксидних смол (рис.1а). Актуальним напрямком використання епоксидних полімерів є застосування для консервації і реставрації пам'яток архітектури, для відновлення кам'яних, скляних і керамічних елементів архітектурної спадщини, а також при виготовленні виробів дизайну [5, 6].

Дешеві дисперсні неорганічні наповнювачі додаються в епоксидні композиції з метою підвищення економічної та екологічної привабливості будівельних і реставраційних матеріалів. Додавання дисперсних наповнювачів дозволяє регулювати технологічні властивості композицій, а також поліпшувати фізико-механічні і експлуатаційні характеристики. Дисперсні наповнювачі різної хімічної і мінеральної природи дозволяють регулювати практично усі характеристики композитів та надавати спеціальних властивостей матеріалам (наприклад, стійкість до біологічно агресивних середовищ, вогнестійкість та ін.). При цьому матеріали набувають багатофункціональності, тобто здатні забезпечувати одночасно декілька необхідних експлуатаційних або технологічних вимог. Крім цього додавання наповнювачів може забезпечити одержання епоксидних матеріалів з певними декоративними властивостями, що особливо стає необхідним при використанні у архітектурі, реставрації та дизайні. З'являється можливість отримувати прозорі матеріали або різних кольорів, матових або глянцевих, імітувати зовнішній вигляд природних матеріалів та ін. (рис.1б).



а



б

Рис. 1. Дисперснонаповнені епоксидні композиційні матеріали:

а – використання в якості ін'єкційних для відновлення несучої здатності цегляної колони; *б* – кольоровий спектр захисно-декоративних покриттів для клеєної деревини.

Дослідження закономірностей впливу дисперсних неорганічних наповнювачів на властивості епоксидних дисперснонаповнених матеріалів вирішує задачу розробки нових багатофункціональних композитів з регульованими характеристиками для будівництва, архітектури, реставрації, транспортної та інших галузей [7, 8]. Інтерес в цій області пов'язаний перш за все з дослідженням фізико-хімії поверхневих явищ у композиційних матеріалах. Актуальність цього напрямку виникає в процесі створення нових полімерних будівельних композитів, які є гетерогенними системами з високорозвиненими поверхнями поділу фаз.

Властивості поверхні дисперсної фази визначають початковий етап адгезійної взаємодії між компонентами – адсорбцію, змочування, розтікання дисперсійного середовища по поверхні наповнювача, формування межі поділу фаз, просочування наповнених і армованих систем. З усіх існуючих теорій міжфазної взаємодії у полімерних композиційних матеріалах найменш вивченою є кислотно-основна, існування якої підтверджується дослідженнями останніх років. При виборі складових композиційного матеріалу важливим є можливість прогнозування взаємодій на міжфазній поверхні, які одночасно визначаються кислотно-основними властивостями полімеру та кислотною силою центрів адсорбції на поверхні наповнювачів.

Вважається, що регулювання властивостей дисперснонаповнених матеріалів пов'язане з повнотою адгезійного контакту і змочування на межі поділу фаз «епоксидний полімер – наповнювач». При цьому практично не розглядається природа і властивості поверхні наповнювачів. У той же час встановлено, що структура епоксиполімерної сітки змінюється під впливом поверхневих функціональних груп (активних центрів) наповнювачів. Відомо, що певна кількість поверхневих активних центрів (гідроксильно-гідратний шар) з різною функцією кислотності міститься на поверхні мінеральних наповнювачів.

З аналізу літературних джерел випливає, що вплив поверхні наповнювачів на міжмолекулярні взаємодії, структуру та властивості полімерного композиту здійснюється на протязі усього технологічного циклу одержання і поділяється на три етапи:

– на першому етапі відбувається вплив на просторову орієнтацію та рух молекул олігомерів і твердників у в'язкотекучому стані композиту (вплив на реологічні властивості);

– на другому – каталітична або інгібуюча дія поверхневих активних центрів на процеси утворення сітчастої структури при переході від в'язкотекучого до склоподібного стану (вплив на реокінетичні властивості та молекулярну будову сітчастого полімеру);

– на третьому – утворення міжмолекулярних взаємодій між функціональними поверхневими групами наповнювачів і полімерною сіткою у склоподібному стані (вплив на просторову орієнтацію фрагментів сітки та властивості композитів).

Комплексний поетапний вплив поверхневого шару наповнювача потребує досліджень на кожному з етапів утворення полімерного композиційного матеріалу. Це допоможе прогнозувати і регулювати експлуатаційні, фізико-хімічні та інші властивості дисперснонаповнених епоксиполімерних композитів.

- [1] Abaubakr, S.H. Creep of epoxy-clay nanocomposite adhesive at the FRP interface: a multi-scale investigation / S.H. Abaubakr, U.F. Kondil, M. Reda Taha // *International Journal of Adhesion and Adhesives*. – 2014. – No.54. – pp. 1–12.
- [2] Queiroz, D.P.R. Radiochemical ageing of epoxy coating for nuclear plants / D.P.R. Queiros, F. Fraisse, B. Fayolle, M. Kuntz, J. Verdu // *Radiation Physic Chemistry*. – 2010. – Vol.79, No.3. – pp. 362–364.
- [3] Roschina, S.I. Recovery wooden beams impregnating polymer composition based on epoxy resins / S.I. Roschina, M.V. Lukin, A.V. Lukina, M.S. Lisyatnikov // *Forestry Engineering Journal*. – 2015. – No.3. – pp. 183–190.
- [4] Nadir, A. Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite / A. Nadir, K. Alperen, G. Turker // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – No.15. – pp. 279–284.

- [5] Cardiano, P. Epoxy-silica hybrids as stone conservation materials / P. Cardiano, R.C. Ponterio, S. Sergi, S. Lo Schiavo, P. Piraino // Polymer. – 2005. – Vol.46, No.6. – pp.1857–1864.
- [6] Karayannidou, E.G. Cure kinetics of epoxy-amine resins used in the restoration of works of art from glass or ceramic / E. G. Karayannidou, D.S. Achilias, I.D. Sideridou // European Polymer Journal. – 2006. – Vol.42, No.12. – pp. 3311–3323.
- [7] Pohl, G. Textiles, Polymers and Composites for Buildings. Woodhead Publishing, 2010. – 512p.
- [8] Danchenko, Yu. Research of the intermolecular interactions and structure in epoxyamine composites with dispersed oxides / Yu. Danchenko, V. Andronov, E. Barabash, T. Obigenko, E. Rybka, R. Meleshchenko, A. Romin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 6, Issue 12(90). – P. 4–12.

УДК 691.32

БАГАТОКОМПОНЕНТНІ БЕТОННІ СУМІШІ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

MULTICOMPONENT CONCRETE MIXTURES FOR TRANSPORT HIGHWAYS

*інж. В.П. Долгий, д-р техн. наук В. П. Сопов,
канд. техн. наук К.В. Латорець, канд. техн. наук В.А. Гуркаленко,
канд. техн. наук В.О. Буцький
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*V.P. Dolgiy, eng., V.P. Sopov, Dr. Sc. (Tech.), K.V. Latorets, PhD (Tech.),
V.A. Gurkalenko, PhD (Tech.), V.O. Butskiy, PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Починаючи з 1977 р А.Е. Юницьким розробляється проект створення транспортної системи Skyway – встановлена на опорах рейкова транспортна естакада для переміщення спеціального рухомого складу, забезпеченого протисхідною системою. Основу шляховий структури складають попередньо напружені розтягуванням нерозрізні струнні рейки або попередньо напружена розтягуванням нерозрізна несуча фермово-струнна конструкція.

Порожнини нерозрізних струнних рейок довжиною до 1000 м повинні бути заповнені бетонної сумішшю для додання їм відповідних фізико-механічних властивостей.

Рішення такого технологічного завдання пов'язане з рядом труднощів, обумовлених геометрією простору, що заповнюється, довжиною полого рейка і пр. Розробка таких складів дозволить вирішити не тільки цю проблему, але і відкриває широкі перспективи в області перекачування бетонних сумішей на великі відстані.

Бетонні суміші є багатофазними системами, де в якості дисперсійного середовища виступає вода, а в якості дисперсної фази виступають частки заповнювача, в'язучого і повітряні пори. Властивості дисперсних систем визначаються ступенем їх дисперсності. Тобто бетонна суміш є прикладом полідисперсного середовища.

Нагнітання бетонних сумішей в металеву об'ємну залежить від технологіч-

них (конфігурація, матеріал, довжина і діаметр бетоноводу, тиск бетононасоса, тип бетононасоса, швидкість руху бетонної суміші по бетоноводу, температура суміші і навколишнього повітря); реологічних (напруга зсуву, межа плинності, в'язкість, структурна міцність суміші, тиксотропія); трибологічних (тертя і мас- тильний шар) факторів.

Наведено результати досліджень впливу компонентів бетонної суміші на її технологічні та реологічні характеристики, а також результати проектування складу бетонної суміші, яка відповідає наступним вимогам:

- в'язкість не більше 40 Пуаз;
- повинна бути однорідною без водовідділення і розшарування;
- щільність суміші не більше 2000 кг/м³.

При цьому бетон повинен мати міцність на стиск не менше 60 МПа, на роз- тяг – не менше 3 МПа, модуль пружності – $30 \cdot 10^3$ МПа и лінійне розширення – не менше 0,05 %.

Проектування складу бетонної суміші складалося з кількох етапів.

На першому етапі з метою виявлення закономірностей впливу кількості су- перпластифікатору на реологічні властивості бетонної суміші та величину во- доцементного відношення виконані дослідження її на модельних системах «Розчин – суперпластифікатор» в залежності від витрати добавки. Оптимальне дозування склало 0,7% від маси цементу при розпливі конусу РК=60см.

На другому етапі проектування було досліджено вплив мінеральної добавки мікрокремнезему МКУ. При введенні мінеральної добавки змінюється загальна кількість в'язучого, що потребує корегування витрати пластифікуючої добавки. При цьому досягається більш щільна упаковка компонентів суміші і зменшу- ється розшаровуваність. Мікрокремнезем був введений з заміщенням частини подрібненого піску.

Оптимальна кількість МКУ склала 15%. При такій кількості введеного МКУ від маси цементу збільшилося дозування суперпластифікатора і склало 1,5% від маси цементу. Завдяки використанню МКУ було отримано РК=90 см без роз- шарування.

Третій етап полягав у введенні добавки SikaLatex, яка зменшує розшарову- ваність, підвищує збереженість властивостей суміші та фізико-механічні показ- ники бетону. Контрольованим параметром модифікування були найбільше розтікання без розшарування, межа міцності при стиску, збереженість власти- востей бетонної суміші у часі. Ефективне дозування бутадієнстирольного лате- ксу склало 10% водної дисперсії від маси цементу.

Четвертий етап полягав у використанні добавки, яка компенсує усадку бето- ну. Контрольованими параметрами були межа міцності при стиску, збереже- ність властивості бетонної суміші і величина усадки.

В якості добавки для компенсації усадки був обраний РСАМ. Бетонна суміш з РСАМ має більшу збереженість властивостей і межу міцності бетону при сти- ску. Ефективна витрата склала 15% від маси цементу.

Таким чином, розроблено склад бетонної суміші з РК 104 см, в'язкістю 24 Пуаз, середньої щільністю 1900кг/м³, розшаровуваністю 3% і збереженням лег- коукладальності бгодин при температурі 20 °С.

Розроблено принцип проектування бетонних сумішей із заданими характеристиками.

Бетон виробничого складу мав міцність на стиск у віці 28 діб - 61,2 МПа, 56 діб - 74,8 МПа, міцність на розтяг при згині 4,11 МПа, міцність зчеплення з основою 0,85 МПа, модулем пружності $31,4 \times 10^3$ МПа, лінійним розширенням при витримці в камері нормального твердіння 0,08% і при витримці при відносній вологості 55% - 0,09%.

УДК691.32

ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ БЕТОНУ

INCREASE OF CONCRETE CORROSION RESISTANCE

*асп. В.О. Дума, канд. техн. наук О.Р. Позняк,
канд. техн. наук В.М. Мельник
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*V.O. Duma, PhD student, O.R. Pozniak, PhD (Tech.),
V.M. Melnyk, PhD (Tech.)
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Актуальним завданням сьогодення є збереження та збільшення терміну служби будівель і споруд різного призначення, а дослідження щодо підвищення довговічності та ефективності роботи будівельних об'єктів повинні бути спрямовані на раціональне використання будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, а також розробку нових більш стійких та довговічних матеріалів, що диктується як економічними, так і екологічними вимогами. Поняття довговічності необхідно трактувати як здатність матеріалів чинити опір зношуванню і фізико-хімічним змінам з часом в заданих умовах експлуатації. Таке визначення дозволяє обґрунтувати методи випробувань бетону на довговічність, прийнявши в якості критерію здатність матеріалу чи конструкцій з нього зберігати властивості при впливах, характерних для конкретних умов експлуатації. Корозію бетонних конструкцій будинків і споруд викликає вплив навколишнього середовища. На підприємствах хімічної, коксохімічної, металургійної, вугільної і м'ясо-молочної промисловості, для яких характерним є наявність сильно виражених агресивних середовищ, спостерігаються особливо значні втрати від корозії. Тому захист конструкцій на основі бетону від корозії є однією з важливих проблем у вирішенні питань забезпечення довговічності будівель та споруд.

Оптимальним та ефективним способом вирішення проблеми підвищення довговічності бетону є зниження його проникності, що забезпечується використанням композицій на основі наповненого оксидними та силікатними компонентами поліметилфенілсилоксану, які характеризуються необхідними фізико-механічними властивостями при експлуатації в агресивному середовищі. Оброблений захисними покриттями бетон може використовуватися в умовах дії хі-

мічних реагентів. Тому їх хімічна стійкість визначається здатністю протидіяти впливу кислих та лужних середовищ, особливо у зоні контакту. Швидкість процесів хімічної корозії захисних покриттів, в основному, залежить як від їх компонентного складу, так і від структурних особливостей, а саме стану поверхні, пористості та ступеня закристалізованості наповнювача.

Дослідження корозійної стійкості дрібнозернистого бетону з захисним покриттям проводили за зміною міцності зразків при зберіганні їх в агресивному середовищі. В якості агресивного середовища використовували розчин Na_2SO_4 з концентрацією SO_4^{2-} 10000 мг/л та розчин MgCl_2 з концентрацією Mg^{2+} 10000 мг/л (згідно ДСТУ Б В.2.7-176:2008 клас впливу навколишнього середовища на бетон ХА3).

Згідно даних мікрозондового рентгеноспектрального аналізу, на поверхні бетону без покриття, витриманого 180 діб в агресивному середовищі MgCl_2 виявлені пухкі скупчення $\text{Mg}(\text{OH})_2$, що утворився в результаті взаємодії в цементному камені портландиту з магнію хлоридом агресивного середовища (рис. 1). Утворення, що накопичуються в порах бетону у вигляді рихлої маси, не заважають дифузії іонів Ca^{2+} з глибинних шарів до поверхні. У зв'язку із зменшенням концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ починають руйнуватися високоосновні гідросилікати та гідроалюмінати кальцію, що призводить до втрати експлуатаційних характеристик бетону.

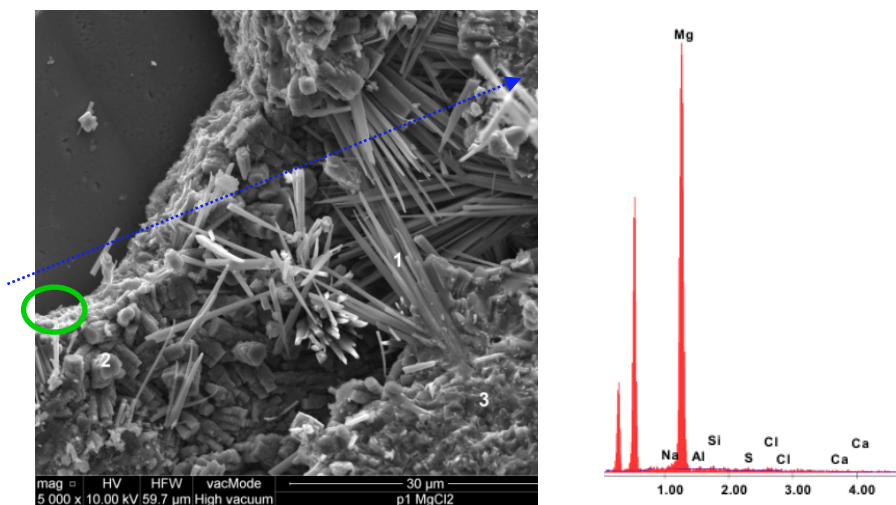


Рис. 1. Мікроструктура та спектр рентгенівського характеристичного випромінювання з поверхні дрібнозернистого бетону без покриття, витриманого 180 діб в агресивному середовищі MgCl_2

Проведеними дослідженнями встановлено, що захисні покриття підвищують стійкість бетону до дії іонів Mg^{2+} та SO_4^{2-} , в результаті чого корозійна стійкість зростає відповідно на 20–35 та 18–21 % внаслідок ізоляції його поверхні від дії зовнішніх агресивних чинників. Комплексом методів фізико-хімічного аналізу підтверджено стабільність фазового складу зовнішніх та внутрішніх шарів захищеного бетону.

[1] Protective coatings based filled with polymethylfenilsyloksan to increase corrosion resistance of concrete / Gyuyljud M.M., Stashko N.P., Yemchenko I.V. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка".

“Теорія і практика будівництва”. – 2014. – №781. – С. 50–53.

- [2] Yeomans S.R. Coated Steel Reinforcement for Corrosion Protection in Concrete /[HKIE Transactions](#). – 1995 – [Volume 2, Issue 2](#). – 17–28.
- [3] Durability properties of high volume fly ash self-compacting fiber reinforced concretes /M. Stechyshyn, Sanytsky M., Pozniak O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – 3/11 (75) – P.49-54.
- [4] Protective Coatings Offshore: Introducing a Risk-Based Maintenance Management System – Part 1: Risk Analysis Methodology /Axelsen S. B., Knudsen O. Ø., Johnsen R.// CORROSION. – 2009. – 65(12) – P.809-816.

УДК 624.954

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ ПРИЧИН РОЗВИТКУ КОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ФУНДАМЕНТАХ СИЛОСІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СУХОГО ЗЕРНА

ANALYSIS POTENTIAL CAUSES OF CORROSION PROCESSES IN FOUNDATIONS OF STEEL SILOS FOR STORAGE DRY GRAIN

*канд. техн. наук А.О. Ісмагілов¹, канд. техн. наук О.С. Герасименко¹,
канд. техн. наук О.В. Романенко¹, інж. І.В. Семашко²*

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

²*ТОВ «АВЕСТА ЕНЕРГОРЕСУРС» (м. Харків)*

*A.O. Ismagilov¹, PhD (Tech.), O.S. Herasymenko¹, PhD (Tech.),
O.V. Romanenko¹, PhD (Tech.), I.V. Semashko², eng.*

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

²*LLC«AVESTAENERGYRESOURCE» (Kharkiv)*

У теперішній час в Україні спостерігається інтенсивний розвиток елеваторних комплексів по переробці і зберіганню зерна. Найбільш поширеним рішенням для зберігання висушеного зерна є використання циліндричних металевих силосів зарубіжного та вітчизняного виробництва .

У роботі представлено аналіз конструктивних особливостей силосів, що експлуатуються на території нашої країни.

Встановлено основні причини руйнування бетонних і залізобетонних конструкцій. Всі фактори руйнування можна розділити на 4 групи: механічні; хімічні; фізичні; вплив високих температур (пожежі).

Під час досліджень була проведена валідація всіх об'єктів великих елеваторних комплексів в Україні і було виявлено, що найбільш схильною до руйнування є цокольна частина кільцевого фундаменту під металеві силоси. Зокрема, при обстеженні було виявлено:

- численні вертикальні тріщини на зовнішній межі фундаменту шириною розкриття до 0,3 мм з кроком 1,0...2,0 м (тріщини мають силовий характер виникнення і розвитку);
- численні усадочні тріщини на верхньому обрізі фундаменту;
- численні сліди вилуговування на зовнішній поверхні цокольного ділянки фундаменту, в тому числі з кальматацією тріщин продуктами вилуговування.

Виконані дослідження показали наступні можливі (імовірні) причини утворення та розвитку корозії цементного каменю фундаментів силосів:

- вплив атмосферних вод через відсутність організованого водостоку з покрівлі силосу і гідроізоляції на верхньому обрізі фундаменту;
- неякісно виконаний бетон (висока пористість і низька міцність) або наявність спеціальних хімічних добавок в бетоні, які призводять до прискорення процесу корозії цементного каменю;
- конденсація пара в зовнішніх шарах цоколя фундаменту при роботі припливної вентиляції для просушування і зменшення температури зерна;
- конденсація пара в зовнішніх шарах цоколя фундаменту в наслідок наявності перепаду температур в зимовий період всередині і зовні силосу (силос в завантаженому стані).

УДК 691.32

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ РУХЛИВОСТІ ТОВАРНОЇ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ДО БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF MAINTENANCE OF COMMODITY CONCRETE MIXTURE AT TRANSPORTATION TO CONSTRUCTION PLATFORM

*канд. техн. наук О. В. Кабусь, канд. техн. наук Л. М. Буцька,
канд. техн. наук О. В. Макаренко, канд. техн. наук Л. О. Першина,
канд. техн. наук А. М. Тимощенко
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*O.V. Kabus, PhD (Tech.), L.M. Butska, PhD (Tech.),
O.V. Makarenko, PhD (Tech.), L.O. Pershina, PhD (Tech.),
A.M. Timoshenko, PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Якість монолітного бетону залежить від однорідності, життєздатності та легкоукладності бетонної суміші при транспортуванні, вивантаженні та укладанні її на будівельному майданчику. Одним із технологічних заходів вирішення даного завдання може бути поетапне введення хімічних добавок або введення сповільнювачів схоплювання, ефективність яких виражається в збільшенні життєздатності бетонної суміші до 2 і більше годин. Кожне рішення має свої переваги і недоліки, тому оцінювати їх ефективність можна тільки у певних умовах з урахуванням вартості бетонної суміші та можливостей по їх реалізації.

Сьогодні бетон є найпопулярнішим будівельним матеріалом у світі. Крім того, бетон є місцевим матеріалом та відносно недорогим, має практично необ-

межену сировинну базу, завдяки чому набув поширення в усьому світу. Все більш широкого використання набуває монолітний залізобетон, який отримують зі застосуванням товарного бетону, що виготовляється на спеціальних заводах та транспортують до місця будівництва спеціалізованим автотранспортом. Зараз саме з такого бетону виконані найсучасніші споруди будь-якого розміру, форми та призначення.

Процес бетонування монолітних залізобетонних конструкцій на будівельному майданчику передбачає доставку автобетоновозами суміші з заводу, при цьому якість конструкцій напряму залежить від збереження, однорідності та легкоукладності суміші при транспортуванні, вивантаженні та укладці її на будівельному майданчику. Однак, як показує практичний досвід, існує небезпека втрати рухомості бетонних сумішей, особливо в умовах довготривалого транспортування та при високій або низькій температурі навколишнього середовища [1-4].

Проблема збереження рухливості бетонних сумішей у часі, фактори, які впливають на неї та узагальнені основні технологічні прийоми, що дозволяють забезпечити задану рухливість на будівельному майданчику є актуальною у сучасному будівництві. На конкретному прикладі отримано результати, які показують наявність проблеми дії, незважаючи на їх сумісність із цементами. Застосування таких технологічних втрати рухливості бетонних сумішей з хімічними добавками високої водоредукуючої прийомів, як збільшення початкової рухливості та поетапного введення добавки суперпластифікатору виявились ефективними технологічними рішеннями.

Дослідження включали використання методу оцінки сумісності цементу з добавками та стандартні методи визначення властивостей бетонних сумішей і бетонів. Вимірювання рухливості бетонних сумішей лімітувалося 1,5 годинами, тому що цей час достатній для транспортування і укладання бетонних сумішей в умовах міста.

Проаналізовано проблематику збереження рухливості бетонних сумішей у часі, фактори, які впливають на неї та узагальнено основні технологічні прийоми. Дані прийоми дозволяють забезпечити задану рухливість на будівельному майданчику. На конкретному прикладі отримано результати, які показують наявність проблеми втрати рухливості бетонних сумішей з хімічними добавками високої водоредукуючої дії, незважаючи на їх сумісність з цементами. Застосування таких технологічних прийомів, як збільшення початкової рухливості та поетапного введення добавки суперпластифікатору виявились ефективними технологічними рішеннями.

- [1] Punkki J. Workability loss of high-strength concrete / J. Punkki, J. Golaszewski // ACI Materials Journal. – Vol. 93, №. 5. – 1996. – pp. 427-431.
- [2] Толмачев С.Н. Разработка технологических критериев совместимости суперпластификаторов с цементами / С.Н. Толмачев, Е.А. Беличенко, А.В. Бражник // Строительные материалы. – №5. – 2016. – С. 60-65.
- [3] Шатов А.Н. Сохраняемость бетонных смесей: современные решения повседневных вопросов // Технологии бетонов. – №3-4. – 2012. – С. 4-7.
- [4] Рунова Р.Ф. Виробництво високоміцних бетонів в умовах ВАТ «ЗЗБК ім. С. Ковальської» / Р.Ф. Рунова, І.І. Руденко, В.В. Троян та ін. // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць. – Вип. 72. – К., ДП НДІБК, 2009. – С.147-158.

ОЦІНКА КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКІСТІ МОДИФІКОВАНИХ БЕТОНІВ В РОЗЧИНІ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ

ESTIMATION OF CORROSION RESISTANCE OF MODIFYING CONCRETE IN A SOLUTION OF SULFURIC ACID

*канд. техн. наук О.В. Кабусь, канд. техн. наук Ю.В. Коломієць,
канд. техн. наук В.В. Лихограй
Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

*Oleksii Kabus, PhD (Tech.), Yulyia Kolomiets, PhD (Tech.),
Viktoriia Lykhohrai, PhD (Tech.)
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Одним із спрощених методів оцінки корозійної стійкості бетонів для колекторів є їх випробування в лабораторних умовах в розчинах сірчаної кислоти, які дозволяють на першій стадії досліджень оцінити ефективність рецептурних рішень при розробці нових складів бетонів та систем вторинного захисту без використання спеціальних біокамер та проведення натурних випробувань.

Згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-213:2009 та ДСТУ Б В.2.6-181:2011 концентрація кислоти при якій проводиться випробування не регламентується і повинна обиратися в залежності від умов експлуатації конструкції. При дослідженні впливу сірчаної кислоти на швидкість корозії цементного каменю та бетону її приймають в діапазоні від 0,01 н до 10%. Виходячи з того, що в колекторах концентрація сірчаної кислоти може досягати декількох відсотків, для проведення випробувань її значення було обрано згідно ASTM C267 та дорівнювало 5%.

Для дослідження впливу міцності та щільності бетону на стійкість до дії розчину сірчаної кислоти були виготовленні 8 серій зразків бетону міцністю на стиск у 28 діб від 250 до 800 кгс/см², В/Ц від 0,63 до 0,29, водопоглинанням від 8,5 до 3,5% відповідно. Модифікування властивостей бетону досягали введенням високоефективних добавок, які зазвичай застосовуються для зменшення пористості та підвищення корозійної стійкості бетонів. Використовувались суперпластифікатор на полікарбосилатній основі, кремнійорганічний гідрофобізатор, кольматуючий модифікатор мікроструктури бетону та високодисперсний мікрокремнезем. Бетонні суміші готували з двох типів цементів: ПЦ II/Б-Ш-400 та ШПЦ III/А-Ш-400. Склади комплексних добавок обирались з урахуванням їх сумісності з цементами та максимального водоредукуючого ефекту. Серії зразків з кольматуючою добавкою додатково випробували на водонепроникність, яка при міцності бетону 450-500 кгс/см² мала марку від W8 до W14. З метою оцінки впливу розчину сірчаною кислоти на бетон з урахуванням розмірів зразків в нього занурювали куби 10x10x10 см та балочки 16x4x4 см з подальшим витриманням 28, 56 та 180 діб. Після чого в кожний із зазначених періодів з розчину доставались по два зразки і з них щіткою ви-

далявся зруйнований шар бетону. Далі їх зважували, робили фотофіксацію, випробували на міцність та знаходили рН водної витяжки бетону.

В усіх зразках, не залежно від виду цементу, складу, міцності, водопоглинання та водонепроникнення спостерігалось повне руйнування верхнього розчинового шару бетону у 28 діб. Втрата маси зразків кубів складала від 3,6 до 6,6%, а балочок – 9,2...16,3%. В 56 діб – 7,2...12,6% та 16,8...32,8%, а в 180 діб – 11,8...21,5% та 21,7...50,3% відповідно. У більшості випадків, втрата маси бетону без добавок була меншою ніж у модифікованих бетонів, винятком являється бетон марки 800, який після 56 та 180 діб мав найменшу втрату маси. У балочок втрата маси була в 2-2,5 рази більше ніж у кубів, що пояснюється більшим в 1,9 разів коефіцієнтом відкритої поверхні, тому для прискореного визначення корозійної стійкості бетону балочки є більш доцільними.

Показники міцності на стиск зразків кубів і балочок зменшувались до 45-70% після 28 діб і до 60-85% після 56 діб витримування. Така значна втрата міцності зразків була пов'язана з нерівномірною передачею навантаження на поверхню зразків з оголеним крупним заповнювачем. Відсутність корозії тіла бетону зразка підтверджує візуальний огляд та значенням рН водної витяжки бетону, яке було рівним 12.

Проведені дослідження показали, що обрані добавки не дозволяють суттєво змінити стійкість бетону на звичайних цементах до дії сірчаної кислоти. Збільшення міцності та зменшення проникності в 2-3 рази не є ефективним. Подальших випробувань потребують бетони зі значенням В/Ц менше 0,25 до яких відносяться УНРС (Ultra High Performance Concrete).

УДК 691.3

ВИКОРИСТАННЯ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНКИ КОРОЗІЙНОГО ВПЛИВУ ДОБАВОК НА СТАЛЕВУ АРМАТУРУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

USING OF POTENTIOMETRIC METHODS FOR ASSESSING THE CORROSIVE EFFECT OF ADDITIVES ON STEEL REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

*асп. О.В. Калюжна¹, канд. техн. наук О.С. Борзяк¹,
д-р техн. наук А.А. Плуґін¹, канд. техн. наук В.В. Булгаков²*
¹Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)
²КП «Харківводоканал» (м.Харків)

*O.V. Kaliuzhna¹, PhD student, O.S. Borziak¹, PhD (Tech.),
A.A. Plugin¹, Dr. Sc. (Tech.), V.V. Bulgakov², PhD (Tech.),*
¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)
²CE «Vodokanal» (Kharkiv)

Сучасне індустріальне будівництво вимагає прискореного набору міцності при твердінні бетону, особливо при виробництві збірного залізобетону в завод-

ських умовах. Скорочення часу набору міцності залізобетонних виробів необхідно для більшої оборотності форм, більш ефективного використання обладнання і підвищення продуктивності підприємств.

Для скорочення термінів твердіння бетону використовують добавки-прискорювачі, що інтенсифікують процеси гідратації та позитивно впливають на формування структури цементного каменю.

На сьогодні відома значна кількість добавок, які можуть застосовуватися в якості прискорювачів твердіння. До них відносять хлорид кальцію, сульфат натрію, нітрит-нітрат-хлорид кальцію та ін. При виборі прискорювачів твердіння необхідно враховувати побічну дію добавок, що впливають на арматуру, адже це суттєво знижує їх експлуатаційні та будівельно-технічні властивості. Наприклад, хлорид кальцію сприяє корозії сталевій арматури тому його кількість в залізобетоні обмежується до 0,5% і не допускається його застосування в конструкціях з тонкою і попередньо напруженою арматурою [1]. Тому пошук його заміни у складі комплексних добавок для швидкотвердіючих бетонів є актуальним завданням.

Виявити ступінь корозійного впливу різних видів прискорювачів твердіння можливо спостерігаючи за корозійними процесами арматурних стержнів.

З огляду на те, що процес корозії сталі в бетоні має електрохімічний природу, виявити негативний вплив прискорювачів твердіння бетону на арматуру можливо використовуючи електрохімічні методи.

Корозійне руйнування металів зазвичай безпосередньо спричиняється реакцією іонізації. Важливою характеристикою корозійної поведінки металу є залежність стаціонарної швидкості іонізації від потенціалу:

$$i_{ст} = f(\varphi) \quad (1)$$

Тому найбільше значення мають виміри електродних потенціалів металів і сплавів і зняття поляризаційних кривих [2].

Існує 2 основних метода електрохімічних поляризаційних вимірів: гальваностатичний та потенціостатичний. Гальваностатичний метод виражає залежність між розміщенням потенціалу електрода та щільністю протікаючого через нього струму. Однак для вивчення процесів корозії, якщо зрушення потенціалу в позитивному напрямку супроводжується зменшенням швидкості розчинення, застосовується потенціостатичний метод. Цей метод застосовується при дослідженні анодного розчинення та пасивації металів, а також для визначення енергії активації електрохімічних реакцій [3]. Для практичного здійснення цього методу можливе застосування потенціостату IPC-ProMF.

Порівняльні випробування проводять шляхом зволоження стержнів тими чи іншими агресивними розчинами. Зняття поляризаційних кривих дозволить виконати розрахунки моментальних значень швидкості корозії арматури у різноманітних середовищах при різних температурах і швидкості протікання розчинів. Метод також може бути використаний як для вибору інгібітора або захисного покриття, так і для вивчення зміни корозії в часі. Інгібітори – речовини, що знижують швидкість, принаймні, одного з процесів, що протікають на поверхні металу (рис. 1), необхідною умовою інгібуючої дії цих речовин є їх адсорбція на поверхні металу [4].

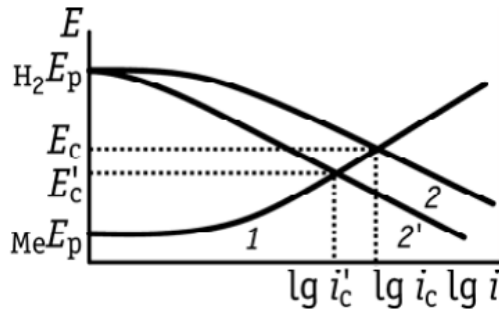


Рис. 1 Механізм дії інгібіторакорозії, що пригнічує процес виділення водню: 1 – крива анодного розчинення металу, 2 – крива катодного виділення водню за відсутності інгібітора, 2' – крива виділення водню в присутності інгібітора корозії

- [1] Accelerating admixtures for concrete [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/288883755_Accelerating_admixtures_for_concrete/
- [2] Фрейман Л.И. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Л.И. Фрейман, В.А. Макаров, И.Е. Брыксин. – Л.: Химия, 1972. – 240 с. – С.48
- [3] Практикум по физической химии, под ред. Н.К.Воробьева. Издание 4, перераб. и доп. М., «Химия», 1975. – С.347
- [4] Кеше Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблемы. М.: Металлургия, 1984, 400 с.

УДК 699.82

ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ СКЛАДИ НА ОСНОВІ АКРИЛОВИХ ПОЛІМЕРІВ WATERPROOFING STRUCTURES BASED ON ACRYLIC POLYMERS

*канд. техн. наук С.М. Камчатна¹, В.Г. Мануйленко¹,
канд. техн. наук О.М. Пустовойтова²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

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

*S.M. Kamchatna¹, PhD (Tech.), V.G. Manuylenko¹,
O.M. Pustovoitova², PhD (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

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

Питання забезпечення експлуатаційної надійності та довговічності бетонних і залізобетонних будівель та споруд є актуальними і вимагають детального опрацювання.

Для запобігання впливу води на бетонні та залізобетонні конструкції, необхідно використовувати гідроізоляційні покриття на основі різних матеріалів, в тому числі полімерів. Ці склади можна застосовувати в ремонтній і реставраційній практиці, при проведенні захисних заходів, що включають в себе герметизацію швів, нанесення гідроізоляційних і антикорозійних покриттів.

Гідроізоляційні матеріали, в першу чергу, матеріали на основі епоксидних, поліефірних та інших смол, що застосовуються для будівництва і ремонту будівель і споруд, багаторазово показали свою непридатність для цих цілей.

Якість і довговічність гідроізоляційних покриттів залежить від їхніх характеристик - міцності, тріщиностійкості, деформативності й ін. Застосування гідроізоляційних матеріалів, які мають підвищені дані властивості веде до збільшення довговічності конструкції й забезпеченню її експлуатаційної надійності. Тому у якості гідроізоляційних покриттів необхідно застосовувати склади на основі акрилових полімерів.

Гідроізоляційні покриття на основі акрилових полімерів характеризуються малою кількістю компонентів, простотою приготування й використання та мають підвищені міцнісні характеристики.

Як показали дослідження, акрилові композиції мають високу адгезійну й когезійну міцність, а по технологічних властивостях перевершують традиційні полімерні матеріали, тому що час ствердіння акрилових полімерних матеріалів може регулюватися в широких межах з урахуванням температури навколишнього середовища.

УДК 691.5

РОЗРОБКА СКЛАДІВ ЛУЖНИХ БЕТОНІВ, ЩО ПРИЗНАЧЕНІ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ АГРЕСИВНОСТІ СЕРЕДОВИЩА

ALKALI ACTIVATED CONCRETES MIX DESIGN FOR EXPLOITATION IN THE INCREASED CORROSION MEDIA

канд. техн. наук О.Ю. Ковальчук¹,

канд. техн. наук В.В. Грабовчак², Я.О. Говдун¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури (Київ)

²Національний авіаційний університет (Київ)

O.Yu. Kovalchuk¹, PhD (Tech.), V.V. Grabovchak², PhD (Tech.), Ya.O. Govdun¹

¹Kyiv National University of Construction and architecture (Kyiv)

²National Aviation University (Kyiv)

Визначаючими показниками забезпечення корозійної стійкості цементного каменю і бетону є вид в'язучого, склад новоутворень і його мінералогічний склад, водоцементне співвідношення, вид добавок і заповнювачів, особливістю порової структури, міцність бетону.

Найбільш стійкими в'язучим до дії агресивних середовищ є лужні цементи на основі доменних гранульованих шлаків і паливних зол, які були розроблені науковою школою Науково-дослідного інституту ім. Глуховського [1-2]. Дослідження, виконані в області вивчення будівельно-технічних властивостей лужних

цементів і бетонів, свідчать про високі міцнісні характеристики (40-120МПа й більше), морозостійкість до 1000 циклів, водонепроникність W10-50, високою корозійною стійкістю в різних середовищах [3-5].

При проведенні досліджень у якості сировинних матеріалів було обрано низькокальцієву золу класу F (за ASTM C 618), як лужний компонент використовували карбонат натрію технічний та п'ятиводний метасилікат натрію. Для активації системи застосовували портландцемент типу I М500 та доменний гранульований шлак, розмелений до питомої поверхні 4500 см²/г.

Об'єктом даних досліджень були дрібнозернисті бетони на основі цементів, класифікованих за [8] як лужний пуцолановий цемент ЛЦЕМ III, лужний композиційний цемент ЛЦЕМ V та шлакопортландцемент М400 (ШПЦ III/A). Склад зололужних цементів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад зололужних цементів

Тип цементу	Компоненти, %				
	Зола	ПЦ I-500	Шлак	Лужний компонент	Пластифікуюча добавка
ЛЦЕМ III	60	40	-	Na ₂ CO ₃ -5	1
ЛЦЕМ V	60	10	30	Na ₂ CO ₃ -5 Na ₂ SiO ₃ •5H ₂ O-7	1

Корозійну стійкість вивчали у відповідності до рекомендацій /10/ шляхом визначення зміни міцності зразків в агресивних середовищах, представлених 10%-м та 5%-м розчинами сульфату натрію (Na₂SO₄), 4%-м та 2%-м розчинами сульфату магнію (MgSO₄), а також розчином концентрованої морської солі. Зразки витримували 3 діб в нормальних умовах, а потім 25 діб – в технічній воді (t=20±2). Випробування зразків які знаходилися в різних агресивних середовищах, проводили через 30 діб, 60 діб, 90 діб і 180 діб.

Отримані показники коефіцієнтів корозійної стійкості дозволяють відзначити, що на відміну від звичайного цементу, бетони на основі зололужних цементів (ЛЦЕМ III-400 та ЛЦЕМ V-400) добре протидіють досліджуванім агресивним середовищам. У віці до 9 місяців включно коефіцієнт корозійної стійкості практично не падає нижче за одиницю, а у віці 12 діб композиційний цемент ЛЦЕМ V-400 в будь-якому випадку забезпечує задовільну міцність (коефіцієнт корозійної стійкості знаходиться біля 1,0 або вище), а коефіцієнт стійкості цементу ЛЦЕМ III-400 падає нижче критичного рівня лише в морській солі та сульфаті магнію концентрації 4%. Такий результат можна пояснити конструктивним характером комбінованої лужно-сульфатної активації зол.

Аналіз коефіцієнтів корозійної стійкості (табл. 2) засвідчив, що корозійна стійкість прямопропорційна вмісту кальційвміщуючих компонентів. Таким чином, корозійна стійкість змінюється в порядку ЛЦЕМ V < ЛЦЕМ III < ШПЦ III/A-400. Порівнюючи між собою вплив різних агресивних середовищ, слід відмітити, що стійкість бетонів на основі лужних цементів падає в ряду: морська вода < сульфат натрію < сульфат магнію.

Таким чином, проведені дослідження показали високі показники корозійної стійкості бетонів на основі лужних пуцоланових і композиційних цементів у

порівнянні з клінкерними цементами, що свідчить про можливість застосування таких цементів у складі бетонів, умови експлуатації яких є агресивне середовище. Встановлено, що найкращою корозійною стійкістю ($K_c = 1,04 \dots 1,39$ після 12 місяців витримування) характеризуються лужні бетони із застосуванням цементів на основі зол – ЛЦЕМ III та ЛЦЕМ V (зололужні в'язучі), причому зпоміж останніх найкращі результати демонструє лужний композиційний цемент ЛЦЕМ V-400.

- [1] Krivenko, P.V.: Alkaline Cements. – In: Proc. First Intern. Conf. "Alkaline Cements and Concretes", Kyiv (1994). P. 11-129.
- [2] Krivenko, P.V.: Alkaline Cements: Terminology, Classification, Aspects of Durability. – In: Proceed. 10th ICCS, Göteborg (1997). – P. 4iv046-4iv050.
- [3] Krivenko P. V., Skurchinskaya J. V. Fly ash containing geocements // Proc. Intern. Conf. On the Utilization of Fly ash and other Coal Combustion By-Products. – Shanghai (China). – 1991. – P. 64-1 – 64-7.
- [4] Krivenko P.V., Kovalchuk G.Yu. Fly Ash Based Alkaline Cements // 2007-International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. – Praha. – 2007 – P. 349-367.
- [5] Naik T., Pavement construction with high volume class C and class F fly ash concrete / Naik T., Ramme Bruce W., Tews John H.; Presented at the 4-th Intern. Conf. on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Istanbul, Turkey, 1992.
- [6] Malhotra V.M. High-volume fly ash and slag concrete / Malhotra V.M. - Concrete Admixtures Handbook, Noyes Publications, 2-nd Edition, V.S. Ramachandran, Editor, 1995, pp. 800-836.
- [7] Й.Штарк. Щелочная коррозия бетона. – Киев: Оранта, 2010. – 166 с.
- [8] ДСТУ Б.В. 2.7-181:2009 «Цементи лужні. Технічні умови».

УДК 666: 519.8

СТІЙКІСТЬ БЕТОНІВ ПРИ ПЕРІОДИЧНИХ ЗОВНІШНІХ ВПЛИВАХ

STABILITY OF CONCRETES UNDER PERIODIC EXTERNAL INFLUENCES

*канд. техн. наук О.О. Коробко, д-р техн. наук В. М. Вировой,
д-р техн. наук В.Г. Суханов, канд. техн. наук Ю.О. Загорчємний
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

*O. O. Korobko, PhD (Tech.), V.M. Vyrovoy, Dr. Sc. (Tech.),
V.G. Sukhanov, Dr. Sc. (Tech.), Yu.O. Zakorchemny, PhD (Tech.)
Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture (Odesa)*

Останнім часом у сучасному матеріалознавстві набуває розвитку наукова концепція, яка базується на домінуючій ролі структури в реалізації поведінки матеріалу. Бетон як матеріал будівельних виробів при експлуатації піддається багаторазовим температурно-вологісним впливам та вимушено реагує на них спонтанною організацією структури. Це передбачає співіснування в матеріалі наборів структурних елементів, які практично миттєво здатні змінювати власні параметри під дією зовнішніх та внутрішніх факторів. Такими елементами є технологічні та експлуатаційні тріщини і внутрішні поверхні розділу, які присутні на всіх рівнях неоднорідностей поліструктурної будови бетонів [1, 2]. Тому

аналізувати структурні зміни бетону при малоцикловій утомі доцільно через уявлення структури у вигляді сітки активних елементів, організованої як «сітки всередині сіток». Кожна сітка являє собою набір тріщин і внутрішніх поверхонь розділу (ВПП) на конкретному структурному рівні. Завдяки сітково-ієрархічній взаємозв'язаності різномасштабних підструктур, градієнти екзо- та ендодеформації зворотно передаються з одного рівня неоднорідностей на іншій та перерозподіляються між ними. Своєчасність прояву структурних змін на вплив забезпечує самозбереження кожного рівня внаслідок локалізації росту тріщин всередині окремих неоднорідностей, що запобігає їх злиттю в тріщину руйнування. Розрив міжструктурних зв'язків при дії зовнішніх і внутрішніх впливів провокує зародження та розвиток магістральної тріщини, що поступово викликає втрату функцій матеріалу. Сприятливі зміни структури, пов'язані із самоорганізацією сітки тріщин і ВПП, дають змогу проявитися механізмам адаптації, які забезпечують підтримку заданих показників властивостей бетону. Направлено одержувати певні набори активних елементів можна за рахунок регулювання організацією структури бетону на рівні макроструктури шляхом зміни співвідношення адгезійно-когезійних сил зв'язку на границі розділу між матричним матеріалом і заповнювачами. Залежно від потенціалу тріщин і ВПП буде визначатися зміна пошкодженості бетону як прояв ефектів адаптації та збереження механічних і деформативних властивостей матеріалу в складних умовах експлуатації. Виходячи з цього, була поставлена задача досліджень – визначити стійкість бетону та керамзитобетону з урахуванням їх структурного різноманіття на макрорівні при періодичних циклах зволоження-висушування та заморожування-відтавання.

Під структурним різноманіттям слід розуміти співіснування взаємозалежно-підпорядкованих підструктур, організованих за якісно відмінними механізмами структуроутворення, які складаються з наборів характерних лише для них структурних елементів, чим передбачається їх здатність до взаємовпливу при формуванні різномасштабної структури матеріалу. Структурне різноманіття є важливим фактором безпеки функціонування будівельних виробів та стійкості матеріалу, яка залежить переважно від функціонального потенціалу взаємодій і взаємозв'язку різноманітних підструктур. Це сприяє переорганізації структури бетону в одному темпоритмі зі зміною зовнішніх умов. Проведені дослідження підтвердили можливість підвищення стійкості бетонів на щільних і пористих заповнювачах за рахунок направленої організації їх структури шляхом забезпечення різноманіття умов взаємодії цементної складової з поверхнею заповнювачів на границі розділу між ними. Для цього поверхню частини зерен гранітного щебеня і керамзитового гравію апретували гідрофобізатором ГКР-11, що дозволило забезпечити різні співвідношення адгезійно-когезійних сил зв'язку між матрицею і заповнювачами в бетоні одного складу. Були визначені та проаналізовані коефіцієнти стійкості важкого бетону і керамзитобетону при попереминій дії температурних чи вологісних впливів. В умовах експерименту бетони, організація структури яких була ініційована при вибірковій адгезії матричного матеріалу до заповнювачів, відзначалися поліпшеними значеннями властивостей. Показники міцності при стиску практично не змінювалися після

циклів періодичних впливів, модуль пружності підвищився на 11%, відкрита пористість знизилась на 7-10%, величина водопоглинання змінилась не більше, ніж 5% (бетон) та 15% (керамзитобетон), втрата маси склала не більше, ніж 2%. Для бетонів традиційних складів показники міцності зменшились до 5% при зміні величини модуля пружності до 18%, збільшенні водопоглинання на 3-13% та відкритої пористості на 11-14%, втрата маси досягала 5%. Позитивний ефект спадкового впливу структури на зміну властивостей бетонів зберігався у часі. Збільшення пошкодженості свідчить про безперервність структурних змін, завдяки яким властивості бетону підтримуються на рівні, не нижче проектного.

Таким чином, забезпечення багатоваріантності умов структуроутворення в початковий період дозволило одержати структури бетону та керамзитобетону з заданими наборами активних елементів. Регулювання різноманіттям структури на макрорівні дає змогу підвищити стійкість будівельних виробів і конструкцій, призначених для використання при періодичних змінах вологи і температури зовнішнього середовища, що є актуальним для інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті.

- [1] Суханов В.Г. Структура материала в структуре конструкции / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, О.А. Коробко. – Одесса: «ПОЛИГРАФ», 2016. – 244 с.
- [2] Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / [В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, А.Н. Бобрышев, В.П. Селяев и др.]. – Ташкент: ФАН, 1991. – 345 с.

УДК 691.57

ДИСПЕРСНЕ АРМУВАННЯ ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛІКАТНИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

DISPERSE REINFORCING OF ALKALINE ALUMINOSILICATE BINDERS FOR PROTECTION MATERIALS OF STRUCTURES

*д-р техн. наук П.В. Кривенко, канд. техн. наук В.І. Киричок
Київський національний університет будівництва і архітектури Науково-дослідний ін-
ститут в'язучих речовин і матеріалів(м. Київ)*

***P.V. Krivenko, Dr. Sc. (Tech.), V.I. Kyrycyok, PhD (Tech.)**
Kyiv National University of Construction and Architecture
Scientific Research Institute for Binders and Materials (Kyiv)*

Захист будівель та споруд від дії агресивних факторів навколишнього середовища виконують за допомогою утворення ізоляції на межі розділу фаз «матеріал – навколишнє середовище», яка обмежує або виключає їх вплив. Одним із видів такої ізоляції являються матеріали на основі лужних алюмосилікатних зв'язуючих, забезпечення експлуатаційних властивостей яких базується на ста-

дії проектування їх складу та забезпеченні умов структуроутворення їх матриці на різних ієрархічних та масштабних рівнях.

У наукових та практичних роботах наукової школи НДІВМ ім. Глуховського В.Д. було доведено та підтверджено високу стійкість штучного каменю на основі лужних алюмосилікатів до дії сильноагресивних середовищ та запропоновано використання їх в якості матриці матеріалів для захисту будівель і споруд [1]. Основні процеси структуроутворення захисних матеріалів відбуваються на стадіях їх нанесення на основу та твердіння. Тріщиноутворення захисних матеріалів на стадії їх експлуатації є наслідком напружень, які виникають під дією механічних навантажень, температурних чи вологісних градієнтів.

Для оцінки тріщиностійкості композитних матеріалів використовують умовний коефіцієнт тріщиностійкості, тобто відношення міцності на стиск до його міцності на розтяг при згині. Аналіз робіт щодо армування композитних матеріалів показує, що за допомогою введення до їх складу армуючих компонентів фізико-механічні показники суттєво зростають, особливо міцність композиту на розтяг при згині [2].

Отже армування здатне суттєво підвищити тріщиностійкість матеріалів протягом їх терміну експлуатації. Тому з метою перекривання тріщин, зменшення деформативності та підвищення тріщиностійкості захисних матеріалів були проведені дослідження з метою їх армування.

Основним показниками оцінки впливу армуючих компонентів на формування структури було обрано фізико-механічні характеристики композиту та умовний коефіцієнт тріщиностійкості $K_{тр}$. Для армування лужних алюмосилікатних зв'язуючих використовували: поліпропіленову (ППФ), базальтову фібру (БФ) та луску (БЛ).

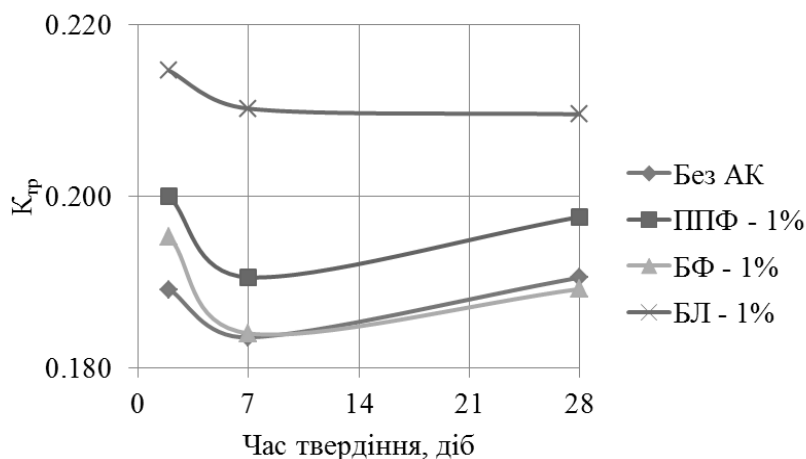


Рис. 1. Вплив введення до складу лужних алюмосилікатних зв'язуючих армуючих компонентів на їх умовний коефіцієнт тріщиностійкості ($K_{тр}$)

Згідно рис. 1 можна зазначити, що найвищим умовним коефіцієнтом тріщиностійкості характеризуються зв'язуючі з вмістом у своєму складі базальтової луски, яка збільшує коефіцієнт на 10÷15%. Поліпропіленова фібра також підвищує цей коефіцієнт на 3÷6%, базальтова фібра практично не змінює даний показник, що говорить про досить низьку її ефективність щодо підвищення тріщиностійкості.

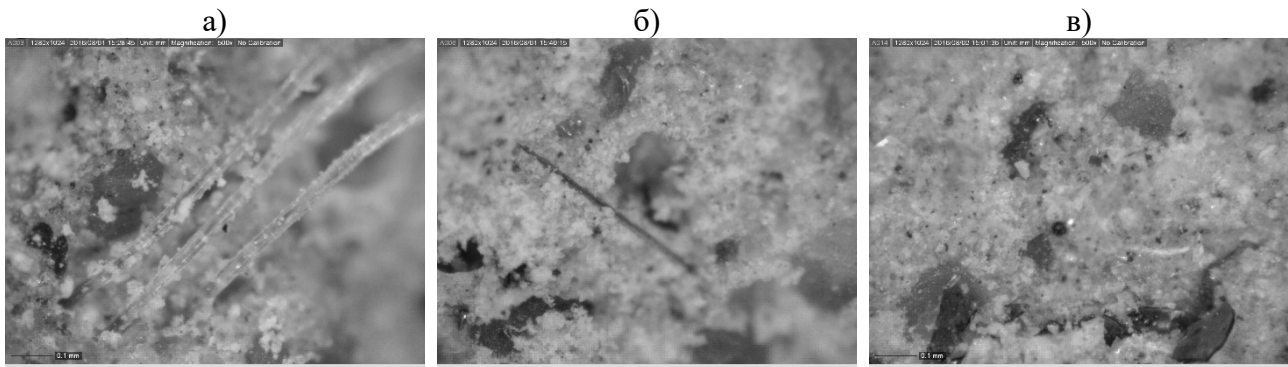


Рис. 2. Фотографії мікроструктури штучного каменю з армуючими компонентами:
а) ППФ – 1%; б) БФ – 1%; в) БЛ – 1%

З огляду цифрових фотографій мікроструктури зв'язуючих на рис. 2 можна зазначити, що поліпропіленова фібра виступає як інертна структура. Проте аналіз контактної зони між зв'язуючим та базальтовими армуючими компонентами, показує що контакт більш щільний та на поверхні волокон та луски наявні гідратні новоутворення алюмосилікату.

Тому, проаналізувавши результати досліджень впливу виду армуючого компоненту на формування структури лужних алюмосилікатних зв'язуючих можна зазначити, що найкращим показником тріщиностійкості характеризується склад з вмістом базальтової луски.

- [1] Kryvenko P. Influence of the ratio of oxides and temperature on the structure formation of alkaline hydroaluminosilicates / P. Kryvenko, V. Kyrychok, S. Guzii // EEJET. – 2016. – Vol. 5 (83). – pp. 49–57.
[2] Chung Deborah D.L., Composite Materials: Science and Applications, 2nd Edition. – N.Y. : Springer, 2010. – 349 p.

УДК 691.42

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКУЮЧИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЗАХИСТУ ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

EFFECTIVENES OF THE MODIFIED SUBSTANCES USE FOR BRICK CONSTRUCTIONS PROTECTION

*канд. техн. наук Т.П. Кропивницька¹, асп. Р.М. Семенів¹,
асп. А.Т. Камінський¹, канд. техн. наук В.В. Гоць²*

¹Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)

²Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

*Т.П. Kropyvnytska¹, PhD (Tech.), R.M. Semeniv¹, PhD student,
A.T. Kaminskyi¹, PhD student, V.V. Gots², PhD (Tech.)*

¹Lviv Polytechnic National University (Lviv)

²Kyiv National University of Building and Architecture (Kyiv)

Основними факторами, які впливають на довговічність конструкцій і будівель, є агресивні чинники навколишнього середовища. Під впливом агресивних чинників відбувається механічне руйнування матеріалів, знижується їх довговічність, погіршуються експлуатаційні показники огорожувальних конструкцій

[1, 2]. Для облицювання зовнішніх огорожувальних конструкцій, зведення архітектурних споруд, а також при ремонті або реконструкції житлово-громадських і промислових будинків широко використовується керамічна цегла. При цьому високі експлуатаційні властивості зовнішніх стін забезпечує конструкція багатошарової стіни з використанням керамічної клінкерної цегли як декоративного захисного шару. В той же час, керамічна клінкерна цегла вимагає високоякісної сировини та підвищеної температури випалу, що призводить до суттєвого збільшення її вартості. Тому при спорудженні фасадного шару стіни допускається використання керамічної лицьової цегли.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що для керамічної клінкерної цегли ККл/ОбПрОс/1НФ/М300/Ф100/1-ДСТУ Б В.2.7-245:2010 пористість складає 13,6%, водопоглинання – 5,2%, показник водопоглинання при капілярному підтягуванні – 0,5 кг/м²·год^{0,5}. При цьому керамічна лицьова цегла КЛПр-1НФ-М150-1300-Ф50-1-ДСТУ Б В.2.7-61:2008 характеризується високою пористістю (21%) та водопоглинанням (16,5 %); показник водопоглинання при капілярному підтягуванні досягає значення 2,2 кг/м²·год^{0,5}, що в 4,4 рази більше порівняно з клінкерною цеглою. Дослідженнями висолоутворення згідно ДСТУ Б В.2.7-171:2008 через 7 діб випробувань встановлена наявність висолів на поверхні керамічної лицьової цегли.

Для захисту конструкцій і покращення експлуатаційних властивостей керамічної лицьової цегли застосовується метод поверхневого оброблення гідрофобізуючими речовинами [3, 4]. Як видно з рис. 1, при обробленні поверхні лицьової цегли кремнійорганічним лаком КО-85 водопоглинання зменшується від 16,5 до 13,2 мас.%. При використанні гідрофобізатора на основі акрилових полімерів (ГФ 1) пористість зменшується в 1,3...1,4 рази, водопоглинання – на 30%, показник водопоглинання при капілярному підтягуванні – в 2 рази. При обробленні поверхні гідрофобізатором комплексної проникаючої дії з вмістом наночастинок (ГФ 2) водопоглинання зменшується від 16,5 до 5,1%, показник водопоглинання при капілярному підтягуванні – в 3,8 рази (від 2,2 до 0,58 кг/м²·год^{0,5}), що забезпечує досягнення показників клінкерної цегли.

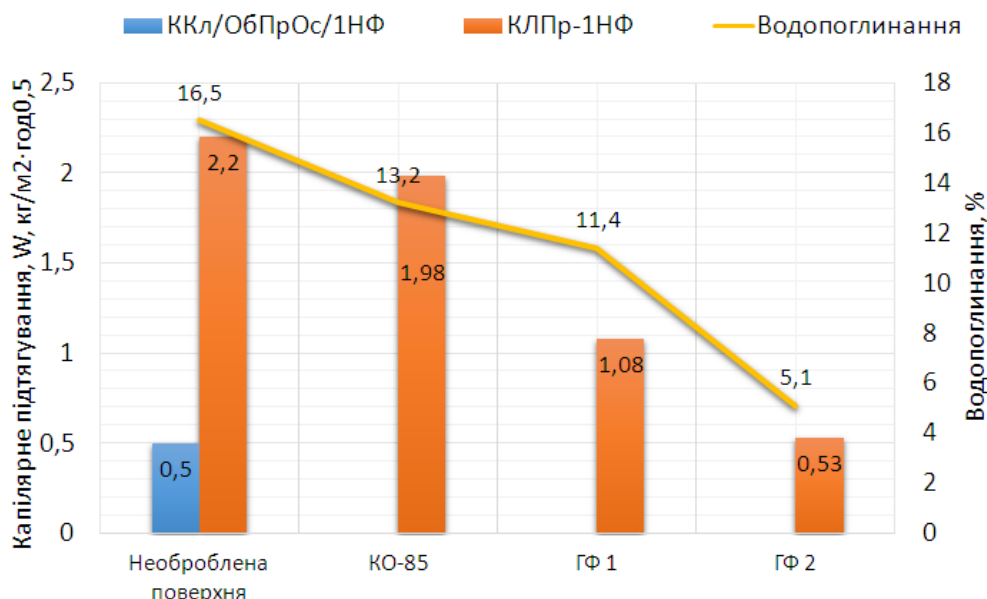


Рис. 1. Капілярне підтягування та водопоглинання керамічної цегли

Методом електронної мікроскопії встановлено, що необроблена поверхня керамічної лицьової цегли характеризується неоднорідною структурою з відкритими капілярними мікропорами. При просоченні поверхні зразка гідрофобізатором проникаючої дії з вмістом наночастинок структура вирівнюється та ущільнюється за рахунок кольматування мікропор та мікротріщин, без утворення плівки. За методом Карстена водопоглинання керамічної лицьової цегли, модифікованої гідрофобізатором ГФ 2 через 4 год становить 0,04 мл/см², міцність на стиск після 100 циклів зволоження та висушування складає 15,8 МПа, показник морозостійкості досягає марки F100. При захисті поверхні нанорідною гідрофобізуючою дією забезпечується зниження показників пористості, водопоглинання при капілярному підтягуванні, збільшення водонепроникності та висолостійкості конструкції.

- [1] Пушкарева Е.К., Суханевич М.В., Бондарь Е.В. Гидроизоляционные покрытия проникающего действия на основе шлакосодержащих цементов, модифицированных природными цеолитами // Восточно-Европ. журн. – 2014. – № 3/6. – С. 57 – 62.
- [2] Varshavets P.G., Svidersky V.A., Chernyak L.P. Peculiarities of the structure and hydro physical properties of face brick. – European applied sciences // Stuttgart, Germany: ORT Publishing, 2014. – №1. – P. 106 – 110.
- [3] Підвищення експлуатаційних властивостей цегляної кладки зовнішніх стін огорожувальних конструкцій / Т.П. Кропивницька, М.А. Саницький, Р.М. Семенів, А.Т. Камінський // Науковий вісник будівництва. – 2018. – Т. 91, № 1. – С. 146 – 151.
- [4] Kropyvnytska, T., Semeniv, R. Ivashchysyn, H. Increase of brick masonry durability for external walls of buildings and structures // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 116. – 01007.

УДК 691.3

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ. ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR ADVANCED CONCRETE. PRACTICAL EXPERIENCE

*д-р техн. наук А.Ю. Крот¹, канд. техн. наук В.А. Рязанова²,
д-р техн. наук А.И. Габитов², канд. техн. наук А.С. Салов²*

¹Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)

²Уфимский государственный нефтяной технический университет (г. Уфа)

*A.Yu. Krot¹, Dr. Sc. (Tehn.), V.A. Ryazanova², PhD. (Tehn.),
A.I. Gabitov², Dr. Sc. (Tehn.), A.S. Salov², PhD. (Tehn.)*

¹Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)

²Ufa State Petroleum Technological University (Ufa)

В монолитном строительстве получили широкое применение бетоны с высокими эксплуатационными и прочностными показателями и бетонные смеси с модифицирующими добавками. На сегодняшний день актуальным является оптимизация и рациональное применение высокопрочных бетонов и бетонов по-

вышенной прочности, особенно в сочетании с арматурой новых классов прочности.

На всех стадиях производства современных бетонов с обеспечением прочностных и эксплуатационных показателей обеспечивается соблюдение оптимальных решений по подбору состава бетонной смеси, выбору и применению технологии изготовления, уходу за бетоном, доведению качества бетонных изделий и железобетонных конструкций до требуемого уровня технического состояния на стадии эксплуатации, обеспечению и поддержанию нормированного уровня [1].

Применяемые в практике немодифицированные бетонные смеси с предельной прочностью на сжатие 40 МПа (при классе прочности В30) имеют подвижность группы П1 (не выше ОК 1-5 см) и не могут применяться в монолитном строительстве. На основе органоминеральных модификаторов и известных суперпластификаторов для диапазона прочности 50-80 МПа (классы бетона В40-В65) реально получение бетонных смесей групп П4-П5 по подвижности, которые, в основном, обеспечивают потребности монолитной технологии строительства, включая бетонирование тонкостенных и густоармированных конструкций. Бетонные смеси с современными химическими добавками групп подвижности П1-П3 открывают возможности получения бетонов классов В80 и выше (марочной прочностью 100 МПа и более) [2].

Современные требования к бетону различны. Иногда требуются бетоны невысокой прочности, но с повышенными требованиями к специальным свойствам. Например, БСТ В15 П4 F75 W6 ГОСТ 7473-2010. Для выполнения требований по водонепроницаемости необходимо изготовить бетон более высокого класса по прочности на сжатие, чем бетон В15, изготовленный по обычной технологии, так как последний будет иметь марку по водонепроницаемости меньше, чем W6.

Получение и применение модифицированных бетонов сопряжено с проблемой не только достижения, а также необходимостью сохранить требуемый уровень прочности и проектируемые эксплуатационные показатели цементных бетонов с проведением дальнейших исследований структурообразования и деструкции в цементных системах.

Результаты работ по технико-экономическому обоснованию оптимального применения модифицированных бетонов повышенной прочности [3] и высокопрочной арматуры внедрены при строительстве 25 этажных жилых домов № 9 и 10 в микрорайоне «Бакалинский» в Кировском районе г. Уфы. Фактическое расхождение показателей между теоретическим технико-экономическим решением и реальными затратами материалов при строительстве составили: по бетону - в пределах 4,5 % и по арматуре - в пределах 6 %.

В соответствии с применением разработанного технико-экономического решения предусмотрена замена класса арматуры с исходного АIII на высокопрочную А500С при рациональном сочетании с модифицированными бетонами повышенной прочности. Применялась разработанная и зарегистрированная

программа для ЭВМ: «Расчет эффективного расхода арматурной стали по критерию снижения стоимости для вариантного сечения изгибаемого элемента».

Предлагаемый разработанный и получивший широкое применение в Республике Башкортостан аналитический аппарат позволяет выявить рациональные области применения эффективных классов бетонов и арматурной стали в железобетонных элементах с технико-экономическим обоснованием на стадии проектирования и выполнить количественную оценку их эффективности, что особенно важно в выборе модифицированных бетонов и современной арматуры для строительства каркасно-монолитных объектов.

- [1] Браун В. Расход арматуры в железобетонных элементах (перевод с немецкого В.Ф.Гончара) М.: Стройиздат, 1993. 144 с.
- [2] Vinnichenko V.I., Ryazanov A.N. Ecological indices of manufacture of Portland cement clinker and production of the dolomite clinker // MATEC Web of Conferences 6. Сер. "6th International Scientific Conference "Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings", Transbud 2017. С. 01020
- [3] Bedov A. I., Salov A. S., Gabitov A. I, CAD methods of structural solutions for reinforced concrete frame // XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering "Construction - The Formation of Living Environment" (FORM 2018) 25–27 April 2018, Moscow, Russian Federation. Volume 365 (2018), 2018, P. 1-8.

УДК 666.974.6

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ДОБАВКОЮ МІКРОКРЕМНЕЗЕМУ

THE RESEARCHES OF MECHANICAL ACTIVATION OF PORTLAND CEMENT WITH ADDITIVE OF MICROSILICA

**канд. техн. наук Л. М. Ксьоншкевич¹, канд. техн. наук О. М. Крантовська¹,
канд. техн. наук М. М. Петров¹, канд. техн. наук С. В. Синій²,
д-р техн. наук А. В. Уль³**

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури (м.Одеса)

²Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)

³Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки (м. Луцьк)

**L. M. Ksonshkevych¹, PhD (Tech.), O. M. Krantovska¹, PhD (Tech.),
M. M. Petrov¹, PhD (Tech.), S. V. Synii², PhD (Tech.),
A. V. Uhl³, Dr. Sc. (Tech.)**

¹Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)

²Lutsk National Technical University (Lutsk)

³LesyaUkrainka Eastern European National University (Lutsk)

Метою досліджень було проведення рентгено-фазового аналізу та вивчення мікроструктури цементного каменю в'язуче якого піддавалось механоактивації в спеціально виготовленому трибоактиваторі. Для вивчення процесів формування фазового складу і мікроструктури механоактивованого цементного каменю з добавкою 10% мікрокремнезему використано комплекс сучасних методів

фізико-хімічного аналізу [1, 2]. Рентгенофазові дослідження проводили методом порошків на дифрактометрі ДРОН-2.0 при $\text{CuK}\alpha$ - випромінюванні. Досліджувані зразки роздрібнюють в агатовій ступці до повного проходження крізь сито № 008. Приготовану пробу наносили рівномірним шаром на кварцову кювету, попередньо змащену вазеліном, яку встановлювали на гоніометричний пристрій ГУР-5. За допомогою детектора рентгенівського випромінювання (сцинтиляційний лічильник, швидкість підрахунку 500 імп/с) записували дифрактограми в інтервалі кутів $2\theta=8-50^\circ$.

Дослідження мікроструктури препаративних зразків і фотографування сколів цементного каменю, гідратованого в різних умовах - на РЕМ TESLA BS-300, який дає можливість прямого дослідження поверхні твердих об'єктів.

Аналіз дифрактограм цементного каменю через 28 днів твердіння свідчить про утворення основних характерних фаз гідратів. В процесі механоактивації значно інтенсифікуються процеси гідратації, що підтверджується зниженням інтенсивності ліній негідратованого цементу ($d/n=0.26; 0.260; 0.217$ нм), а також збільшенням інтенсивності ліній гідроокису кальцію ($d/n=0.26; 0.49$ нм).

Введення мікрокремнезему супроводжується деяким закономірним зниженням інтенсивності ліній основних клінкерних мінералів і зниженням інтенсивності ліній CaOH_2 ($d/n=0.49; 0.261$ нм). Це пояснюється активною пуцолановою реакцією між портландцементом і мікрокремнеземом.

Про ефективність використання механоактивації в комплексі з добавкою мікрокремнезему свідчать дані мікрозондового аналізу. На мікрофотографіях спостерігається частина щільно упакованих гексагональних пластин, які відносяться до гідроокису кальцію. Також на мікрофотографії можна побачити зерно мікрокремнезему, яке ще не вступило в реакцію з $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В той же час велика частина введеного мікрокремнезему взаємодіє з $\text{Ca}(\text{OH})_2$, утворюючи значну кількість кристалів гідросилікату кальцію. Низькоосновні С-S-H кристалізуються, сприяють утворенню міцних зв'язків між продуктами гідратації цементу, підвищуючи щільність і механічну міцність каменю.

Виявлено, що введення в портландцемент органо-мінеральної добавки з одночасною механоактивацією в'язучого дає можливість регулювати процеси структуроутворення. Аналіз дифрактограм цементного каменю показує, що в процесі механоактивації значно інтенсифікуються процеси гідратації, а введення 10% мікрокремнезему призводить до активної пуцоланової реакції між портландцементом і мікрокремнеземом.

Проведені дослідження показали, що механоактивація портландцементу з добавкою мікрокремнезему змінює якісний і кількісний склад новоутворень, що веде до зміни умов організації структури цементного каменю. У свою чергу, зміна характеру структуроутворення викликає зміну властивостей твердіючих композицій в порівнянні з цементними композиціями, отриманими за звичайною технологією [3-5]. Виявлено, що введення мікрокремнезему в портландцемент приводить до підвищення міцності цементного каменю в порівнянні з контролем від 26 % до 40% (в залежності від термінів твердіння).

В 28-и денному віці міцність цементного каменю на механоактивованому в'язучому з добавкою 10% мікрокремнезему в 1,4 рази вище відносно контролю [6]. Отже можна стверджувати, що направлена структурна модифікація приводить до підвищення міцності затверділих цементних композицій. Експериментально встановлено, що механоактивація рядового портландцементу у присутності мікрокремнезему і суперпластифікатора С-3 дозволяє отримувати важкі бетони класів С35/45...С90/105 з витратою в'язучого від 450 до 550 кг/м³. За результатами досліджень оптимізовано складові високоміцного бетону класу С70/85...С90/105.

- [1] Горелик С.С., Рентгенографический и электроннооптический анализ / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю. А. Скаков // Учеб.пособие для вузов. - 3-е изд. доп. и перераб. - М.: МИСИС, 1994. - 328 с.
- [2] Шостак А.В. Кількісна стереомікрофрактографія: Монографія /В.М. Мельник, А.В. Шостак – Луцьк: ПВД «Твердиня», - 2010. – 460с.
- [3] Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин / Навчальний посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100с.
- [4] Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов. – Симферополь: Таврия, 1997. – 180с.
- [5] Ксєншкевич Л.Н. Высокопрочные бетоны на механоактивированом вяжущем: дис. канд. техн. наук: 05.23.05: Одесса, 2013, 145с.
- [6] Ксєншкевич Л.Н. Физико-химические и физико-механические методы исследования цементного камня с добавкой микрокремнезема / Л.Н. Ксєншкевич, И.В. Барабаш // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА. - 2010. - вип. №40. - С.161-167.

УДК 666.972.035.5:662.997

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОПЕРЕДНЬОГО ВИТРИМУВАННЯ БЕТОНУ ПРИ ТЕПЛОВІЙ ОБРОБЦІ НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ

ANALYSIS OF THE EXPEDIENCY OF PRE-CURING CONCRETE DURING HEAT TREATMENT WITH HEATED AIR

*канд. техн. наук Т. С. Кугаєвська, канд. техн. наук В. В. Шульгін¹
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (м. Полтава)*

***T.S. Kugaevska, PhD (Tech.), V.V. Shulgin, PhD (Tech.)**
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (Poltava)*

Існує декілька видів теплової обробки бетонних виробів за допомогою сонячної енергії та повітрянагрівачів [1 – 6].

Проаналізовано вплив попереднього витримування важкого бетону при м'яких режимах теплової обробки нагрітим повітрям (до 30°C) на його фізико-механічні властивості. Поверхня бетону гідроізолювана. Межі варіювання тривалості попереднього витримування бетону в закритій камері: 0 год (–1в кодованому вигляді); 1 год (0); 2 год (+1) (див. рис. 1, 2). Межі варіювання вмісту прискорювача твердіння: 0,8% від маси цементу (–1в кодованому вигляді); 1,4% (0); 2,0% (+1). На рис. 1, 2 показано частину результатів експериментальних даних, відображених у програмі STATISTICA.

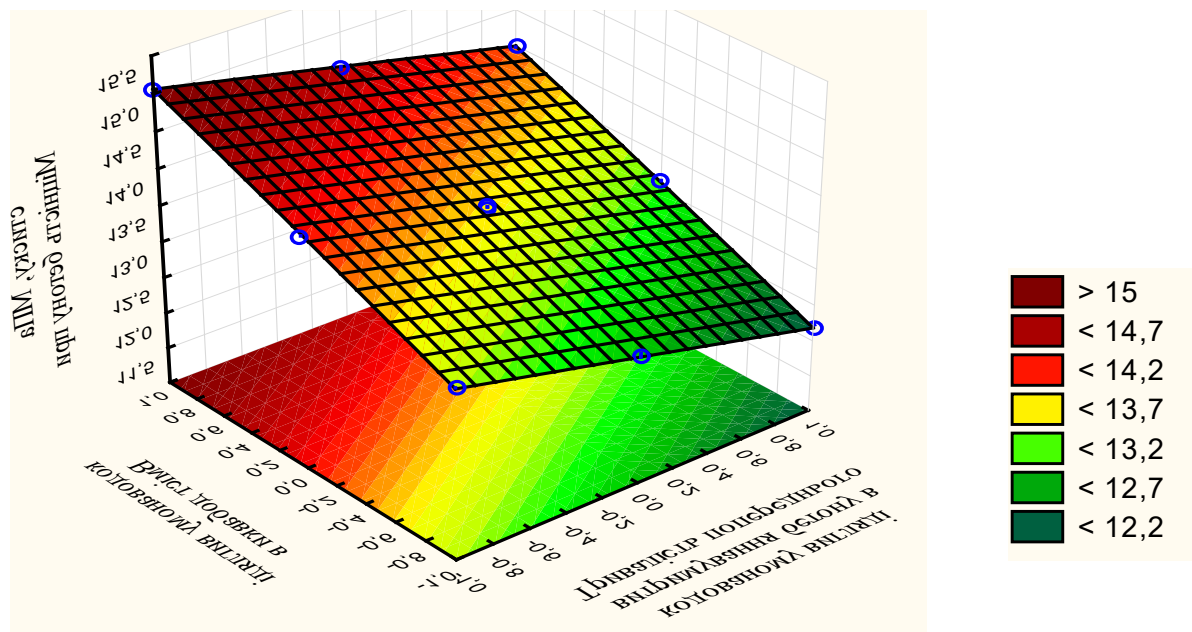


Рис. 1. Загальний вигляд функції відгуку міцності бетону при стиску у віці 1 доби

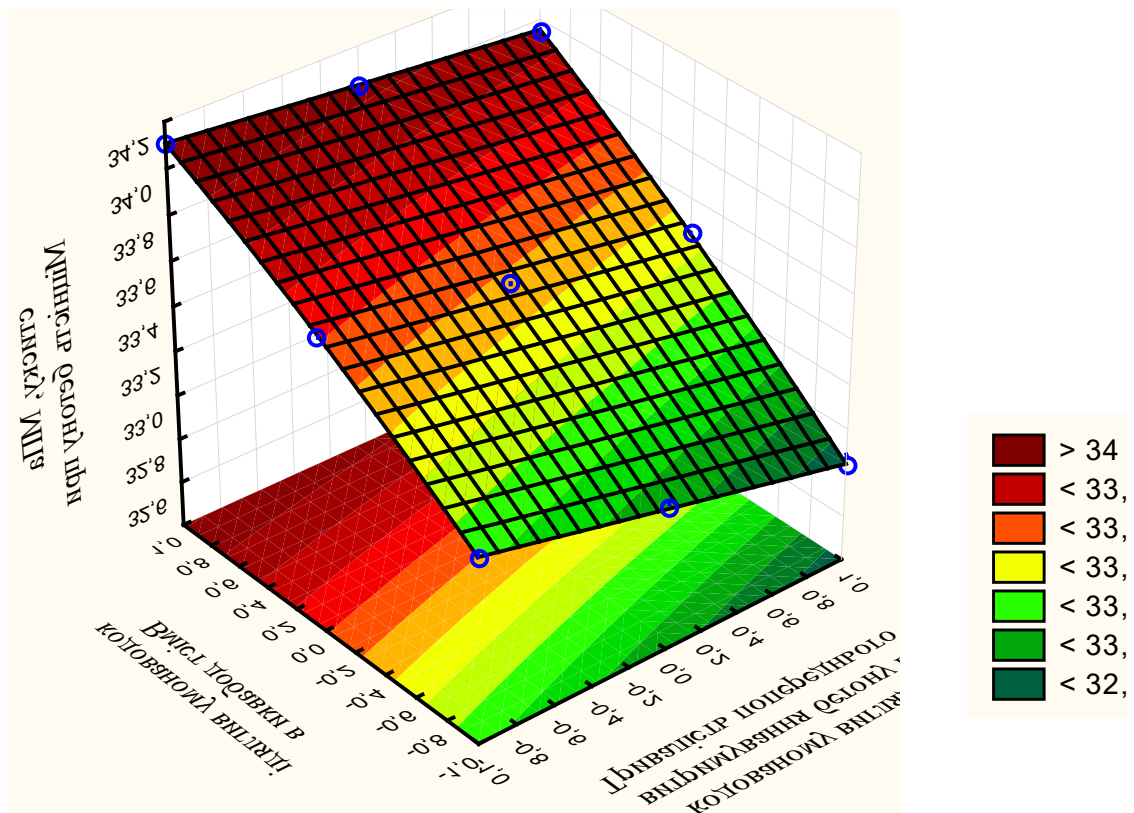


Рис. 2. Загальний вигляд функції відгуку міцності бетону при стиску у віці 28 діб

Установлено, що попереднє витримування при досліджуваній тепловій обробці знижує показники фізико-механічних властивостей бетону відповідно часу витримування.

Таким чином, при застосуванні теплової обробки бетонних та залізобетонних виробів (які знаходяться в закритих формах) із використанням повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії або в повітрянагрівачі, не потрібно здійснювати попереднє витримування.

- [1] Подгорнов Н.И. Термообработка бетона с использованием солнечной энергии / Н.И. Подгорнов. – М. : АСВ, 2010. – 328 с.
- [2] Аруова Л. Б. Использование солнечной энергии для гелиотермообработки бетона в Республике Казахстан / Л. Б. Аруова, Н. Т. Даужанов // Вестник МГСУ. – М. : НИУ МГСУ, 2012. – № 10. – С. 142 – 145.
- [3] Дудар І. Н. Використання сонячної енергії для термосилової обробки бетону / І. Н. Дудар, В. Л. Гарнага, С. В. Яківчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – Т. 16, № 1. – С. 48 – 52.
- [4] Кугаєвська Т. С. Комбіновані способи геліотермообробки бетонних виробів: монографія / Т. С. Кугаєвська. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 308 с.
- [5] Kugaevska T.S. Development of methodology forecasting of intensity solidification concrete products in the alternative methods of heat treatment / T. S. Kugaevska // Energy, energy saving and rational nature use. – Oradea, Romania : Oradea University Press, 2015. – P. 4 – 52.
- [6] Kugaevska T.S. The preliminary concrete delay duration influence on its properties at thermal processing by hot air / T.S.Kugaevska, V. P.Sopov, V.V.Shulgin // International journal of engineering & technology. – [Science Publishing Corporation](#), 2018. – № 7 (3.2). – P. 225 – 228.

УДК691.328.44

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНИХ БЕТОНІВ ДО УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

RESEARCH OF IMPACT RESISTANCE OF NANOMODIFIED FIBERREINFORCED CONCRETE

*канд. техн. наук У.Д. Марущак,
д-р. техн. наук М.А. Саницький, асп. Н.І. Сидор
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

***U.D. Marushchak, PhD (Tech.), M.A. Sanytsky, Dr. Sc. (Tech.),
N.I. Sydor, PhD student**
Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

Сучасні технології будівництва висувають новий рівень вимог до технологічних та технічних показників, а також довговічності бетонів, що пов'язано з їх використанням для конструкцій споруд цивільного та спеціального призначення, які працюють в особливих екстремальних умовах, в конструкціях складних архітектурних форм, оболонках, резервуарах, покриттях доріг, аеродромів, захисних елементів, де необхідні підвищена тріщиностійкість, висока ударна в'язкість та зносостійкість для надійної експлуатації протягом життєвого циклу. В умовах ударного впливу конструкційний матеріал руйнується при менших напруженнях порівняно з статичними навантаженнями, що може призводити до передчасного руйнування конструкцій [1]. Здатність бетону протистояти динамічним навантаженням в значній мірі вирішується формуванням багаторівневої структури бетону за рахунок комплексного модифікування на нано-, мікро- та макромасштабному рівнях суперпластифікаторами нової генерації, нано- і ультратонкими мінеральними добавками, а також поліієрархічним армуванням дисперсними волокнами, при цьому створюються структурні умови гальмування тріщин, дисипації та поглинання енергії зовнішніх динамічних впливів [2-4].

Наномодифікування бетону на основі портландцементу ПЦ І-500Р-Н ПрАТ «Івано-Франківськцемент» проведено комплексною органо-мінеральною добавкою, що містить суперпластифікатор полікарбоксилатного типу GleniumACE 430, високоактивний метакаолін і нанокремнезем (NC). Ступінь армування поліпропіленою фіброю наномодифікованого дисперсно-армованого бетону (NFRC) становить 1 мас. %.

Міцність наномодифікованого бетону NC через 2 та 28 діб в 1.8 та в 1.4 рази відповідно перевищує міцність бетону, модифікованого добавкою на основі лігносульфонатів – RC (рис. 1). За показником питомої міцності $f_{cm2}/f_{cm28}=0.52-0.57$ наномодифіковані бетони відносяться до швидкотверднучих, а за міцністю в проектному віці $f_{cm28}=98.7-104.5$ МПа – до високоміцних (клас за міцністю С 60/75).

Формування щільної структури наномодифікованого бетону NC дозволяє підвищити показники ударної в'язкості (питома енергія удару до появи першої видимої тріщини та повного руйнування) в 2.0-2.6 рази порівняно з модифікованим бетоном RC як в ранньому, так і проектному віці. Суттєве зростання ударної в'язкості відбувається при дисперсному армуванні структури бетону поліпропіленою фіброю. Так, через 2 доби тверднення питома енергія удару до появи першої видимої тріщини зростає до 2.5 Дж/см³, а повного руйнування – 3.89 Дж/см³, що перевищує відповідні показники наномодифікованого бетону в 5.0 та 6.7 рази відповідно. Через 28 діб тверднення показники ударної в'язкості наномодифікованого дисперсно-армованого бетону зростають в 10.5-11.8 рази порівняно з неармованим нанобетоном.

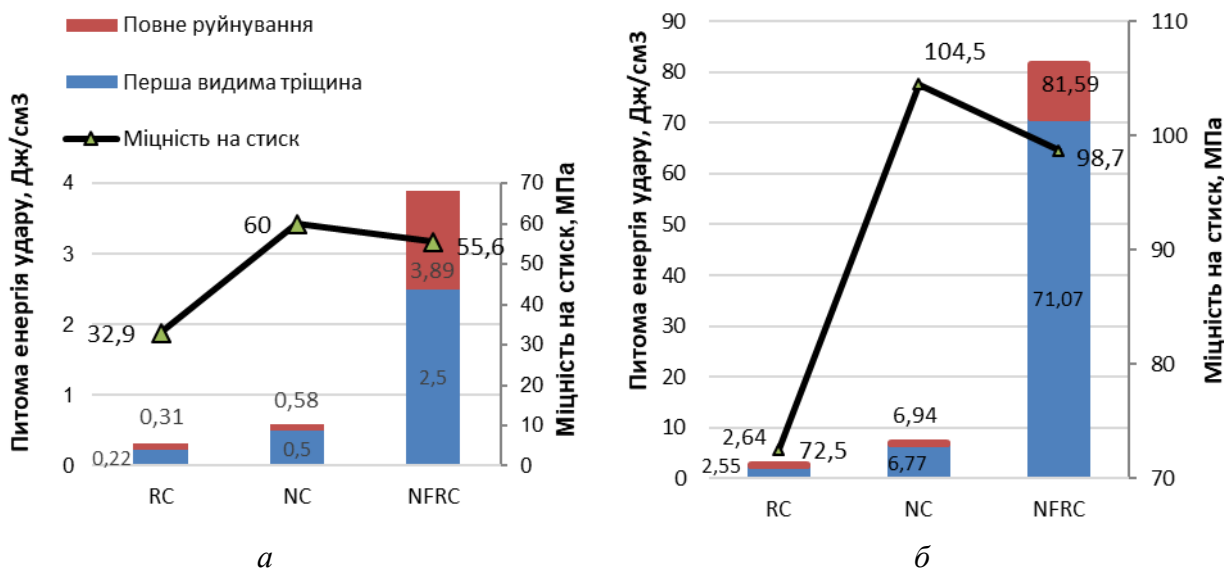


Рис. 1. Ударна в'язкість та міцність бетонів через 2 (а) та 28 діб тверднення (б)

Зниження дефектності структури, формування підвищеної кількості гідратних новоутворень в матриці при введенні елементів різних масштабних рівнів, дисперсне армування забезпечує значне деформаційне тривимірне зміцнення наномодифікованого фібробетону, в результаті чого зростає енергоємність процесу руйнування та ударна стійкість композиту.

- [1] FicS.B. Concrete under the influence of impact loads / S. B. Fic. – Lublin: PolitechnikaLubelska, 2017. – 270 p.
- [2] Development of nanomodified rapid hardening fiberreinforced concretes for special-purpose facilities / U. Marushchak, M. Sanytsky, S. Korolko et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 2 – Issue 6. – P. 34–41.
- [3] Interaction of mineral and polymer fibers with cement stone and their effect on the physical-mechanical properties of cement composites / A. A. Plugin, T. O. Kostiuk, O. A. Pluginet. al. // International Journal of Engineering Research in Africa. – 2017. – Vol. 31. – P. 59–68.
- [4] BadrA. Statistical variations in impact resistance of polypropylene fibre-reinforced concrete / A. Badr, A. F. Ashour, A. K. Platten // International Journal of Impact Engineering. – 2006. – Vol. 32. – P. 1907–1920.

УДК 624.131.439

ГРУНТОПОЛІМЕРНА КОМПОЗИЦІЯ НА ОСНОВІ ІН'ЄКЦІЙНОГО ПОЛІУРЕТАНУ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ СПОРУД

HIGH-POLYMER COMPOSITION ON THE BASIS OF INJECTION POLYURETHANE FOR STRENGTHENING THE BASIS OF SPORUD

*канд. техн. наук С.В. Мірошніченко¹, д-р техн. наук Д.А. Плуґін¹,
канд. техн. наук О.А. Калінін¹, А.С. Зверєва¹, І.В. Резніченко²*
¹ Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)
² ТОВ «СПТ Україна» (м.Київ)

*S.V. Miroshnichenko¹, PhD (Tech.), D.A.Plugin¹, Dr. Sc. (Tech.),
O.A. Kalinin¹, PhD (Tech.), A.S. Zvierieva¹, I.V. Reznichenko²*
¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)
²LLC «SPT Ukrayina» (Kyiv)

Широке розповсюдження в останній час набувають ін'єкційні способи нагнітання в ґрунти матеріалів, що тверднуть: цементация – цементних розчинів; глинизация – глиняної суспензії; силікатизация – натрієвого рідкого скла як закріплювача (дворозчинна – по черзі рідкого скла і отверджувача; однорозчинна двокомпонентна – суміші рідкого скла і отверджувача; однорозчинна однокомпонентна – рідкого скла, отверджувачем є ґрунт; газова – рідкого скла і вуглекислого газу як отверджувача); електросилікатизация – сполучення електроосмосу і силікатизації; смолизация – смоли, що полімеризується (закріплювача), і отверджувача; бітумизация.

До сучасних ін'єкційних композицій з високими показниками ефективності слід віднести поліуретанові багатокомпонентні матеріали SPTTM і технології ремонту на їх основі.

Для оцінки дійсної ефективності підсилення основ поліуретановими багатокомпонентними матеріалами SPTTM було проведено ряд лабораторних та натурних випробувань, що включали статичні та динамічні випробування моделей із закріпленим ґрунтом та порівняно результати випробувань з моделями із не-

закріпленого ґрунту при різній вологості, проведено дослідження показника довговічності матеріалу SPT™ та закріпленого ним ґрунту – стійкості до попере- мінного зволоження та висушування.

За результатами компресійних випробувань встановлено, що модуль дефор- мації закріпленого ґрунту в 1.4 разі перевищує модуль деформації ґрунту у природному стані. В результаті статичних штампових випробувань моделей ґрунтового масиву зроблено висновок про те, що закріплення ґрунту суттєво знижує його деформативність (підвищує модуль деформації). Модуль дефор- мації незакріпленого ґрунту в моделі за вологості $W = 15\%$ складає 0.5 – 0.7 МПа. В результаті закріплення ґрунту модуль збільшується за $W = 10.9\%$ до не менше 11.2 МПа, за $W = 6.9\%$ – до не менше 33.4 МПа. Проте в не меншому ступені модуль деформації підвищує осушення ґрунту: за $W = 11.5\%$ – до 3.9 МПа, за $W = 9.5\%$ – до не менше 33.5 МПа.

За результатами дослідження впливу попере мінного зволоження- висушування зразків закріпленого ґрунту на їх властивості встановлено, що цей вплив спричиняє пошкодження ґрунту, яке характеризується втратою маси як у сухому, так і у водонасиченому стані. Після кожного циклу зволоження- висушування збільшується різниця між масою у сухому та зволоженому стані, що свідчить про збільшення пористості а, отже, й деформативності ґрунту.

Для оцінки підвищення несучої здатності ґрунту за рахунок закріплення ма- теріалом за технологією SPT™ запропоновано використовувати величину кое- фіцієнту підвищення модуля деформації від закріплення K_E – відношення модуля деформації закріпленого ґрунту до модуля деформації природного ґру- нту за однакової вологості.

В результаті дослідження впливу попере мінного зволоження – висушування на зразки закріпленого ґрунту встановлено, що у разі закріплення матеріалом і за технологією SPT™ втрата ними 5 % маси досягається за 10 циклів, а силіка- тизацією – втрата 10 % маси досягається за 2 цикли. Враховуючи довговічність закріплення ґрунту силікатизацією 15 років прогнозована довговічність закріп- лення ґрунту матеріалом SPT™ очікується на рівні не менше 75 років.

В результаті петрографічних досліджень встановлено, що на відміну від традиційного хімічного закріплення ґрунту силікатизацією або смолизацією, які забезпечують рівномірне просочення ґрунту, матеріал і технологія SPT™ за- безпечують утворення в ґрунті коренеподібних армуючих елементів. Окремі «корені» мають поперечний розмір до 70 мм і складаються із серединної і пе- риферійної зон. Серединна зона є прошарком щільного добре полімеризованого матеріалу, периферійна – ґрунтополімерним композитом із поризованого полі- меризованого матеріалу і частинок ґрунту.

Виходячи із цього галузь застосовування матеріалу і технології SPT™ шир- ше, ніж традиційного хімічного закріплення ґрунту силікатизацією або смоли- зацією (застосовні лише для пісків і лесоподібних (пористих) суглинистих ґрунтів) та розповсюджується практично на всі глинисті ґрунти.

**ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ІН'ЄКТУВАННЯМ
ЦЕМЕНТНИХ РОЗЧИНІВ З ДОБАВКАМИ-МОДИФІКАТОРАМИ**

**THE WATERPROOFING OF UNDERGROUND STRUCTURES BY
INJECTION OF CEMENT MORTAR WITH ADDITIVES BY MODIFIERS**

канд. техн. наук А.В. Никитинський

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A.V. Nikitinskii, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У промисловому та цивільному будівництві використовується широкий спектр конструкцій і споруд у різноманітних умовах їх експлуатації, які визначаються кліматом, особливостями технічних рішень, умовами навантаження і т.д. Особливо складні умови для конструкцій, що знаходяться під землею. Контакт їх з агресивними середовищами призводить до руйнування конструкцій. Причому для таких конструкцій характерно комплексний вплив факторів, наприклад одночасно вологості і температури, ґрунтових вод, електричного струму. Отже, актуальним завданням є поліпшення непроникності матеріалу в першу чергу для води, оскільки саме вона визначає можливість розвитку корозійних процесів.

Властивості будівельних матеріалів визначаються їх складом і будовою, а також величиною і характером пористості. Пористість є важливою характеристикою, оскільки з нею пов'язані такі технічні властивості матеріалу як міцність, щільність, водопоглинання, морозостійкість, електропровідність, теплопровідність і т.д. Відкриті пори заповнюються водою в звичайних умовах насичення, збільшують водопроникність і водопоглинання матеріалу, погіршують його морозостійкість. Інший обсяг пір характеризує закриту пористість (капілярну, гелеву). Збільшення закритої пористості за рахунок відкритої підвищує довговічність матеріалів і виробів. Вплинути на співвідношення закритої та відкритої пористості можна як при ущільненні бетонної суміші, так і введенням різноманітних добавок – неорганічних наповнювачів, суперпластифікаторів та інш.

Як неорганічні добавки зазвичай використовують мікрокремнезем, золу-винос, мелений пісок та інш. У випадку неорганічних наповнювачів має місце механічне заповнення дрібних пір. Вони вносять значний вклад у розвиток довготермінової міцності матеріалу, однак довготривалий час тужавіння та незначна рання міцність стримує використання таких добавок. Для усунення цих недоліків пропонується використовувати модифікатори, наприклад неорганічні та органічні солі металів, які сильно впливають на строки тужавіння, кінетику гідратації та розвиток міцності. У деяких випадках модифікатор добавки впли-

ває на властивості матеріалу сильніше, ніж сама добавка. Компоненти модифікатора взаємодіють з іншими речовинами з утворенням сполук, які кольматують пори бетону. Проведені дослідження свідчать про можливість забезпечення оптимальних кількостей добавки-модифікатора для отримання максимальної водонепроникності підземних споруд.

УДК 625.46:625.142

**ЗАСТОСУВАННЯ ВКЛАДИШІВ З БЕТОНУ НА КВАРЦОВИХ
ЗАПОВНЮВАЧАХ І ПОЛІУРЕТАНОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ
ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВІБРАЦІЇ, ШУМУ І ПІДВИЩЕННЯ
СТІЙКОСТІ ТРАМВАЙНОЇ КОЛІЇ**

**USE OF LINERS MADE OF CONCRETE ON QUARTZ
AGGREGATES AND POLYURETHANE COMPOSITION
TO REDUCE VIBRATION, NOISE AND IMPROVE
THE STABILITY TRACK OF THE TRAMWAY**

*О.В. Палант, д-р техн. наук Д.А. Плуґін, д-р техн. наук А.А. Плуґін,
канд. техн. наук О.В. Лобяк, канд. техн. наук О.А. Плуґін
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.V. Palant, D.A. Plugin, Dr. Sc. (Tech.), A.A. Plugin, Dr. Sc. (Tech.),
O.V. Lobiak, PhD (Tech.), O.A. Pluhin, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Електричний трамвай є екологічно чистим, недорогим і зручним видом міського транспорту. Однак йому притаманні і недоліки: ускладнює рух інших видів транспорту, створює шум і вібрацію, а постійні струми витоку з рейок можуть обумовлювати електрокорозію розташованих недалеко металевих і залізобетонних конструкцій і трубопроводів. Застосування інтегрованої в дорожнє покриття безстикової трамвайної колії з ізольованими рейками на безбаластній залізобетонній основі ці недоліки усуває не в повному обсязі, тому обґрунтування заходів щодо зниження вібрації, шуму, струмів витоку і температурних напружень в таких коліях є актуальним.

В роботі розвинені теоретичні основи зниження теплових деформацій безбаластної безстикової трамвайної колії. Удосконалено конструкцію колії з вбудованою рейкою за рахунок застосування спеціального вкладиша з бетону оптимального складу з кварцовими заповнювачами і наповнювачем та двокомпонентного поліуретану. Жорстко приклеєні до шийки рейки бетонні вкладиші служать не тільки для економії поліуретанової мастики, а й для гасіння вібраційних коливань рейок і зниження температурних напружень в рейках.

Розроблено спосіб розрахунку складу бетону оптимального за міцністю і коефіцієнтом лінійного теплового розширення з оптимальними структурними ха-

рактеристиками, в тому числі новим коефіцієнтом розсунення суміші цементу і наповнювача кристалогідратними продуктами гідратації цементу. Для зниження температурних напружень в рейках вкладиші слід виготовляти з бетону на кварцових заповнювачах і наповнювачах, що забезпечують зниження коефіцієнта лінійного теплового розширення α_L , до $1,1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Виконаний методом кінцевих елементів аналіз напружено-деформованого стану рейок при нагріванні показав, що вкладиші з бетону на кварцових заповнювачах знижують температурні напруги в рейці, що призводять до викидів колії, на 10 – 32%.

Обґрунтовано склад бетону вкладишів міцністю на стиск понад 60 МПа і обрана поліуретанова композиція для ізоляції рейок від стінки каналів з адгезією до бетону в сухому стані – 0,7 МПа, в водонасиченому – 0,43 МПа, до сталі – 1,2 МПа.

УДК 691.3; 691.5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛАСТИФІКУЮЧИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В РОЗЧИНАХ І БЕТОНАХ НА ОСНОВІ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ

THE EFFICIENCY OF PLASTICIZING SURFACTANTS IN ALKALI-ACTIVATED CEMENT MORTARS AND CONCRETES

*д-р техн. наук Р.Ф. Рунова, д-р техн. наук В.І. Гоц,
канд. техн. наук І.І. Руденко, канд. техн. наук О.М. Петропавловський,
канд. техн. наук О.П. Констатиновський, канд. техн. наук О.В. Ластівка*

*Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів,
Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)*

*R.F. Runova, Dr. Sc. (Tech.), V.I. Gots, Dr. Sc. (Tech.),
I.I. Rudenko, PhD (Tech.), O.M. Petropavlovskiy, PhD (Tech.),
O.P. Konstantynovskiy, PhD (Tech.), O.V. Lastivka PhD (Tech.)*

*Scientific Research Institute for Binders and Materials,
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Модифікація лужних цементів (ЛЦ) хімічними добавками має певні особливості, які визначаються в першу чергу ризиком деградації молекулярної структури добавок в гідратаційному середовищі лужних цементів внаслідок лужного гідролізу (омилення) [1, 2, 3]. Виникнення і швидкість протікання цього процесу визначається перш за все, композиційним складом лужних (лужно-активованих) цементів, в т.ч. природою (групою) лужного компоненту [4].

В роботі проведено дослідження стабільності молекулярної структури добавок пластифікуючої групи в гідратаційному середовищі лужного цементу з різним вмістом гранульованого доменного шлаку (ГДШ) за допомогою методу інфрачервоної спектроскопії (ІЧС).

В якості лужних компонентів ЛЦ використано метасилікат натрію п'ятиводний $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (МС) та сода кальцинована технічна Na_2CO_3 (СК).

Використано п'ять складів ЛЦ, які згідно з ДСТУ Б В.2.7-181 відносяться до трьох типів – склад 1 (клінкер – 97,6 %, МС – 2,4 % (0,7 % по Na_2O)) – тип II (лужний портландцемент, ЛПЦ), склад 2 (клінкер – 67,0 %, ГДШ – 30,1 %, СК – 2,9 % (1,7 % по Na_2O)), склад 3 (клінкер – 66,7 %, ГДШ – 30,0 %, МС – 3,3 % (1,0 % по Na_2O)) – тип IV (лужний шлакопортландцемент, ШПЦ), склад 4 (ГДШ – 95,2 %, СК – 4,8 % (2,8 % по Na_2O)) і склад 5 (ГДШ – 94,3 %, МС – 5,7 % (1,7 % по Na_2O)) – тип I (шлаколужний цемент, ШЛЦ).

Використано наступні добавки пластифікуючої групи: “JK-04PP” на основі полікарбосилатних ефірів (тип ПК) виробництва “JANKAI” (Китай), лігносульфонат натрію технічній (ЛСТ) виробництва “Votrespers” (Норвегія), “Melflux PP100F” на основі модифікованого поліетиленгліколю (ПЕГ-М) виробництва “SKW Polymers” (Німеччина), ПЕГ-400 на основі поліетиленгліколю (ПЕГ) виробництва “DowChemical” (Німеччина), “Triameen Y12D” на основі адиклічного поліаміну (АПМ) виробництва “AkzoNobel” (Нідерланди).

Виявлено, що хімічні добавки типу ПК і ПЕГ-М, вміщуючі складноефірні зв'язки в молекулярній структурі, зазнають деструкції молекулярної структури внаслідок лужного гідролізу при збільшенні показника рН гідратаційного середовища ЛЦ, обумовленого вмістом лужного компоненту відповідно до вмісту ГДШ в складі ЛЦ і природою лужного компоненту. Добавки типу ЛСТ, ПЕГ і АПМ характеризуються стабільністю молекул незалежно від вмісту лужного компоненту. Це обумовлює ефективність використання добавок на основі складних поліефірів (ПК і ПЕГ-М) в ЛЦ типу II (0 % ГДШ) з відносно низьким вмістом лужного компоненту. При збільшенні вмісту лужного компоненту відповідно до вмісту ГДШ в ЛЦ типів I і IV ефективність добавок без складноефірних зв'язків (ЛСТ, ПЕГ і АПМ) збільшується.

Доцільність вибору хімічної природи (типу) добавок відповідно до типу ЛЦ підтверджується властивостями розчинів і бетонів. Так добавка типу ПЕГ-М при мінімальному вмісті лужного компоненту забезпечувала отримання на основі ЛЦ типу II анкерного розчину, який при розтічності розчинової суміші 150 мм характеризується міцністю на розтяг при вигині / міцністю на стиск – 6,6 / 30,6 МПа після 1 доби тверднення і адгезією 1,1 МПа. Добавки типу ПЕГ і АПМ в присутності ЛСТ визначають зміну класу консистенції товарної бетонної суміші від S1 до S3, S4 і збереження консистенції протягом 60 хв при забезпеченні на 3 добу міцності на стиск бетону на рівні аналога без добавки.

- [1] M. Collepardi, G. Grossi, M. Pellizon Birelli, G. Ventura. Influence of D-sorbitol on the properties of binders to immobilize acid nuclear wastes, 8th CANMET/ACI Int. Conf. on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Sorrento (Italy), S. 525-531 (2006).
- [2] M. Palacios, F. Puertas. Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali-activated slag pastes and mortars, Cement and Concrete Research, 35, S.1358-1367, (2005).
- [3] I. Rudenko, O. Konstantynovskyi, A. Kovalchuk, M. Nikolainko, D. Obremsky. Efficiency of redispersible polymer powders in mortars for anchoring application based on alkali activated Portland cements, Key Engineering Materials, Switzerland, Vol. 761, S. 27-30, (2018).
- [4] П. В. Кривенко, Р. Ф. Рунова, М. А. Саницкий, И. И. Руденко, Щелочные цементы: [Монография], Киев, издательство ООО «Основа», 2015.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛУЖНОГО КОМПОНЕНТУ
НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕЗКЛІНКЕРНИХ
І МАЛОКЛІНКЕРНИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ**

**THE RESEARCH OF INFLUENCE OF THE ALKALINE COMPONENT ON
THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE CLINKER-FREE
AND LOW-CLINKER HYDROIZOLIATION COMPOSITIONS**

*Ю.Ю. Савчук, д-р техн. наук А.А. Плуґін,
канд. техн. наук В.А. Лютий, канд. техн. наук О.А. Плуґін,
канд. техн. наук О.С. Борзяк
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Yu.Yu. Savchuk, A.A. Plugin, Dr. Sc. (Tech.), V.A. Liutyi, PhD (Tech.),
O.A. Pluhin, PhD (Tech.), O.S. Borziak, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Під час експлуатації залізобетонні конструкції інженерних споруд зазнають пошкоджень не тільки від механічних навантажень, а й температурно-вологісних впливів і деформацій, впливу агресивних середовищ, електричних впливів - струмів витоку та блукаючих струмів, електричних потенціалів і зарядів тощо. Це вимагає здійснювати їх ремонт і захист від агресивних впливів хімічно та біологічно активних середовищ, електричних струмів, потенціалів і зарядів. Для ремонту і захисту застосовуються переважно будівельні розчини, сухі суміші, штукатурки на основі портландцементного клінкеру. Ефективним різновидом таких матеріалів є композиції проникної дії на основі портландцементу, які ущільнюють поверхневі шари бетону пошкодженої конструкції.

Проте матеріали на основі портландцементу часто є недостатньо стійкими в багатьох умовах експлуатації. Наприклад, на металургійних підприємствах вони швидко руйнуються під впливом кислих газів - сірчистого ангідриду, вуглекислого газу. У таких умовах більш стійкими є шлаколужні в'язучі, що виготовляються із доменних гранульованих шлаків і мають досить високу корозійну стійкість в багатьох середовищах. Тому розробка композицій проникної дії на основі шлаколужних в'язучих, які були б стійкими до впливу кислих газів і могли б виготовлятися із наявної сировини, є актуальним завданням. Створення таких композицій одночасно сприятиме розв'язанню екологічних та економічних проблем використання відходів промисловості.

Досліджено вплив лужного компонента на фізико-механічні властивості і структуру безклінкерної гідроізоляційної композиції на основі криворізького доменного шлаку та лужного компонента - гідроксиду натрію. Встановлено, що між міцністю на стиск композиції та вмістом луга існує висока і дуже висока кореляція. Залежність має екстремальний хвилеподібний характер з максимумами при $A/S = 1.5\%$ і $15-20\%$, що пояснене формуванням одного та двох рядів

продуктів гідратації між частинками шлаку за аналогією з композиціями на основі портландцементу. Встановлено, що продукти гідратації композиції переважно гелеподібні - гідросилікатний гель і цеолоітоподібні натрієво-кальцієві гідроалюмосилікати, кристалічні продукти гідратації представлені в меншій кількості призматичними та голкоподібними кристалами комплексних солей алюмінатних фаз. Розмір пор в структурі композиції переважно не перебільшує 2 мкм, хоча зустрічаються окремі пори розміром до 10 мкм.

УДК 667.6

ВПЛИВ СТУПЕНЯ НАПОВНЕННЯ ПОРОЖНИСТИМИ МІКРОСФЕРАМИ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ

INFLUENCE OF THE DEGREE OF FILLING WITH HOLLOW MICROSPHERES ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ACRYLIC DISPERSION

*канд. техн. наук Н.В. Саєнко¹, канд. техн. наук Ю.В. Попов¹,
канд. техн. наук Р.О. Биков¹, Д.В. Демідов²*

¹*Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків)*

²*Харківський державний автотранспортний коледж (м. Харків)*

***N. Saienko¹, PhD (Tech.), Y. Popov¹, PhD (Tech.),
R. Bikov¹, PhD (Tech.), D. Demidov²***

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

²*Kharkiv State Auto-transport College (Kharkiv)*

Водо-дисперсні лакофарбові матеріали зарекомендували себе екологічно чистими, широко використовуються для отримання захисно-декоративних покриттів на неметалевих субстратах, проте останнім часом все більше використовуються в транспортному будівництві для захисту металу і бетону від корозії. Серед них в силу своїх функціональних властивостей і відносно невисокої вартості найбільшого поширення набули водо-дисперсні лакофарбові матеріали (ВД-ЛФМ) на основі акрилових плівкоутворювачів. [1, 2].

В даний час для надання теплоізоляційних властивостей лакофарбовим покриттям дедалі більшого застосування знаходять порожнисті скляні або керамічні мікросфери. Мікросфери можуть бути вакуумовані або наповнені розрідженим повітрям (в залежності від умов їх виробництва) і, завдяки вдалому поєднанню сферичної форми, контрольованих розмірів, низької щільності, високої міцності на всебічне стиснення, тепло- і звукоізоляційним та діелектричними властивостями, є одним з перспективних техногенних наповнювачів лакофарбових матеріалів [3].

Однак даних, що до реологічних властивостей, які визначають технологічність водо-дисперсних лакофарбових матеріалів, що в якості високодисперсного мінерального наповнювача містять порожнисті мікросфери, в літературі не достатньо. Тому вивчення впливу вмісту мікросфер на реологічні властивості ВД-ЛФМ представляє як науковий, так і практичний інтерес, оскільки наповнення впливає на характер структурування, і зумовлює технологію нанесення покриття відповідно.

Вивчення реологічних властивостей досліджуваних композицій визначали за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2» (Німеччина) з робочим вузлом циліндр-циліндр, з використанням вимірювального циліндра Н. Криві течії композицій знімали при зміні числа обертів від 0,1667 до 72,9 сек⁻¹ при температурі 296 К.

На рисунку 1 представлені реологічні криві течії ВД-ЛФМ, наповнених мікросферами (МС) 20 мас.% та 40 мас.%. Як видно, при збільшенні вмісту мікросфер характер течії не змінюється, однак відбувається різке зростання міцності структурної сітки, про що свідчать значення умовного статичного межі текучості τ_s , величина, якої зростає більш ніж в 3-4 рази (див. таблицю).

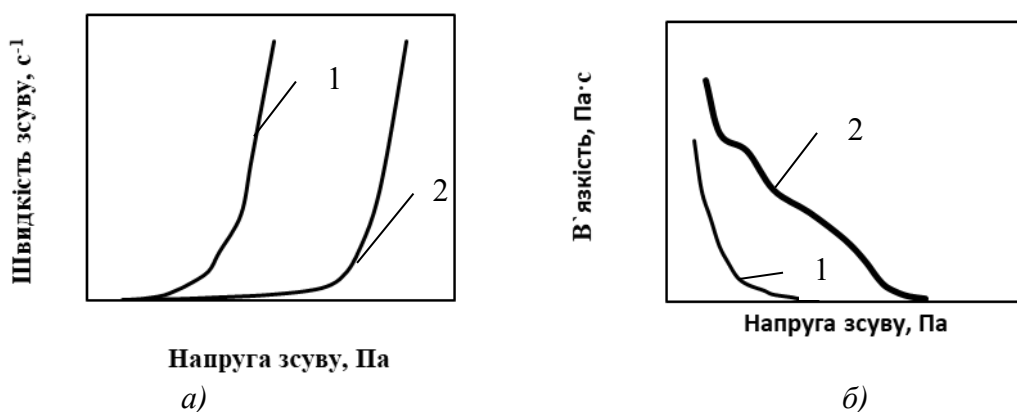


Рис. 1. Реологічні залежності у вигляді кривих течії (а) та кривих зміни в'язкості (б) від напруги зсуву ВД-ЛФМ від ступеня наповнення мікросферами: 20 (кр.1) і 40 (кр. 2) мас.%

В якості структурно-реологічних характеристик у таблиці 1 представлені: умовно статична межа плинності (τ_s), в'язкість при мінімальній швидкості початку руйнування (початкова ефективна в'язкість) (η_0), мінімальна в'язкість при максимальній швидкості деформування (η_{min}), і n – показник ступеня в рівнянні Гершеля-Балклі.

Таблиця 1

Структурно-реологічні характеристики

Композиція, мас.%	τ_s , Па	η_0 , Па·с	η_{min} , Па·с	n
ВД-ЛФМ	15,1	89,8	5,3	0,355
ВД-ЛФМ:МС (20)	47,9	287,3	13,3	0,269
ВД-ЛФМ:МС (40)	65,8	395,1	27,3	0,296

В результаті проведених експериментальних досліджень з вивчення реологічних властивостей водо-дисперсного акрил-стирольного плівкоутворювача наповненого алюмосилікатними мікросферами (МС) встановлено закономірно-

сті зміни в'язкості і швидкості деформування ВД-ЛФМ від напруги зсуву від ступеня наповнення мікросферами в межах від 20 до 40 мас. %.

- [1] Водно-дисперсионные краски для защиты металла и бетона от коррозии [Текст] / В. Лобковский. – Промышленная окраска №4. – 2016. С. 28-31.
- [2] Казакова Е.Е. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения / Е.Е. Казакова, О.Н. Скороходова.– М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2003. – 136 с.
- [3] Drozhzhin V.S., Piculin I.V. "Microspheres of natural silicates as fillers of composite materials", J. Moscow Phys. Soc., №9, (1999), pp. 209-214.

УДК 666.965(063):519.2

ВИРОБНИЦТВО КОМПЛЕКСНО АКТИВОВАНИХ КОМПОЗИТІВ НА СИЛКАТНОЇ МАТРИЦІ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

PRODUCTION OF COMPLEX ACTIVATED COMPOSITES ON A SILICATE MATRIX BASED ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES

*д-р техн. наук О.С. Шинкевич,
канд. техн. наук Є.С. Луцкін, асп. О.І. Сурков
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

*O.S. Shynkevych, Dr. Sc. (Tech.),
Y.S. Lutskin, PhD (Tech.), O.I. Surkov, PhD student
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa)*

Провідна особливість часу, в якому ми живемо, складається з необхідності усвідомити істинний зміст мети, заради якої відбувається людська діяльність. У зміст такої мети ХХІ століття в будівельній галузі слід віднести збереження екосистеми Землі. Для досягнення цієї мети необхідна оптимізація системи "людина – екозберігаючі технології – середовище проживання", що сприятиме збереженню енергоресурсів і корисних копалин.

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі актуальними є питання отримання широкої номенклатури високоякісних матеріалів та виробів, а також розробка і впровадження конкурентоспроможних ресурсозберігаючих технологій їх отримання. Актуальним залишається питання раціонального використання природних ресурсів і більш дешевих місцевих сировинних матеріалів.

При масовому будівництві опалювальних об'єктів вирішення завдань ресурсозбереження пов'язано з випуском і розширенням номенклатури теплоефективних, ефективних і умовно-ефективних стінових виробів. Отримання високоякісних виробів, інтенсифікація виробничих процесів і раціональне використання сировинних матеріалів можливо на основі сучасних технологічних прийомів, спрямованих на реалізацію резервів будови мінеральних речовин з врахуванням керованого структуроутворення, які забезпечують високі експлуатаційні властивості будівельних матеріалів.

Комплексне вирішення питань енерго- та ресурсозбереження, підвищення якості продукції на основі керованого структуроутворення робить виробництво стінових виробів на вапняно-кремнеземистому в'язучому за литтєвою неавтоклавною технологією конкурентоспроможним в умовах сучасних економічних відносин.

Одне з прогресивних напрямків сучасного матеріалознавства – це композити на основі нерівноважних і сильнонерівноважних дисперсних систем. У будівельному матеріалознавстві цей напрямок реалізується за рахунок застосування різних видів і способів активації. Композитам на основі нерівноважних дисперсних систем властиві свої власні закономірності поведінки, відмінні від звичайних бетонів, в тому числі від силікатних автоклавного твердіння, тому актуальним є вивчення і аналіз локальних закономірностей зміни властивостей в таких композитах, в тому числі параметрів механіки руйнування.

Основною метою роботи є опис складного алгоритму багатоелементного аналізу вапномістких композитів на основі теорії математичного планування експериментів та експериментально-статистичного моделювання.

Розроблені матеріали нового покоління на основі комплексно активованої силікатної суміші, які поєднують в собі цілий комплекс унікальних властивостей і виробляються по литтєвій технології із застосуванням сучасних нанотехнологічних прийомів.

Відмінною особливістю композитів на силікатної матриці на відміну від силікатних бетонів автоклавного твердіння є те, що вони виготовляються на основі трикомпонентної комплексно активованої силікатобетонної суміші, модифікованої лужними і мінеральними добавками, і тверднуть при температурі 85°C і нормальному атмосферному тиску. За рахунок реалізації комплексної активації високорухливої силікатобетонної суміші, що є однією з технологічних особливостей отримання даного виду композитів, забезпечені енергозберігаючі режими їх отримання.

Простота і малогабаритність розробленої технологічної лінії дозволить її поєднувати з існуючими виробничими потужностями на діючих силікатобетонних заводах.

У роботі викладені технологічні основи отримання та наведені результати оптимізації складів, умов і режимів їх обробки для ефективних стінових виробів, вироблених по енергозберігаючій литтєвій технології на основі комплексно активованих дрібнозернистих бетонних сумішей на вапномістких в'язучих. Розробка складів, вибір технологічних режимів та їх оптимізація з застосуванням математичних моделей і обчислювальних експериментів, що проводяться на основі комп'ютерних технологій, підвищує достовірність результатів при вирішенні багатокритеріальних задач будівельного матеріалознавства, що також сприяє підвищенню якості та довговічності виробів.

Створення на діючих заводах додаткових малогабаритних нових високотехнологічних ліній з випуску широкої номенклатури силікатних виробів безавтоклавного твердіння, в тому числі стінових, і впровадження таких прогресивних технологічних ліній дозволить скоротити витрату питомої палива, електроенергії і енерговитрати, а також опалення будівель з даних матеріалів.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОЛОШЛАКІВ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ
ВАЖКИХ БЕТОНІВ**

**INVESTIGATION OF THE BOTTOM ASH SLAGS INFLUENCE ON THE
HEAVY CONCRETE FROST RESISTANCE**

*канд. техн. наук В.В. Шульгін., канд. техн. наук О.В. Демченко,
д-р техн. наук Д.А. Єрмоленко, канд. техн. наук О.В. Петраш,
Г.Ф. Дураченко*

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

*V.V. Shulgin, PhD (Tech.), O.V. Demchenko, PhD (Tech.),
D.A. Yermolenko, Dr. Sc. (Tech.), O.V. Petrash, PhD (Tech.), H.F. Durachenko
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, (Poltava)*

При спалюванні твердих видів палива для виробництва тепло- і електроенергії на теплоелектростанціях утворюються відходи у вигляді шлаку і золи. Одним із шляхів безпечної утилізації таких відходів є їх використання у будівельній промисловості при виготовленні важких бетонів. Оптимальний вміст золи у складі важких бетонів встановлюється шляхом підбору складу конкретних бетонних сумішей при умові забезпечення необхідних показників їх якості [1]. Відповідно до даних джерел [2] заміна частини цементу золою, як правило, призводить до зниження морозостійкості. Це пояснюється, по-перше, збільшенням фактичного водоцементного відношення і утворенням додаткового обсягу капілярних пор. Зниженню морозостійкості сприяє також зменшення вмісту залученого повітря при введенні золи і присутність у золі органічних залишків, які набухають у воді та здатні утворювати сполуки, що руйнують в'язуче[3-5].

Основною метою даних досліджень є визначення впливу складу бетонних сумішей із золошлаками на морозостійкість бетону, та підбір найбільш оптимального складу бетону класу за міцністю С20/25 з використанням золошлаків. Планування експерименту та результати досліджень бетону за міцністю з використанням золошлаків приведено в [6].

Для даного дослідження була вибрана суміш із наступних матеріалів: цемент СЕМ І 42.5 N; золошлак Старобешівської ТЕС; істина густина 2,6 г/см³; насипна густина 1,206 г/см³; модуль крупності 1. Як крупний заповнювач використано гранітний щебінь фракції 5-10 мм, пустотність щебеню 47 %, насипна густина 1350 кг/м³, істина густина 2,71 г/см³. В якості добавки використано полікарбонатний суперпластифікатор GLENIUM 51.

Планування дослідження здійснювалося на основі плану з використанням трьохфакторного експерименту в трьох рівнях. У якості змінних факторів було обрано витрату цементу, час ущільнення бетонної суміші, витрата добавки пластифікатору.

Морозостійкість визначалася за допомогою приладу «Бетон-Фрост». Використовуючи програму STATISTICA, визначено коефіцієнти рівняння регресії.

Отримано взаємозв'язок морозостійкості та факторів варіювання. Для цього розраховано відповідні коефіцієнти кореляції. Для наочного відображення впливу на морозостійкість факторів варіювання за допомогою програмного комплексу STATISTICA побудовані поверхні впливу.

З наведеного рисунку випливає, що найвищою морозостійкістю відзначаються зразки, для яких витрата цементу 400 кг/м^3 , а витрата пластифікатору – 8 л/м^3 , найоптимальніший час ущільнення складає 3 хвилини.

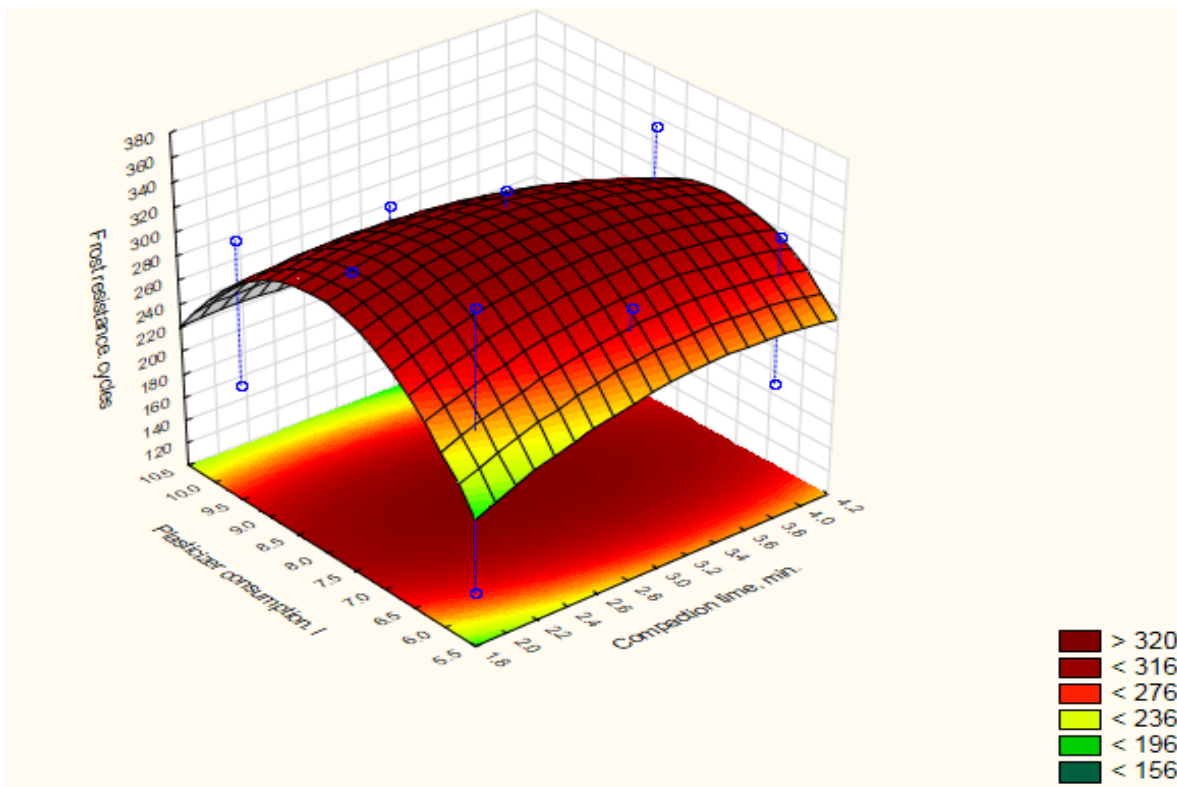


Рис. 1 Поверхня впливу витрати пластифікатору та часу ущільнення на морозостійкість

Використання в якості дрібного заповнювача золошлаку дало можливість отримати бетон з міцністю 36 N/mm^2 , що відповідає класу бетону C20/25 та показником морозостійкості F 300. Заміна піску у складі бетону на золошлаковий наповнювач забезпечує не тільки утилізацію відходів, а і забезпечує отримання бетонів для дорожнього будівництва.

- [1] Зайченко Н. М., Сердюк А. И. Бетоны с высоким содержанием золы для массивных железобетонных конструкций // Вісник ДНАБіА. – 2013. – 1(99). – С. 137-144.
- [2] Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учеб. пособ.– Ростов-на-Дону: Феникс, 200. – 363с.
- [3] Кривенко П. В., Пушкарьова Е. К., Гоц В. И., Ковальчук Г. Ю Цементи і бетони на основі паливних зол та шлаків: Монографія. – К.: ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258 с.
- [4] Seyoon Yoon, P.J.M. Monteiro, D.E. Macphree, F.P. Glasser, Mohammed Salah-Eldin Imbabi, CONSTR BUILD MATER, 54, 432-442 (2014)
- [5] Nurul Izzati Raihan Ramzi Hannan, Shahiron Shahidan, Noorwirdawati Ali, Mohamad Zulkhairi Maarof, MATEC WEB CONF, 97 (2017)
- [6] Bondar V. Experimental study of properties of heavy concrete with bottom ash from power stations / V. Bondar, V. Shulgин, O. Demchenko, L. Bondar //MATEC Web of Conferences 116, 02007 (2017)

СПОСОБ ФОРМОВАНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ ВИБРОВАКУУМИРОВАНИЕМ

METHOD OF FORMATION OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE PIPES BY VIBROVACUUMING

*канд. техн. наук Башир Юнис, канд. техн. наук И.Э. Казимагомедов,
Саад Салем, д-р техн. наук Т.О. Костюк, Е.Б. Деденёва
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (г. Харьков)*

*Basheer Younis, PhD (Tech.), I.E. Kazimahomedov, PhD (Tech.),
Saad Salem, T.A. Kostuk, Dr. Sc. (Tech.), E.B. Dedenyova
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kharkiv)*

Современные требования к качеству строительных изделий не уступают требованиям к новейшим архитектурным элементам [1, 2]. Так, бетонные и железобетонные трубы с высокими физико-механическими характеристиками и долговечностью, должны формироваться эффективными способами [3, 4].

Известные способы формования трубчатых изделий из жестких бетонных смесей не обеспечивают высокое качество из-за сложности поддержания постоянной толщины уплотняемого слоя. Наличие в изделии участков разной плотности приводит к ухудшению его физико-механических характеристик.

В работе исследована возможность повышения качества бетонных и железобетонных труб путем применения способа виброввакуумного формования изделий. Определена его эффективность в сравнении с известным способом послойного осевого прессования. На рисунке 1 показана лабораторная установка для изготовления бетонных и железобетонных труб.



Рис. 1. Лабораторная установка для изготовления бетонных и железобетонных труб способом виброввакуумирования

Экспериментально установлено, что способ формования виброввакуумированием даёт возможность удалить из свежеложенной бетонной смеси до 30 %

свободной воды. При этом бетонная смесь максимально уплотняется, повышаются физико-механические характеристики бетонных труб - прочность при растяжении. Полученные результаты и их сравнение с результатами испытаний образцов, формуемых методом послойного осевого прессования, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Прочность образцов бетонных труб при растяжении

Прочность бетонных труб при растяжении (R_{bt}) МПа		В/Ц
Образцы труб, формуемые послойным осевым прессованием	Образцы труб, формуемые способом вибровакуумирования	
4,20	6,32	0,5
3,93	6,80	0,55
3,12	7,41	0,65

Из таблицы 1 видно, что прочность при растяжении образцов труб, формуемых способом вибровакуумирования на 40% выше, чем у образцов, полученных послойным осевым прессованием. Одновременно с вакуумированием бетонная смесь уплотняется вибрацией, что дополнительно повышает прочность [4, 5].

В результате проведенных исследований были выявлены основные проблемы качества бетонных и железобетонных труб, формуемых традиционными способами. Вибровакуумный способ формирования улучшает характеристики изделий, в частности прочность при растяжении. Он эффективен для формирования бетонных и железобетонных труб, колец, стоек опор освещения и контактной сети.

- [1] Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Саницький М.А. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво /- К.: УВПК„ЕксОб”, 2008. - 360 с.
- [2] Jamrozy Z. Beton i jego technologie. - Warszawa: Wydawnictwo naukowe Pwn, 2000. - 486 s.
- [3] Вандоловский А.Г., Деденева Е.Б. Повышение эффективности вибровакуумного формирования тонкостенных изделий. Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008.- Вип.47.- с.192-195.
- [4] Mathematical model of consolidation of fine concrete mixtures with different mobility, casted by vacuumizing and axial pressing in layers. E. Dedeneva, I. Kazimagomedov, Saad Salem, T. Kostyuk, Basheer N. Younis and M. Yakimenko. – МАТЕС Web Conf., 116 (2017) 01003. – Published online: 10 July 2017.
- [5] Younis B.N., Dedeneva E.B., Kostyuk T.O Formation of structure fine concrete with regard to their crystallographic -energy characteristics // 28 Proceedings of III International scientific conference “ Modern scientific achievements: experience exchange”. Morrisville, Lulu Press, 2017. p. 28-31

**ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДУ ВИМУШЕНИХ І ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ
ОБОЛОНКИ ВАНТОВОГО ПОКРИТТЯ КІНО-КОНЦЕРТНОГО ЗАЛУ
«УКРАЇНА», РОЗТАШОВАНОГО В М. ХАРКОВІ НАД ДІЛЯНКОЮ
ПЕРЕГОНІВ ДІЮЧОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ**

**ESTIMATION OF THE COMPOSITION OF THE FORCED AND FREE
VIBRATIONS OF THE CASING OF THE VENT COVERING OF THE
CINEMA- CONCERT HALL "UKRAINE", LOCATED IN KHARKOV OVER
THE PART OF THE PASSAGE OF THE ACTIVE METROPOLITAN**

*Д-р техн. наук В.С. Шмуклер,
канд.техн. наук В.Я. Жилияков, О.М. Шаповалов
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Україна*

*Dr. sc. V.S. Shmukler, PhD V.Y. Zhilyakov, O.M. Shapovalov
Kharkiv National University of Municipal Economy named after O.M. Beketova, Ukraine*

Експлуатація кіно-концертного залу «Україна» пов'язана з розташуванням його будівлі над перегонними тунелями діючого метрополітену.

Така ситуація приводить до того, що в час проходження поїздів метрополітену під будівлею ККЗ з'являються коливання основних несучих конструкцій, в тому числі і вантового покриття, виконаного в формі сідлоподібної оболонки (рис. 1)

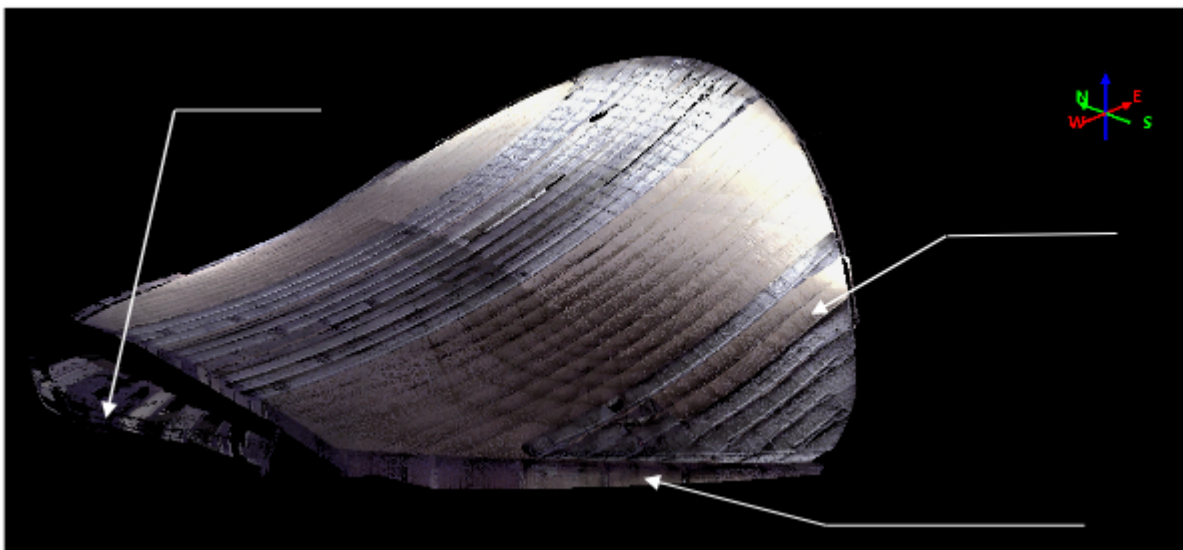


Рис. 1. Загальний вигляд оболонки покриття

Ці коливання негативно впливають на акустику залу під час проведення концертів та інших заходів.

Були проведені виміри коливань оболонки за допомогою апаратури ТОВ «ДИАМЕХ 2000», вимірювання параметрів вібрації здійснювалося віброаналізатором «Агат-М». Вимірювання коливань проводилося в 7 точках – чотири на опорному контурі, а три в центральній частині оболонки (рис. 2).

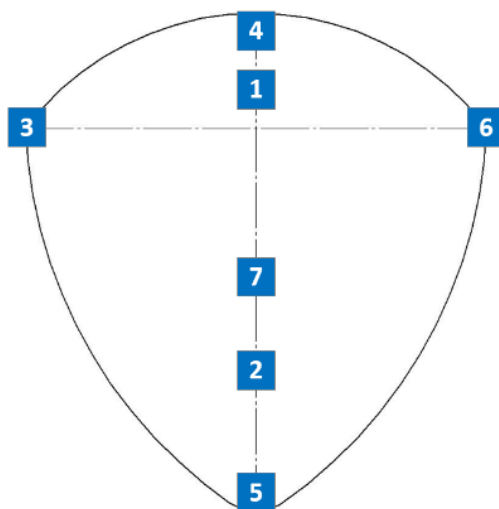


Рис. 2. Точки в яких проводилося вимірювання коливань

Аналіз отриманих амплітудно-частотних характеристик вимушених коливань, збуджених рухом поїздів метрополітену, показує, що частоти основного тону і обертонів лежать в межах 30-50 Гц. Амплітуди при цьому складають 200-350 мкм.

Позначений діапазон частот зумовлює:

1. Можливість виникнення прискореної втоми матеріалів покриття (бетон та сталеві ванти).

2. Значний шум, що виникає під час руху поїздів метрополітену, значно погіршує набір параметрів, що зумовлюють нормальну та комфортну експлуатацію для глядацької аудиторії.

Перераховане спонукає до установки демпфуючих прокладок під рейки метрополітену в зоні розташування ККЗ «Україна» і своєчасну їх заміну в подальшому.

[1] ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану, - Київ.:Мінрегіонбуд України.

[2] ДБН В.1.2-14: Надійність будівель і споруд. Основні положення, - Київ.:Мінрегіонбуд України.

[3] ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Основні положення, - Київ.:Мінрегіонбуд України.

[4] Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах / Под. ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М.: Машиностроение, 1968.

МОДИФІКОВАНІ ЛЕГКІ КЕРАМЗИТОБЕТОНИ ПІДВИЩЕНОЇ МІЦНОСТІ

MODIFIED LIGHT CONCRETE OF HIGH STRENGTH

*д-р техн. наук К.К. Пушкарьова,
канд. техн. наук К.О. Каверин, Д. Р. Гадайчук
Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)*

***K. Pushkarova, Dr. Sc. (Tech.), K. Kaverin, PhD (Tech.), D. Gadayuchyk**
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Як відомо, легкий керамзитобетон знаходить застосування у збірному житловому, транспортному і гідротехнічному будівництві, при будівництві портових споруд, у суднобудуванні, де поряд зі зниженням маси конструкцій можуть бути використані й інші позитивні властивості керамзитобетону: підвищена морозостійкість, водонепроникність, стійкість до дії агресивних середовищ.

Приклади практичної реалізації добавок у технології будівельних матеріалів з використанням наномасштабних структурних елементів наведено у роботах Ю.М. Баженова, П.Г. Комохова, Ю.В. Пухаренко і ін., в яких показано значні ефекти, що досягаються введенням різних наночастинок. Основою цього напрямку є роботи В.Г. Батракова, С.С. Капрієлова, М.А. Саницького [1], пов'язані з модифікуванням структури цементного каменю шляхом введення до складу сировинних сумішей мікрокремнезему, окремі фракції якого можуть бути класифіковані як наночастинок. Використання нано- та мікрокремнезему дозволяє в умовах застосування добавок разом з суперпластифікатором істотно прискорювати процеси гідратації і твердіння цементу, забезпечувати високу швидкість нарощування міцності, яка на 28 добу досягає 115...150 МПа, підвищуючи міцність штучного каменю практично у 2...2,5 рази.

Але у той же час питання, пов'язані з вивченням заміни мікрокремнезему на його природні аналоги та дослідження сумісної дії з останнім класом суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів, поліакрилатів та їх ефірів, потребують додаткових досліджень. Також залишається відкритим питання щодо впливу комплексних органо-кремнеземистих добавок на процеси структуроутворення високоміцних легких керамзитобетонів та на їх експлуатаційні властивості.

У зв'язку з цим розробка ефективних високоміцних легких керамзитобетонів, модифікованих комплексними органо-мінеральними добавками, є актуальною задачею. Врахування основних вимог до таких добавок, а саме: сумісність складових між собою, доступність на ринку України та відповідне технічне і економічне обґрунтування їх застосування, дозволить підвищити ефективність використання портландцементу. В той же час

впровадження модифікованих високоміцних легких керамзитобетонів у каркасно-монолітне будівництво потребує дослідження особливостей структуроутворення такого бетону з урахуванням впливу сумісності дії кремнеземистих добавок різної природи з органічними добавками.

Метою роботи є дослідження легких керамзитобетонних сумішей на основі портландцементу, модифікованого комплексними органо-кремнеземистими добавками, та отримання на їх основі високоміцних легких бетонів, що відрізняються високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями.

Предметом досліджень є легкі керамзитобетони підвищеної міцності LC 20/22...LC 50/55 (ДСТУ Б В.2.7-176:2008) на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою.

Досліджено вплив різних марок керамзитового гравію на міцнісні характеристики легких бетонів та показано, що найбільш доцільно для монолітного будівництва використовувати бетони на основі керамзитового гравію М600. Показано, що найбільшими значеннями приросту міцності при стиску характеризуються склади бетону на основі керамзитового гравію (М600), які модифіковані комплексною органо-кремнеземистою добавкою на основі полікарбосилатного суперпластифікатора "SikaPlast 555W" в кількості 1,5% та тонкомеленого трепелу в кількості 10% від маси в'язучої речовини, при цьому інтенсифікація нарощування міцності при стиску на 28 добу досягає 66%, а після 1 року до 60%, порівняно з контрольними складами [2-4].

Розроблені модифіковані легкі бетони підвищеної міцності відрізняються високою морозостійкістю, корозійною стійкістю та низькими деформаціями усадки.

За результатами проведених досліджень в умовах приватного підприємства "Будіндустрія-1" було випущено дослідну партію товарного керамзитобетону на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою, загальним об'ємом 120 м³, який було використано при будівництві житлового комплексу "Атлант 2". Підтверджена повна відповідність властивостей керамзитобетонів на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою, реальним умовам виробництва і експлуатації, що свідчить про їх високу ефективність і функціональність у монолітному будівництві. Економічний ефект від впровадження розробленого складу бетону склав 90,25 грн. на 1 м³ готової продукції.

Розроблені склади керамзитобетонів підвищеної міцності LC 20/22...LC 50/55 (ДСТУ Б В.2.7-176:2008) на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою та показано, що її введення забезпечує рівномірний набір міцності керамзитобетонів на всіх етапах твердіння, сприяє підвищенню водонепроникності з W6 до W8, збільшенню морозостійкості до F400, підвищенню коефіцієнта корозійної стійкості K_c на 7,5...24%, порівняно з бездобавочним складом. Також показано, що введення комплексної органо-кремнеземистої добавки зменшує відносну усадку на 16...19%, порівняно з контрольним складом, що дозволить застосовувати легкі керамзитобетони підвищеної міцності у монолітному будівництві.

- [1] Саницький М.А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. Посібник/ М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 236 с.
- [2] Пушкарьова К.К. Особливості модифікації цементної матриці для отримання високоміцних легких керамзитобетонів / Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Каверин К.О. // Зб. наук. праць «Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка» № 52 – 2014. Київ – с. 43-48.
- [3] Каверин К.О. Високоміцні легкі керамзитобетони, модифіковані полікарбонатними суперпластифікаторами / Каверин К.О. // Зб. наук. праць «Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка» № 56 (ISSN 2413-7693) – 2015. Київ – с. 47-54.
- [4] Пушкарьова К.К., Пугін А.А., Дворкін Л.Й. та ін. Енергоресурсозберігаючі в'язучі речовини та композиційні будівельні матеріали на їх основі/ Пушкарьова К.К., Дворкін Л.Й., Градобоев О.В., Зайченко М.М., Кагановський О.С., Пугін А.А., Тимошенко С.А., Шабанова Г.М. – К., «Задруга» 2014 – 272с.



ТОВ НВП «Корпорація КРТ»

Ваша безпека в русі

СФЕРА ДІЯЛЬНОСТІ:

ЗАЛІЗНИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА

ЕЛЕМЕНТИ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ
(СКРІПЛЕННЯ ПРОМІЖНЕ ПРУЖНЕ)

ГУМОВО-ТЕХНІЧНІ ВИРОБИ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТА ІНШИХ ПОТРЕБ

ПІДРЕЙКОВІ ТА НАШПАЛЬНІ ПРОКЛАДКИ
ГУМОВІ ВИРОБИ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГО
ТА ЗОВНІШНЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ

ПОЛІМЕРНІ ВИРОБИ

ЛИТТЯ ІЗ ВИСОКОМІЩНОГО ЧАВУНУ ТА ІНШИХ МАРОК ЧАВУНУ

вул. Академіка Лазаренка 1
м. Львів, Україна, 79026
+38 032 295 02 08
expo@krt.co.ua
krt.co.ua





АО «КДСК»

**МЫ ЖИВЕМ, ЧТОБЫ СТРОИТЬ,
25 А СТРОИМ, ЧТОБЫ ЖИТЬ...**
ЛЕТ

КВАРТИРЫ ОТ  ЗАСТРОЙЩИКА

**050-300-54-50
717-4-777**

KDSK.COM.UA

www.mapei.com



MAPEI®

КЛЕЇ • ГЕРМЕТИКИ • ПРОДУКЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ХІМІЇ



- **Суперпластифікатори для підводного і надводного бетонування**
- **Матеріали для ремонту, відновлення та структурного посилення бетонних конструкцій**
- **Гідроізоляція та захист конструкцій**
- **Системи для підземного будівництва та відновлення**



УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Навчальні корпуси та гуртожитки



Наші факультети

Будівельний

Механіко-енергетичний

Економічний

Інформаційно-керуючих систем та технологій

Навчально-науковий центр гуманітарної освіти

Управління процесами перевезень

Ступені вищої освіти

Бакалаврат

Магістратура

Аспірантура та докторантура

Наші студенти найкращі!



Щороку наші студенти стають переможцями конкурсів наукових робіт, фестивалів та інших інтелектуальних заходів.

Студентська рада Університету проводить багато щорічних позанавчальних заходів.

У нас навчаються видатні спортсмени, чемпіони, призери та рекордсмени світу, чемпіони України та Європи.

Функціонує студентська газета, КВК, клуб УкрДУЗТ, радіостанція VTSU, клуб інтелектуальних ігор.

Наша місія - синтез науки та виробництва



За останні п'ять років:

- 278 студентів-учасників і переможців Всеукраїнських і міжнародних конкурсів студентських науково-дослідних робіт;
- 355 науково-технічних робіт;
- 3250 студентів, які брали участь у науковій діяльності вишу;
- 109 отриманих патентів на винаходи.

Наша освіта визнана світом!

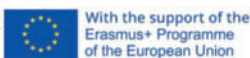


Можливість отримання двох дипломів одночасно: українського та французького або українського та польського університета - партнера.

Міжнародна співпраця з розвитку високошвидкісного руху.



Можливість участі у програмах міжнародної мобільності.



17 міжнародних університетів-партнерів, функціонує українсько-польський центр.



Адреса: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.
e-mail: pk@kart.edu.ua, сайт: www.kart.edu.ua.
Телефон приймальної комісії: (057) 732-28-25
(приймальна комісія: корпус 1, ауд. 121).

