ЗАСНОВНИКИ

ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ «УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»

ТОВ «УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ім. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 17750-6600 ПР від 07.04.2011 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
Адріанов В.П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР
Лукашевич Т.І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.
Беркута А.В., к.е.н.
Голоднов О.І., д.т.н., проф.
Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.
Гордеєв В.М., д.т.н., проф.
Гуляєв В.І., д.т.н., проф.
Єгоров Є.А., д.т.н., проф.
Кваша В.Г., д.т.н., проф.
Корольов В.П., д.т.н., проф.
Лантух-Лященко А.І., д.т.н., проф.
Лобанов Л.М., академік НАНУ, д.т.н., проф.
Мущанов В.П., д.т.н., проф.
Оглобля О.І., д.т.н., проф.
Пасечнюк В.Л.
Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.
Стоянов В.В., д.т.н., проф.
Шимановський О.В., член-кор. НАНУ, д.т.н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА на 2015 — 2016 роки

Абель Д., д.т.н., проф. (США)
Агощ З., д.т.н., проф. (Словаччина)
Бєлоєв М., к.т.н. (Болгарія)
Вєдяков І.І., д.т.н., проф. (Росія)
Грінченко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Зюлко Є., д.т.н., проф. (Польща)
Кавагучі М., д.т.н., проф. (Японія)
Каравайченко М.Г., д.т.н., проф. (Росія)
Като Ш., д.т.н., проф. (Японія)
Кульбах В., академік НАНЕ, д.т.н., проф. (Естонія)
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)
Новак А., д.т.н., проф. (США)
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Тулєбаєв К.Р., д.т.н. (Казахстан)
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ПБіС

2'2016

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

ЮВІЛЕЙНІ ДАТИ

О.І. Оглобля

УКРАЇНСЬКОМУ ДЕРЖАВНОМУ НАУКОВО-ДОСЛІДНОМУ І ПРОЕКТНО-ВИШУКУВАЛЬНОМУ ІНСТИТУТУ «УКРНДІВОДОКАНАЛПРОЕКТ» – 85 РОКІВ: МИНУЛЕ ТА СЬОГОДЕННЯ 2

НОРМАТИВНА БАЗА

А.В. Шимановский, С.М. Кондра

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ВЫСОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕВРОКОДА 9

НАУКА – ВИРОБНИЦТВУ

О.М. Гібаленко

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ 13

Т.І. Матченко

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ТА БАКТЕРІАЛЬНОЇ КОРОЗІЇ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У ГРУНТІ 21

ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

С.В. Поздєєв, Ю.А. Отрош, В.В. Демешок, І.В. Федченко

РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ 28

МЕТАЛОБУДІВНИЦТВО

В.И. Большаков, А.Ю. Тимофеев, О.П. Носенко, А.В. Шимановский, М.Л. Гринберг, С.С. Кекух

РАСШИРЕНИЕ СОРТАМЕНТА ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ МЕТАЛЛОСТРОИТЕЛЬСТВА 34

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА БУДІВЕЛЬ

Л.В. Хаткова, В.Г. Дагіль

ЕКСПЛУАТАЦІЯ БУДІВЕЛЬ З УТЕПЛЕНИМИ ФАСАДАМИ 40

ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

Ю.П. Горбатенко, О.Б. Нєженцев, О.В. Закора

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕСКАЛАТОРА НА ЗУСИЛЛЯ В ТЯГОВОМУ ЛАНЦЮЗІ 43

Постановою президії ВАК України від 18.11.2009 р. № 1-05/5 журнал внесено до переліку наукових фахових видань із технічних наук

Київ • 2016

© Промислове будівництво та інженерні споруди, 2016

УКРАЇНСЬКОМУ ДЕРЖАВНОМУ НАУКОВО-ДОСЛІДНОМУ І ПРОЕКТНО-ВИШУКУВАЛЬНОМУ ІНСТИТУТУ «УКРНДІВОДОКАНАЛПРОЕКТ» – 85 РОКІВ: МИНУЛЕ ТА СЬОГОДЕННЯ

О.І. Оглобля
директор
ДІ «УкрНДІводоканалпроект»,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор

Українському державному науково-дослідному і проектно-вишукувальному інституту «УкрНДІводоканалпроект» 13 липня 2016 року виповнюється 85 років, років натхненної праці та створення унікальних об'єктів будівництва. Інститут був і дотепер є провідною галузевою науково-дослідною і проектно-вишукувальною організацією України, що спеціалізується на дослідженні, проектуванні та нормативному забезпеченні систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд, а також на вирішенні питань, пов'язаних з екологією і захистом довкілля. В різні роки за проектами інституту збудовані та успішно експлуатуються понад 3500 об'єктів водопостачання, водовідведення та промислової гідротехніки як в Україні, так і за її межами.

Розпочавши свою діяльність в липні 1931 року як одне із відділень будівельного тресту «Водоканалбуд», у повоєнний період бурхливого промислового розвитку УкрНДІводоканалпроект стає лідером з проектування об'єктів водопостачання та водовідведення для підприємств провідних галузей промисловості на всій території колишнього Радянського Союзу. Його замовниками стали більше трьохсот промислових підприємств на території України, Росії, Узбекистану, Білорусі, Молдови, Таджикистану, Казахстану, Литви, а також Монголії, В'єтнаму, Афганістану, Індонезії.

З 1963 по 1991 рр. інститут входив до складу об'єднання «Союзводоканалпроект» колишнього Держбуду СРСР і був головним інститутом в Україні з проектування систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд. У 1991 р. інститут було віднесено до сфери управління Держбуду України, а в 1995 р. реорганізовано з наданням теперішньої назви.

Проектування як мистецтво – ця теза завжди супроводжувала створення фахівцями інституту надійних, довговічних та безпечних в експлуатації об'єктів. Секрет нашого успіху – в умінні вирішувати в комплексі глобальні та місцеві проблеми водопостачання і водовідведення. Проектування об'єктів зовнішнього водопостачання підприємств включало, за необхідності, водосховища, водозабірні споруди, водогони, водопровідні насосні станції, споруди з очищення води для питних і технічних потреб, внутрішньомайданчикові мережі та споруди, оборотне і протипожежне водопостачання, зони санітарної охорони. Об'єкти водовідведення включали споруди з очищення та відведення побутових і стічних вод, виробничих, дощових вод, а також системи повторного використання глибоко очищених стічних вод, споруди з оброблення осаду тощо. Крім того, проектувалися хвостосховища, шламонакопичувачі, усереднювачі, ставки доочищення, дренажні системи та інші промислові споруди. Одночасно згідно з завданням замовника забезпечувалося проектування мереж водопостачання та водовідведення міст, селищ і окремих житлових районів, а за необхідності окремих будинків, пансіонатів, санаторіїв, вирішувалося питання обводнення рік, ліквідації підтоплення території – тобто проблеми розв'язувалися у повному обсязі, комплексно, на високому науково-технічному рівні.

УкрНДІводоканалпроект не мав вузької спеціалізації. Враховуючи науково-технічний потенціал інституту, йому доручалося проектування систем водопостачання та водовідведення переважно для великих і середніх підприємств металургійної, хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної, гірничодобувної, легкої та харчової промисловості, машинобудування та іншого профілю в широкому діапазоні: від атомних, теплових і гідроелектростанцій до

лісокомбінатів, цементних і скляних заводів, заводів грампластинок і діамантових фабрик.

Якщо поглянути на карту з позначеними на ній підприємствами, для яких УкрНДІводоканалпроект запроектував системи водопостачання і водовідведення, то можна визначити провідні тенденції в розвитку економіки на величезній території колишнього Радянського Союзу. З найбільш великих і складних підприємств, насамперед, слід відзначити підприємства хімії, нафтохімії та нафтопереробки. За проектами інституту побудовані системи водопостачання та водовідведення більш ніж на ста хімічних підприємствах, серед яких:

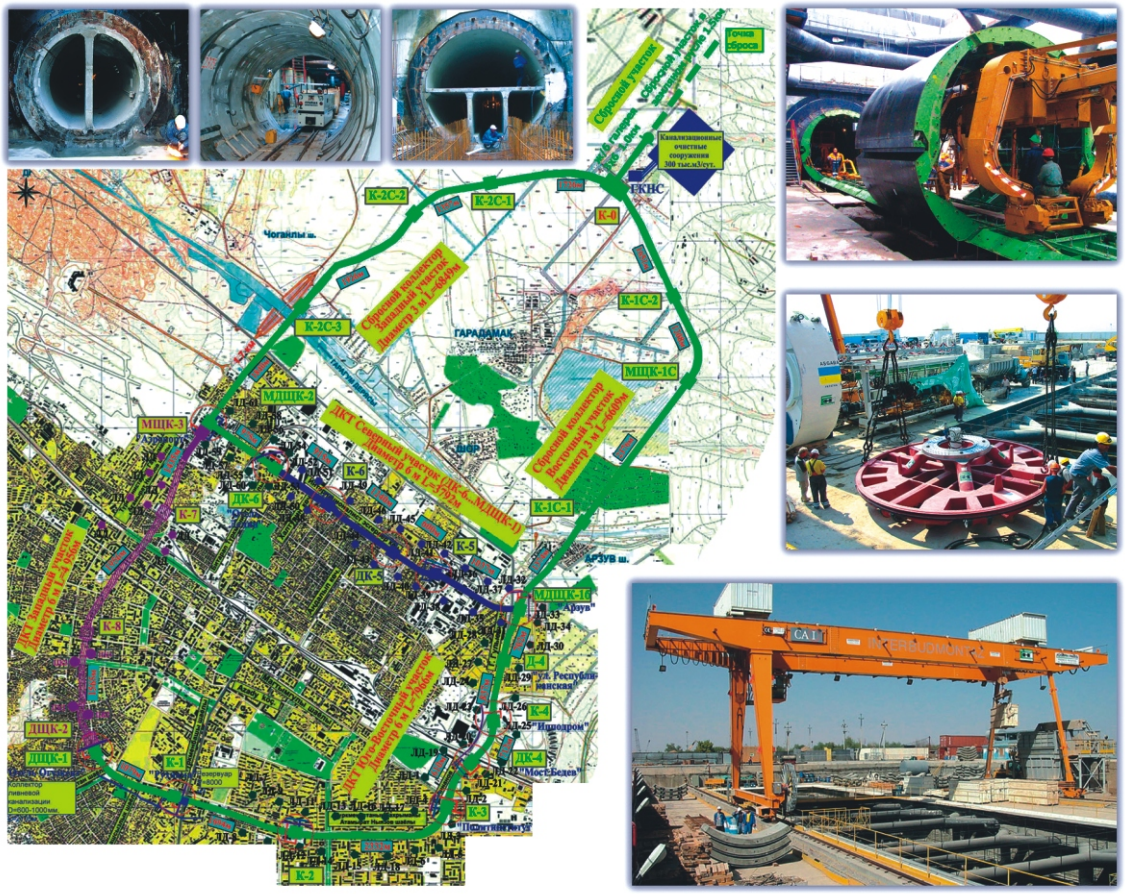
- Тюменський газохімічний комплекс;
- Томський і Тобольський нафтохімічні комбінати, Волгоградський і Новокемеровський хімкомбінати;
- Омський, Пермський, Уфімський, Рязанський, Херсонський, Кременчуцький, Дрогобицький нафтопереробні заводи;
- Рівненський, Черкаський, Сєвєродонецький, Яворівський, Шебелинський, Новомосковський, Роздольський сірчаний, Стебниковський і Калуський калійні хімкомбінати, Південно-Український комбінат мінеральних добрив, Слов'янський содокомбінат в Україні, Черчикський і Навоїнський хімкомбінати в Узбекистані.

Тут і далі наведені старі назви підприємств і територій їх розташування, тому що за об'єктами УкрНДІводоканалпроекту можна вивчати не тільки географію, але також і історію країни.

Інститутом також були запроектовані споруди водопостачання та водовідведення для таких відомих підприємств в Україні, як Перекопський бромний завод, Кримський содовий завод, Кримський аніліно-фарбовий завод, Кримський завод двоокису титану, Донсода, Південно-Сиваський завод магнезитового порошку, Одеський припортовий завод, Одеський суперфосфатний завод, Дніпродзержинський та Горлівський азотно-тукові заводи, хімзаводи у Вінниці, Запоріжжі і Радехові, комбінати і заводи штучного волокна у Києві, Черкасах, Житомирі, Чернігові, Сокалі, шинні заводи у Білій Церкві, Дніпропетровську і багато інших, а також у Росії: Омський і Прикумський заводи пластмас, Уфімський завод синтезу спирту і Новокуйбишевська група заводів синтезу спирту, Кінгісепський комбінат «Фосфорит», Пермський електрохімзавод, Кемеровський капроновий завод, Уваровський суперфосфатний завод, Челябінські електроцинколакофарбові заводи, Кінешемський хімзавод, Кемеровський та Куйбишевський азотно-тукові заводи, фотожелатиновий завод у м. Казань та інші. У Білорусі: Гомельський суперфосфатний завод, Білоруський завод азотних добрив, Бобруйський шинний завод, Могильовський завод штучного волокна. Також Молдавський завод міндобрив, Чимкентський завод гумотканинних виробів, Наманганський завод штучного волокна в Узбекистані, Клайпедський суперфосфатний завод у Литві, Вахшський азотно-туковий завод у Таджикистані, суперфосфатний завод у м. Футо (В'єтнам), Індонезійське сірчане підприємство. А також целюлозно-паперові комбінати і заводи: Херсонський і Добрушський целюлозно-паперові комбінати, Жидачевський целюлозно-паперовий завод, Київська картонна фабрика, Малинська та Полянська паперові фабрики в Україні, Краснокамський целюлозно-паперовий комбінат у Росії, Осиповичський картонно-рубероїдний завод в Білорусі.

Серед об'єктів інституту такі металургійні комбінати і заводи, як Криворіжсталь, Запоріжсталь, Азовсталь, Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського і завод ім. Леніна, Дніпродзержинський металургійний завод і завод ім. Дзержинського, Оскольський металургійний завод, Нижньодніпровський трубопрокатний завод, Нікопольський південно-трубний завод, Алмазнянський завод феросплавів, завод порошкової металургії в м. Бровари, Побузький нікельовий завод, завод чистих металів у м. Світловодську, Кременчуцький завод лиття та штамповок, чавунно-ливарний завод у м. Кіровограді, завод «Центроліт» у м. Фастові, а також: Молдавський металургійний завод, Цейлонський металургійний завод, Алмаликський завод в Узбекистані, Білорецький металургійний комбінат, Ново-Тульський, Косогірський, Виксунський, Таганрогський та інші металургійні заводи в Росії, Могильовський металургійний завод у Білорусі.

Серед розробок УкрНДІводоканалпроекту для більш ніж п'ятидесяти підриємств машино- і приладобудування, електротехнічних підприємств необхідно відзначити такі:



Будівництво дренажно-комунікаційного тунелю
м. Ашгабат (Туркменістан)

Рекострукція каналізаційних
очисних споруд (м. Бориспіль)

Каналізаційні очисні споруди.
Радіальні відстійники (м. Черкаси)

Водовузол продуктивністю 25000 м³/добу
(Туркменістан)

Водозабірна споруда шахтного типу
(ПАТ «Інгулецький ГЗК»)

Намивання карти хвостосховища
(ВАТ «Міттал Стіл Кривий Ріг»)

Насосна станція
(ВАТ «Полтавський ГЗК»)

Водозабірна споруда сифонного типу
(ПАТ «Північний ГЗК»)

Карта хвостосховища. Загальний вигляд
(ПАТ «Південний ГЗК»)

Шламосховище
ТОВ «Миколаївський глиноземний завод»

- в Україні – завод «Рівнесільмаш», житомирський завод «Автозапчастина», корсунь-шевченківський завод «Автоваз», завод «Магніт» у м. Канів, ніжинський завод «Прогрес», Олевський завод тракторних нормалей, Ужгородський завод електродвигунів, радіоприладний завод у м. Сміла, Синельниковський ресорний завод, Ковельський завод сільгосптехніки, завод алюмінієвих конструкцій у м. Бровари, Чернігівські заводи автозапчастин і автотракторних причепів, Мелітопольський моторний завод, Рівненський завод тракторних запчастин, завод «Строммашина» у м. Хмельницький, Смілянський машинобудівний завод, завод «Червона Зірка» у м. Кіровоград, завод ім. Лепсе в м. Київ, завод «Комунар» у м. Запоріжжя, завод низьковольтних ламп у м. Львів, завод холодильників у м. Васильків та інші;
- в Росії – Волзький автозавод у м. Тольятті, Уральський автозавод у м. Міас, автозавод у м. Рязань, Юго-Канський завод ім. Лепсе, Тобольський дослідно-промисловий завод, ярославський завод «Свободный труд», Астраханський державний підшипниковий завод, Рославльський завод тормозної апаратури, Троїцький дизельний завод, компресорний завод у м. Казань, Куйбишевський завод ртутних випрямлячів, завод машинобудування у м. Волгодонськ;
- в Білорусі – Білоруський автомобільний завод у м. Жодіно, Мінський завод холодильників, Молодечненський завод напівпровідникових силових перетворювачів, Могильовський ліфтобудівний завод, Молодечненський завод металоконструкцій, Фаніпольський завод «Буддормаш», Могильовський локомобільний завод.

Розроблені проекти із водопостачання та водовідведення для двадцяти трьох підприємств легкої промисловості, чотирнадцять із яких знаходяться в Україні – Чернігівський камвольно-суконний комбінат, Рівненський льонокомбінат, Тернопільський бавовно-прядильний комбінат, Житомирська панчішна фабрика, меланжева прядильно-ткацька та оздоблювана фабрика в м. Луцьк, Мукачівська трикотажна фабрика та багато інших. У Росії – Казанський завод штучних шкір, суконна фабрика в м. Улан-Уде, Балашівський комбінат костюмних тканин, Киржацький шовковий комбінат; в Білорусі – Гродненська бавовнопрядильна фабрика, Мінський камвольний комбінат, Речицька фабрика нетканих матеріалів; у Казахстані – Кустанайський завод костюмних тканин; в Молдові – трикотажна фабрика в м. Резина.

Для галузі харчової промисловості інститутом розроблені проекти систем водопостачання та водовідведення для двадцяти п'яти цукрозаводів і цукрокомбінатів, трьох гідролізно-дріжджових заводів і одного вітамінного заводу, тринадцяти підприємств із переробки молока, шести м'ясокомбінатів, консервних та винзаводів, мелькомбінатів та хлібобулочних комбінатів, розташованих як в Україні, так і в Росії, Білорусі та Молдові.

Іншим, не менш важливим напрямом діяльності інституту було проектування хвостосховищ і шламонакопичувачів для підприємств чорної і кольорової металургії та гірничодобувних підприємств (шахт, рудників, кар'єрів, гірничо-збагачувальних комбінатів і збагачувальних фабрик, дробильно-сортувальних вапняних заводів, комбінатів вогнетривів тощо) – всього 79 підприємств, серед яких такі відомі гірничо-збагачувальні підприємства в Україні: Миколаївський глиноземний завод, Запорізький і Первомайський залізорудні комбінати, Полтавський ГЗК, Центральний, Південний, Північний, Інгулецький ГЗК у м. Кривий Ріг, Східний ГЗК, Іршанський ГЗК, Єристовський ГЗК, Марганецький ГЗК, Стайленський ГЗК, Вільногірський ГМК, а також Губкінський і Чкаловський ГЗК у Росії, Азербайджанський ГЗК, Чіатур-Марганець у Грузії, Айнак ГЗК в Афганістані; збагачувальні фабрики Олександрівська, Чкаловська, Червоноградська в Україні; Зирянівська збагачувальна фабрика і Тургаїтські бокситові рудники у Казахстані. З метою узагальнення досвіду проектування, будівництва та експлуатації об'єктів хвостових господарств і координації робіт при проектуванні та будівництві наказами Мінпромполітики України та Держбуду України в 1998 р. ДІ «УкрНДІводоканалпроект» призначено головною організацією – генеральним проектувальником хвостових господарств гірничо-збагачувальних комбінатів України.

У 1964 р. УкрНДІводоканалпроект набув статусу територіального спеціалізованого інституту з водопостачання та водовідведення в Україні по 15 областях правобережжя та Крим-

ській області, містах Київ і Севастополь, а також на території Молдови. Територіальна діяльність створювалася з метою посилення і поліпшення державного управління промисловим будівництвом в умовах планового господарства для удосконалення форм і методів вирішення містобудівних, природоохоронних і соціальних питань. Були прийняті і законодавчо закріплені вимоги щодо розміщення підприємств на спеціально виділених територіях (промвузлах, промрайонах, промзонах) із розробленням схем єдиного генерального плану промутворень, що створювалися на цих територіях. У схемах повинні були централізовано вирішуватися усі питання з інженерної інфраструктури промутворень, а також щодо розміщення і інженерного забезпечення житлового сектора підприємств. Протягом 1964–1991 рр. інститутом було розроблено 181 схему промвузлів, у тому числі в Україні – 101, у Росії – 27, Білорусі – 26, Молдові – 22, Латвії – 5. Завдяки якісному виконанню схем УкрНДІводоканалпроект став широко залучатися до розроблення схем промутворень за межами закріплених за ним територій України і Молдови (в Росії, Білорусі, Латвії).

Крім розроблених схем промутворень УкрНДІводоканалпроект як територіальна організація брав участь у розробленні Схеми комплексного використання і охорони водних ресурсів колишнього СРСР на період до 2000 р., деяких обласних і басейнових схем, серед яких значущим є розроблення комплексу заходів з охорони басейну р. Дніпро. Виконувалися розробки з відведення стічних вод Донбасу в Азовське море, подачі води з р. Дніпро у Криворіжжя, з комплексного використання сировинної бази Сивашів, роботи з узагальнення досвіду проектування і експлуатації хвостових господарств тощо.

Інститут розробляв проектну документацію для великих водопровідних і каналізаційних систем міст, у тому числі за межами України. Наприклад, була запроектована і реалізована Вілійсько-Мінська водна система, що дало змогу забезпечити столицю Білорусі як питною, так і технічною водою.

З 1979 р. УкрНДІводоканалпроект як територіальна організація почав виконувати ще один вид робіт – розгляд і погодження предпроектної і проектної документації, розробленої іншими проектними організаціями, з водопостачання, водовідведення та промислової гідротехніки по всіх об'єктах, розташованих в Україні в зоні територіальної діяльності інституту. На теперішній час розглянуто понад 22 тисячі проектів, багато з яких допрацьовувалися з урахуванням зауважень фахівців інституту.

Враховуючи науково-технічний і кадровий потенціал інституту, Держбуд України в червні 2005 р. надав ДІ «УкрНДІводоканалпроект» статусу базової організації з науково-технічної діяльності у галузі будівництва за визначеними напрямами. Згідно з наказом Мінрегіону України з 2012 р. такими напрямами є:

- науково-технічне, дослідне, нормативно методичне та інформаційне забезпечення проектування, будівництва та експлуатації систем зовнішнього водопостачання та водовідведення, а також об'єктів промислової гідротехніки;
- ведення секретаріату Технічного комітету з стандартизації ТК 306 «Інженерні системи та споруди».

Як базова організація за відповідними напрямами діяльності інститут бере участь у розробленні та підготовці проектів законодавчих актів, нормативних документів, а також надає роз'яснення щодо окремих положень діючих нормативів. Наприклад, були надані пропозиції до проектів таких документів, як Водний кодекс України, Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006–2020 роки», Закон України «Про централізоване водопостачання та водовідведення», Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» та багатьох інших. Фахівцями інституту були розроблені базові нормативні документи в галузі проектування систем водопостачання, водовідведення та промислової гідротехніки, а саме: ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Основні положення проектування», ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» та ДБН В.2.4-5:2012 «Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво».

За результатом державної атестації інститут «УкрНДІводоканалпроект» з грудня 2003 р. віднесено до науково-технічних установ, а з липня 2013 р. Державним агентством з питань науки, інновацій та інформатизації України – до Державного реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави.

Основними напрямами науково-технічної діяльності інституту є:

- виконання робіт, пов'язаних із дослідженням та проектуванням:

• систем забору, очищення, підготовки і подачі води споживачам як із підземних, так й поверхневих джерел для питних та технічних потреб;

• систем водовідведення для населених пунктів та промислових об'єктів;

• комплексів споруд із очищення побутових та промислових стоків;

• магістральних самоплинних трубопроводів з насосними станціями;

• хвостосховищ і шламосховищ із системами гідротранспорту та зворотного водопостачання;

• водосховищ, буферних ставків та каналів;

• комплексів споруд із захисту територій від підтоплень та ґрунтових вод від забруднення;

• накопичувачів промислових та побутових відходів;

- розроблення проектів реконструкції систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд;
- проведення інженерних вишукувань та авторський нагляд за будівництвом систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд;
- розроблення схем комплексного використання й охорони водних ресурсів, а також схем генеральних планів промислових вузлів у частині водопостачання та водовідведення;
- виконання функцій базової організації з науково-технічної діяльності у будівництві за визначеними напрямами діяльності.

Інститут є стабільно прибутковим підприємством, постійно нарощує обсяги робіт та послуг. Для утримання досягнутих темпів розвитку інститутом:

1) розширюються функції генерального проектувальника;

2) виконуються комплексні роботи, включаючи інженерні вишукування, науково-дослідні роботи, проектування та авторський нагляд;

3) розширюється географія ринку отримання замовлень;

4) випуск проектної документації здійснюється на високому науково-технічному рівні з впровадженням новітніх технологій, сучасного обладнання та матеріалів у відповідності до вимог стандарту EN ISO 9001:2008.

Інститут «УкрНДІводоканалпроект» бере участь у вирішенні стратегічних питань, пов'язаних із постачанням споживачам якісної питної води, а також відведенням та очищенням стічних вод згідно з загальнодержавною програмою «Питна вода України» та Загальнодержавною програмою реформування і розвитку житлово-комунального господарства України. Інститутом розроблено розділ «Водопостачання, каналізація та дощова каналізація промислових утворень м. Києва» у складі Генерального плану розвитку міста та його приміської зони до 2025 р., проекти систем водопостачання та водовідведення для ряду житлових масивів міст Києва та Броварів, металургійних заводів у містах Комсомольськ та Біла Церква, проекти дренажних систем і систем будівельного водозниження для НСК «Олімпійський», проект очисних споруд та скидання очищених стоків для м. Бориспіль, проект реконструкції очисних споруд для м. Комсомольськ, проект зон санітарної охорони джерел водопостачання та зон санітарної охорони водних об'єктів ВАТ «ЗМК «Запоріжсталь» та ряд інших. За нашими проектами побудовано численні водопровідні споруди у Туркменістані біля м. Ашгабад, у тому числі каналізаційні очисні споруди потужністю 300 тис. м^3/добу, а також закінчується будівництво унікального дренажно-комунікаційного тунелю в м. Ашгабад.

За проектами інституту здійснюється будівництво нових та реконструкція існуючих хвостосховищ із системами гідротранспорту та оборотного водопостачання для ПАТ «Центральний ГЗК», ПАТ «Північний ГЗК», ВАТ «Південний ГЗК», ПАТ «Інгулецький ГЗК», ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг», ДП «Східний ГЗК», ВАТ «Полтавський ГЗК», ТОВ «Миколаївський глиноземний завод», ДП «ОГХК» філія «Вільногірський ГМК», ТОВ «Біланівський ГЗК», ТОВ «Єристівський ГЗ» та інших.

Гордістю інституту, його опорою завжди були і залишаються талановиті інженери-проектувальники, високий професіоналізм яких забезпечує розроблення якісних проектів.

Надійшла 04.04.2016 р.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ВЫСОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕВРОКОДА

А.В. Шимановский
генеральный директор
ООО «Укринсталькон
им. В.Н. Шимановского»,
член-корреспондент НАН Украины,
заслуженный деятель науки и техники
Украины, д.т.н., профессор

С.М. Кондра
главный конструктор отдела
пространственных сооружений
ООО «Укринсталькон
им. В.Н. Шимановского»

Главные направления интеграции нормативной базы строительной отрасли Украины в европейское нормативно-правовое пространство определены Постановлениями Кабинета Министров Украины № 1764 от 20.12.2006 г. «Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд» и № 547 от 23.05.2011 г. «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих із нормативними документами Європейського Союзу». Указанным Техническим регламентом, разработанным с учетом Директивы Совета ЕС № 89/106/ЕЭС от 21 декабря 1988 года «О сближении законодательных, нормативных и административных положений государств-членов ЕС относительно строительных материалов», в которой сформулированы основные требования к производству строительных работ в части обеспечения безопасности жизни и здоровья людей, нормального содержания и эксплуатации, механического сопротивления и прочности, пожарной безопасности, экономии энергии, защиты окружающей среды, экономических и других общественно важных аспектов, оценки соответствия характеристик материалов и изделий требованиям технических условий, впервые была обоснована программа внедрения в Украине Европейской системы подходов к подготовке нормативных документов для проектирования и возведения зданий и объектов инфраструктуры.

В рамках выполнения этой программы Министерством регионального развития и строительства Украины в 2006–2007 гг. было утверждено и введено в действие шесть государственных строительных норм, а также тринадцать государственных стандартов-наставлений. А в 2010 г. были приняты основополагающие нормы ДБН А.1.1-94:2010 «Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення», которыми установлена не только процедура имплементации, порядок и правила применения Еврокодов в Украине, но и определена сфера проектирования по Еврокодам и порядок их принятия, включая разработку Национальных приложений с назначением разнообразных параметров с учетом особенностей географических и климатических условий, условий жизни и установленных уровней безопасности.

В этот же период была начата работа по гармонизации в Украине Европейских стандартов, подразделяющихся на две категории: стандарты категории А (т.е. непосредственно Еврокоды) и стандарты категории В на разные виды строительной продукции. В развитие сказанного следует отметить, что Еврокоды представляют собой комплект из десяти Европейских стандартов (основы проектирования конструкций, нагрузки и воздействия, железобетонные конструкции, сталежелезобетонные конструкции, каменные конструкции, металлические конструкции, деревянные конструкции, алюминиевые конструкции, геотехническое проектирование, проектирование сейсмостойких конструкций), каждый из которых, в свою очередь, состоит из отдельных частей-стандартов, а их общее количество достигает 58. Примечательно, что Еврокоды признаны всеми странами ЕС как эталонные документы для доведения соответствия зданий и сооружений основным требованиям Директивы Совета ЕС относительно строительных материалов и являются основой для заключения строительных контрактов и связанных с ними инженерных услуг.

Далее скажем о том, что в конце 2013 г. была полностью завершена работа по принятию идентичных государственных стандартов (ДСТУ-Н Б EN)

© Шимановский А.В., Кондра С.М.

всех Еврокодов по проектированию, которые были введены в действие 1 июля 2014 года. В настоящее время проводится системная работа последующего этапа, а именно: по гармонизации стандартов категории В на продукцию строительного назначения, которых, в отличие от стандартов категории А, насчитывается уже свыше полутора тысяч. Также, к сведению, укажем, что по состоянию на 01.07.2015 г. уже было гармонизировано около 250 нормативных документов.

Внедрение Еврокодов представляет собой весьма важный шаг на пути развития строительной отрасли Украины и позволяет обеспечить единое понимание процесса проектирования конструкций среди заказчиков, проектировщиков, производителей строительных материалов, подрядчиков и эксплуатирующих организаций; повысить инвестиционную привлекательность отрасли, облегчить обмен услугами в строительной отрасли между Украиной и странами ЕС, а также повысить конкурентоспособность отечественных проектировщиков и производителей на мировом рынке.

И именно с учетом этого фактора ниже изложены основные методики и особенности определения ветровых нагрузок на башни и мачты с оттяжками в соответствии с Еврокодом [1] и Национальным приложением [2].

Итак, силу ветра, действующего на конструкцию, находят с использованием коэффициентов силы и вычислением сил давлений на поверхности. При этом определяться сила может как непосредственно на конструкцию или ее компонент по формуле

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(z_e) A_{ref},$$

так и векторным сложением сил, действующих на ее отдельные конструктивные элементы, с использованием следующей формулы:

$$F_w \quad c_s c_d \sum_{elements} c_f q_p(z_e) A_{ref},$$

где $c_s c_d$ – конструктивный коэффициент; c_f – коэффициент силы для конструкции или ее конструктивного элемента; $q_p(z_e)$ – максимальный скоростной напор на базовой высоте z_e; A_{ref} – базовая (относительная) площадь конструкции или ее конструктивного элемента.

Заметим, что при определении ветровых нагрузок и реакций для большинства башен используется эквивалентный статический метод, включающий допуски, учитывающие динамическое усиление реакции. Причем упомянутый метод применяется только в случае выполнения такого условия:

$$\frac{7 m_T}{{}_s c_{f,T} A_T \sqrt{d_B \ {}_0}} \ \frac{5}{6} \ \left(\frac{h_T}{h}\right)^2 \quad 1.$$

Обозначения, введенные при формировании этого условия, имеют следующий смысл: $c_{f,T} A_T$ – сумма площадей при ветровых нагрузках, воздействующих на панель (включая вспомогательные устройства), начиная с вершины, таким образом, что площадь $c_{f,T} A_T$ должна быть меньше общей наветренной площади $c_{f,T} A_T$ для всей башни; ${}_s$ – плотность материала конструкций башни; m_T – масса панелей, для которых определяется сумма площадей; h – высота башни; h_T – высота панелей, для которых определяется сумма площадей, но не более 1/3 высоты башни; ${}_0 = 0{,}001$ – константа; d_B – размер башни по направлению ветра, равный: для прямоугольных башен – ширине базы башни, для треугольных – 0,75 ширины базы башни.

Продемонстрируем теперь применение указанного выше условия на примере прямоугольной башни высотой 60 м. Для этой башни имеем: $h = 60$ м, $h_T = 20$ м, ${}_s = 7800$ кг/м^3, $d_B = 5$ м, $c_{f,T} A_T = 40$ м^2 и $m_T = 4000$ кг. Подставляя затем эти данные в выражение интересующего нас условия, получаем:

$$\frac{7 \ 4000}{7800 \ 40 \ \sqrt{5 \ 0{,}001}} \ \frac{5}{6} \ \left(\frac{20}{60}\right)^2 \quad 0{,}317 \quad 1.$$

Вполне очевидно, что в данном случае условие выполняется, а, значит, при расчете башни применим эквивалентный статический метод.

Остановимся еще на одном весьма важном аспекте эквивалентного статического метода, а именно: учитываемых расчетом ветровых нагрузках. Как правило, во внимание принимается три вида нагрузок. Во-первых, это нагрузка среднего ветра при направлении его на башню, значение которой устанавливается по формуле

$$F_{m,W}(z) \quad \frac{q_p}{1 \quad 7 I_v(z_e)} \quad c_f A_{ref},$$

во-вторых, это эквивалентная нагрузка при порывах ветра при направлении на башню, выражение для нахождения которой записывается так:

$$F_{T,W}(z) \quad F_{m,W}(z)$$

$$1 \quad 1 \quad 0{,}2 \ \left(\frac{z_m}{h}\right)^2 \quad \frac{[1 \quad 7 I_v(z_e)] c_s c_d \quad 1}{c_0(z_m)}$$

и, наконец, в-третьих, это максимальная ветровая нагрузка на поддерживающие башню (мачту) тросы и оттяжки, определяющее соотношение для которой имеет следующий вид:

$$F_{c/G_w}(z) \quad \frac{q_p(z)}{1 \quad 7I_v(z)} \quad c_{f,G}A_G \;\; 1 \quad \frac{[1 \quad 7I_v(z_e)]c_s c_d \quad 1}{c_0(z_m)} \; .$$

Что же касается коэффициента общей ветровой нагрузки c_f, то он определяется как сумма двух коэффициентов, а именно: коэффициента ветровой нагрузки на секцию без оборудования $c_{f,S}$, установленного на основе коэффициента сплошности , принимаемого для открытой конструкции без вспомогательного оборудования, и коэффициента ветровой нагрузки на вспомогательное оборудование $c_{f,\,A}$:

$$c_f = c_{f,S} + c_{f,\,A} \; .$$

Коэффициент ветровой нагрузки на секцию без оборудования $c_{f,S}$ таков:

$$c_{f,S} = c_{f,S,0} \cdot K \; ,$$

где $c_{f,S,0}$ – коэффициент общего нормального лобового сопротивления секции;

K – коэффициент угла воздействия ветра;

$$K \;\; = 1 + K_1 \, K_2 \sin^2 2$$

для конструкций квадратного сечения;

$$K \quad \frac{A_c \quad A_{c,\sup}}{A_s} \quad \frac{A_f}{A_s}(1 \quad 0{,}1\sin^2 2 \;\;)$$

для конструкций треугольного сечения;

$$K_1 \quad 0{,}8\frac{A_c \quad A_{c,\sup}}{A_s} \quad 0{,}55\frac{A_f}{A_s};$$

$K_2 = 0{,}2$ для 0 0,2 и 0,8 1,0;

$K_2 =$ для 0,2 0,5;

$K_2 = 1 -$ для 0,5 0,8;

– угол воздействия к нормали грани 1 в плане; – коэффициент сплошности, определяемый как отношение проекций сумм площадей отдельных элементов и узловых фасонок к площади вертикальной проекции, ограниченной контурами конструкции; A_f – общая расчетная площадь при рассмотрении перпендикулярно поверхности элементов плоского сечения в грани; A_c – общая расчетная площадь при рассмотрении перпендикулярно поверхности элементов круглого сечения в грани в докритических режимах; $A_{c,\,\sup}$ – общая расчетная площадь при рассмотрении перпендикулярно поверхности элементов круглого сечения в грани в надкритических режимах, а $A_s = A_f + A_c + A_{c,\,\sup}$.

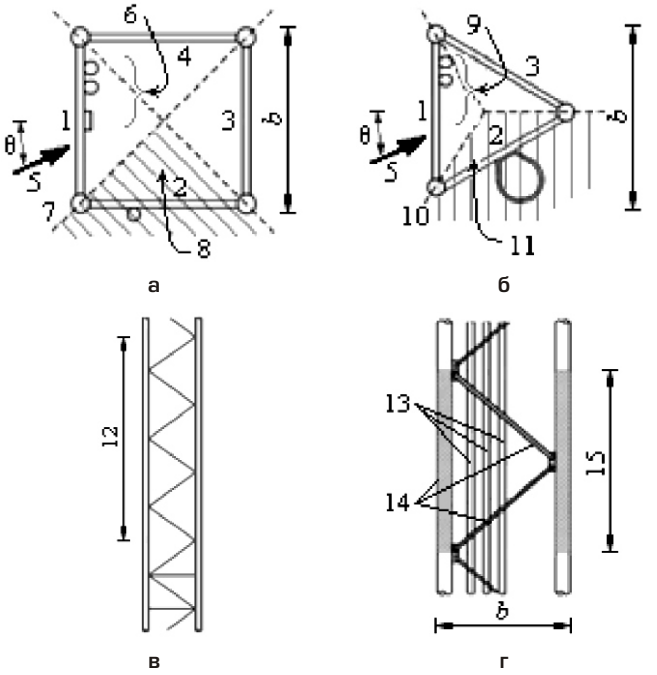


Рис. 1. Схемы наиболее типичных конструктивных элементов высотных сооружений для определения коэффициента общей ветровой нагрузки c_f :

а – прямоугольное поперечное сечение; **б** – треугольное поперечное сечение; **в** – секция мачты; **г** – конструктивный элемент; **1** – грань 1; **2** – грань 2; **3** – грань 3; **4** – грань 4; **5** – направление ветра; **6** – вспомогательное оборудование, размещенное перпендикулярно грани 1; **7** – пояс, размещенный перпендикулярно грани; **8** – вспомогательные компоненты на данном участке, распределенные на грани 2; **9** – вспомогательные компоненты, размещенные перпендикулярно грани (включая ступеньки лестницы, защитное кольцевое ограждение и т. д.); **10** – пояс, размещенный перпендикулярно грани; **11** – вспомогательные компоненты на данном участке, распределенные на грани 2; **12** – секция мачты; **13** – вспомогательные компоненты с расчетной площадью AA; **14** – вспомогательные компоненты с расчетной площадью AS; **15** – высота панели (h)

При этом допускается, что элементы круглого поперечного сечения при отсутствии гололеда находятся в докритическом режиме при числе Рейнольдса Re $4{,}0 \cdot 10^5$ и в надкритическом режиме – при больших значениях числа Рейнольдса. Впрочем, если для одного или всех элементов допускается надкритический режим, то в этом случае следует выполнять проверку следующего условия: не возникает ли большая нагрузка при меньшей скорости ветра, т.е. при $Re < 4{,}0 \cdot 10^5$?

На рис. 1 представлены схемы наиболее типичных конструктивных элементов высотных сооружений, поясняющие определение коэффициента общей ветровой нагрузки в зависимости от угла воздействия воздушного потока.

В свою очередь, на рис. 2 на примере высотных сооружений с квадратным и треугольным поперечным сечением показан график зависимости коэффициента угла воздействия ветра K

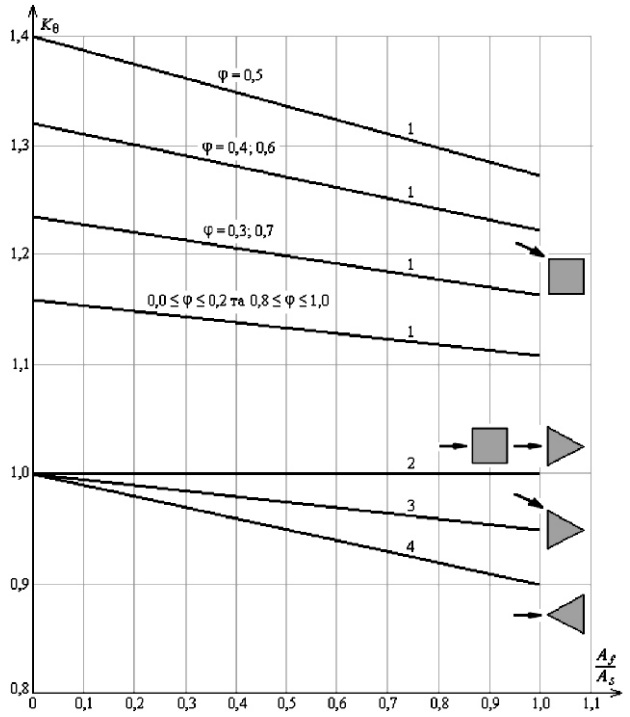


Рис. 2. График зависимости $K = f(A_f / A_s)$ при различных значениях угла воздействия воздушного потока и коэффициента сплошности :

1 – башни квадратного поперечного сечения, ветер под углом = 45°; **2** – грань башен квадратного и треугольного поперечного сечения против ветра; **3** – башни треугольного поперечного сечения, ветер параллельно грани; **4** – башни треугольного поперечного сечения, ветер под углом = 180°

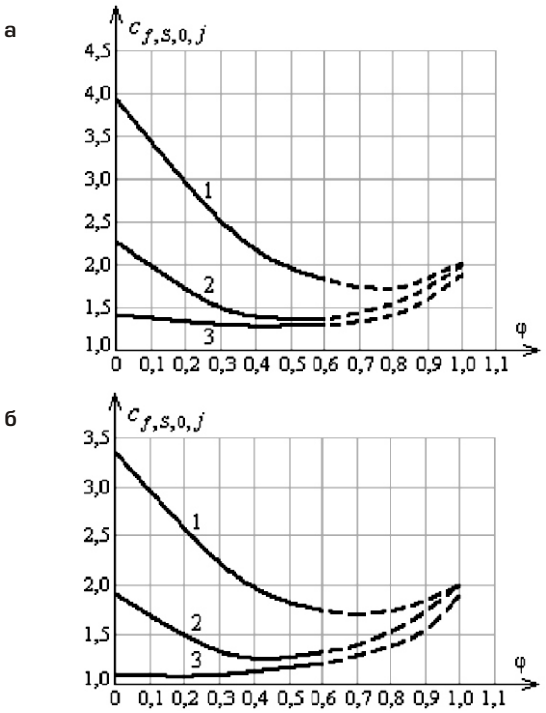


Рис. 3. График зависимости $c_{f,S,0,j} = f(\ )$:

а – высотные сооружения с квадратным поперечным сечением; **б** – высотные сооружения с треугольным поперечным сечением; **1** – элементы плоского сечения; **2** – элементы круглого сечения (докритический режим); **3** – элементы круглого сечения (надкритический режим)

от отношения общей расчетной площади при рассмотрении перпендикулярно поверхности элементов плоского сечения в грани A_f к площади $A_s = A_f + A_c + A_{c,\,\sup}$ при различных значениях угла воздействия воздушного потока и коэффициента сплошности .

Значение коэффициента общей нормальной силы (другое идентичное название – коэффициент общего нормального лобового сопротивления, которое, кстати, было применено ранее) $c_{f,S,0}$ для стержневых конструкций высотных сооружений с квадратным или треугольным поперечным сечением в плане и состоящих из элементов плоского или круглого сечения в любой точке j определяется по формуле

$$c_{f,S,0,j} \quad c_{f,0,f}\frac{A_f}{A_S} \quad c_{f,0,c}\frac{A_c}{A_S} \quad c_{f,0,c,\sup}\frac{A_{c,\sup}}{A_S},$$

где $c_{f,0,f} = 1{,}76C_1(1 - C_2 \quad + \quad ^2)$ – коэффициент силы для секций из элементов плоского сечения; $c_{f,0,c} = C_1(1 - C_2 \quad) + (C_1 + 0{,}875) \quad ^2$ – коэффициент силы для секций из элементов круглого сечения в докритических режимах; $c_{f,0,c,\sup} = 1{,}9 - [(1 - \quad)(2{,}8 - 1{,}14C_1 + \quad)]^{1/2}$ – коэффициент силы для секций из элементов круглого сечения в надкритических режимах; $C_1 = 2{,}25$ – для конструкций квадратного поперечного сечения; $C_1 = 1{,}9$ – для конструкций треугольного поперечного сечения; $C_2 = 1{,}5$ – для конструкций квадратного поперечного сечения; $C_2 = 1{,}4$ – для конструкций треугольного поперечного сечения.

Иллюстрирует сказанное рис. 3, на котором для двух видов поперечных сечений высотных сооружений (квадратное и треугольное) показана графически зависимость коэффициентов силы от коэффициента сплошности $c_{f,S,0,j} = f(\ )$.

Обратим внимание на то, что все графики на рис. 3 при значениях $> 0{,}6$ изображены пунктирной линией. Причем последнее связано с тем, что при этих значениях коэффициента сплошности следует учитывать возможность возникновения колебаний конструкции поперек воздушного потока.

[1] Національний стандарт України. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–4. Загальні дії. Вітрові навантаження. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 (EN 1991-1-4:2005, IDT). – К: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 165 с.

[2] Зміна № 1 до ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 (EN 1991-1-4:2005, IDT). Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–4. Загальні дії. Вітрові навантаження. – К: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 14 с.

Надійшла 03.12.2015 р.

УДК 624.076.2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Розглянуті основні принципи забезпечення якості та надійності при проектуванні заходів захисту від корозії металоконструкцій за рівнем корозійної небезпеки будівельних об'єктів. Показані можливості застосування стратегії DMAIC при «робастному» (сталому) проектуванні протикорозійного захисту на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій.
Для проектування захисту від корозії встановлені класифікаційні ознаки сталевих конструкцій і їх захисних покриттів за категорією відповідальності. Обґрунтовано проектні показники довговічності сталевих конструкцій. Розроблена методика включає розрахунково-експериментальну оцінку коефіцієнтів надійності та готовності протикорозійного захисту. Наведені основні етапи виявлення критичних показників для забезпечення якості і надійності металоконструкцій та їх захисних покриттів.

The paper deals with the main principles of ensuring quality and reliability in design of measures of corrosion protection of structural steel based on the level of facility corrosion hazard. It is stated that the lack of analytical-experimental methods of assessment of signs of corrosion failures for a long time impeded the comparison analyses of corrosion reliability and durability. The paper demonstrates the possibilities of application of DMAIC strategy in robust (sustainable) design of corrosion protection during all stages of structure service life.
For design of corrosion protection, classification features of steel structures and their protective coatings are specified based on criticality rating. Design indices of structural steel durability are justified. The developed methodology involves an analytical-experimental estimate of reliability and availability factors of corrosion protection. Reliability factors of primary and secondary protection take into consideration uncertainty of design models of facility's corrosion hazard. The main stages of determining the critically significant indices for ensuring quality and reliability of metal structures and their protective coatings are presented in the paper.

Ключові слова: процесний підхід, якість, надійність, рівень небезпеки корозії, методика граничних станів, моніторинг корозійного стану, «робастний» підхід при проектуванні.

Незадовільний стан корозійного захисту будівельних металоконструкцій створює загрози аварійних ситуацій для 15…40 % будівель і споруд. Найбільш повний аналіз проблеми захисту від корозії металофонду міститься у «Рішенні Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України» від 13 жовтня 2009 року. Успішне управління функціонуванням цивільних і промислових об'єктів, транспортної інфраструктури неможливе без додаткових витрат, економічна ефективність яких багато в чому визначається правильним вибором конструктивних і технологічних рішень протикорозійного захисту.

Директивою Європарламенту та Ради 2001/95/ЄС «Щодо загальної безпеки продукції» передбачено забезпечення відповідних ресурсів і процедур на принципах загального управління якістю (TQM). Метою даної роботи є вдосконалення нормативних вимог щодо забезпечення якості та надійності протикорозійного захисту на всіх етапах життєвого циклу будівельних металоконструкцій. Новий підхід до визначення проектних заходів захисту за рівнем корозійної небезпеки в нормах [1] є результатом скасування положень [2] у частині металевих конструкцій. Таким чином, усунені об'єктивні перешкоди, які ускладнюють застосування розрахунків характеристик корозійної стійкості та довговічності для обґрунтування вибору сучасних засобів і методів захисту будівельних металоконструкцій.

О.М. Гібаленко
завідувач кафедри «Будівництво, технічна експлуатація і реконструкція» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», к.т.н., доцент

Розроблення заходів первинного та вторинного захисту за критеріями корозійної небезпеки включає наступні інженерні та статистичні методи «робастного» (сталого) проектування металоконструкцій та їх захисних покриттів:

- менеджмент якості протикорозійного захисту з урахуванням методології системного аналізу та процесного підходу ISO 9001;
- забезпечення надійності та конструктивної безпеки згідно з Єврокодами;
- урахування конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників якості у відповідності до норм ISO 12944, ISO 14713;
- моніторинг корозійного стану металоконструкцій, облік корозійних втрат і попередження аварійних ситуацій на основі OHSAS 18001.

© Гібаленко О.М.

Сутність «робастного» проектування за критеріями корозійної небезпеки відображає основні завдання за концепцією Тагуті [16]. Це підвищення надійності конструкцій шляхом застосування нових матеріалів і технологій захисту від корозії; відповідність витрат на протикорозійний захист рівню корозійної небезпеки; зниження витрат на захист від корозії за рахунок підвищення якості та постійне удосконалення засобів і методів захисту на основі моніторингу та діагностики технічного стану.

Встановлена послідовність етапів забезпечення якості та надійності протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій відображає стратегію діяльності DMAIC (define, measure, analyze, improve, control): визначення, вимірювання, аналіз, вдосконалення та контроль. На першому етапі – визначення (define) – виявляються особливості і формулюються принципи, умови, нормативні вимоги до характеристик первинного та вторинного захисту для досягнення заданого рівня відхилень. На другому етапі – вимірювання (measure) – відбувається збір статистичних даних, що характеризують базовий рівень показників роботи, і виявлення конструктивних і технологічних особливостей, що потребують найбільшої уваги. На третьому етапі – аналіз (analyze) – обґрунтовуються розрахункові моделі і ситуації, після чого правильність вибору засобів і методів протикорозійного захисту перевіряється розрахунковими процедурами оцінки параметрів корозійної стійкості та довговічності. На четвертому етапі – вдосконалення (improve) – впроваджуються рішення, що відображають оптимальні характеристики проектних показників специфікацій якості та надійності заходів первинного та вторинного захисту від корозії. Метою п'ятого етапу – контроль (control) – є оцінка стану та моніторинг ефективності заданих проектних рішень протикорозійного захисту будівельних об'єктів.

Розглянемо результати теоретичних і експериментальних досліджень, які отримані при обґрунтуванні основних етапів менеджменту протикорозійного захисту за критеріями корозійної небезпеки будівельних об'єктів (рис. 1).

Структура вимог до надійності та умови оцінки корозійної небезпеки металоконструкцій. Поняття корозійної небезпеки включає певний стан або ситуацію (загрозу), за яких збільшується ймовірність настання збитку. Для забезпечення «робастності» проектування заходів захисту від корозії сформульовані основні принципи, які дозволяють встановити взаємозв'язок показників якості та надійності металоконструкцій та їх захисних покриттів:

1. За заданим рівнем корозійної небезпеки будівельного об'єкта встановлюються категорії відповідальності конструкцій та їх захисних покриттів, розрахункові ситуації за умовами живучості для забезпечення конструктивної надійності і технологічної безпеки конструкцій.

2. Визначаються вимоги до показників якості засобів і методів захисту від корозії (ЗМЗК) з урахуванням імовірнісних критеріїв надійності І-го рівня при роздільному розгляді навантажень, впливів і несучої здатності.

3. Проводиться розрахунок на корозійну стійкість за ознаками граничних станів І-ї та ІІ-ї груп, що пов'язано з втратою несучої здатності та обмеженнями надмірних деформацій. Розрахунок довговічності визначається умовами функції втрати якості (допустимими граничними відхиленнями показників якості) проектної системи протикорозійного захисту конструкцій (СПЗК).

4. Формування розрахункових моделей і розрахункових ситуацій здійснюється топологічними методами за даними аналізу причинно-наслідкових зв'язків СПЗК.

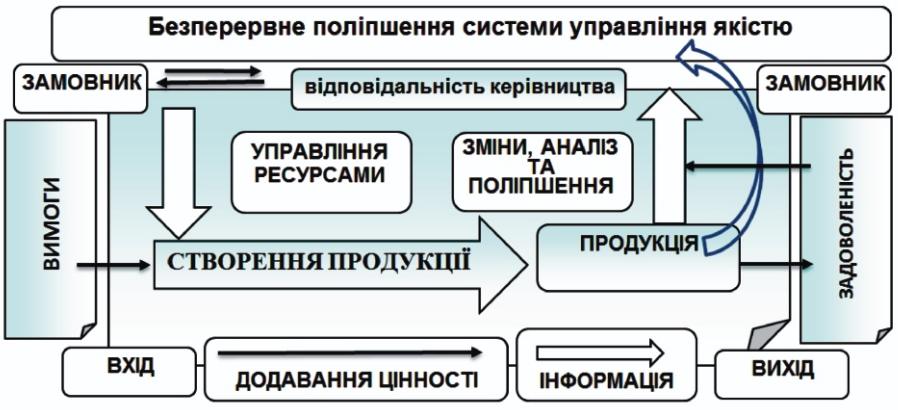


Рис. 1. Схема процесного підходу до менеджменту якості та надійності металоконструкцій та їх захисних покриттів

5. Показники якості ЗМПЗ оцінюються статистичними методами для аналогічних конструктивних елементів у межах однорідних за складом і інтенсивністю корозійних впливів зон експлуатації промислових і цивільних об'єктів.

6. Враховується мінливість впливів шляхом обґрунтування найбільш несприятливого поєднання екстремальних значень факторів агресивного середовища. Склад та інтенсивність корозійних впливів встановлюються за даними будівельної кліматології, нормативними параметрами корозійної агресивності атмосфери, результатами статистичної оцінки експлуатаційних впливів робочих середовищ.

7. Розглядається випадковий характер показників корозійної стійкості, пов'язаний з природою металургійних факторів, для будівельних сталей на основі нормального розподілу, що забезпечує точність оцінки параметрів процесів зношення і старіння.

8. Коефіцієнти надійності первинного та вторинного захисту враховують конструктивну пристосованість, а також допустимі відхилення експлуатаційних характеристик конструктивних елементів залежно від категорії відповідальності СПЗК. Класифікаційні ознаки корозійного стану конструкцій та їх захисних покриттів використовуються для підтвердження відповідності показників якості ЗМЗК при сертифікаційних випробуваннях.

9. Коефіцієнт надійності корозійного стану встановлює вплив характеру та інтенсивності пошкоджень на зміну параметрів однорідних конструктивних елементів за результатами діагностики експлуатаційного ресурсу будівельного об'єкта.

10. Комплексною характеристикою ремонтопридатності є коефіцієнт готовності сталевих конструкцій, що характеризує ефективність заходів програми забезпечення надійності (ПЗН) на підставі моніторингу показників якості СПЗК при технічному обслуговуванні за фактичним станом.

11. Виконується розрахунок будівельних металевих конструкцій на корозійну стійкість і довговічність при дії статичних навантажень, без врахування природи мало- або багатоциклової корозійної втоми.

12. Проводиться оцінка живучості металоконструкцій в умовах корозійних впливів за допомогою встановленої характеристики пропускної здатності регулювання ресурсу. Управління технологічною безпекою виконується на основі аналізу ризиків з урахуванням коефіцієнта зворотного зв'язку при негативних зовнішніх впливах і варіюванні параметрів первинного та вторинного захисту для забезпечення заданої післяремонтної несучої здатності конструкцій будівель і споруд.

Встановлені принципи забезпечують розроблення єдиної методологічної основи для розрахунково-експериментального обґрунтування відповідності показників якості та надійності СПЗК на всіх стадіях життєвого циклу будівельних металоконструкцій.

Планування експерименту і виявлення критично значущих параметрів якості та надійності. Використання методів фізико-хімічного моделювання показників корозійної стійкості та довговічності є обов'язковим інструментом для оцінки якості та надійності проектних рішень [3]. Завдяки експериментальній оцінці істотних ознак параметрів конструкцій та їх захисних покриттів створюються умови для поліпшення конструктивних і технологічних заходів первинного та вторинного захисту [4–7].

Реакція опору поверхневому руйнуванню [Ф(N), г/м^2] отримана методом активного експериментування при використанні дробової репліки 2^{15-10}, що відбиває програмовані пробні впливи при варіюванні параметрів конструктивної форми *i* та факторів корозійних впливів *j*:

$$(N) \quad A_i \quad A_j \quad A_{i,j} \quad A_{i,j\ 1}; \qquad (1)$$

$$A_{i.j} \quad a_0 \sum_{i\ 0}^{i\ N} \sum_{j\ 0}^{j\ L} a_{i,j} \Big/ T_k, \qquad (2)$$

де $A_{i\,(j)}$ – системна змінна корозійних втрат, г/м^{2}рік; $a_{i\,(j)}$ – вагова характеристика параметрів конструктивної форми *i*, *j*; a_0 – корозійні втрати сталі С235 (г/м^2) при прискорених корозійних випробуваннях; T_k – проміжок часу, відповідний сталим корозійним втратам (рік).

Експертна оцінка стану узагальненого показника захисних властивостей покриттів (A_z) представлена наступною залежністю:

$$A_z \quad \sum_{i\ 1}^{i\ N} B_i X_i, \qquad (3)$$

де B_i – коефіцієнт вагомості виду руйнування; X_i – відносна оцінка *i*-го виду руйнування; *i* – число видів руйнування.

Результати оцінювання показників за формулами (2), (3) дозволяють встановити нормативний термін служби системи захисного покриття (СЗП):

$$T_Z \quad P(N)/A_n , \qquad (4)$$

де $P(N)$ – корозійні втрати незахищеної сталі, відповідні кількості циклів прискорених випробувань N до встановленої характеристики відмови, г/м^2 ; A_n – характеристичне значення річних корозійних втрат, г/м^2.

Якість захисних покриттів визначається на основі статистичної оцінки коефіцієнта надійності вторинного захисту $_{zn}$. Оцінка результатів випробувань включає: статистичний аналіз відмов (граничних станів); перевірку контрольованих параметрів для заданої області інтервальної оцінки $_{zn}$; аналіз відповідності розрахункової ситуації вимогам забезпечення надійності з урахуванням економічних чинників.

Рішення про відповідність розрахункового значення $_{zn}$ заданих меж (верхнього і нижнього) інтервальної оцінки приймається після визначення координат ($/(t_в \quad t_н)$, $(\overline{X} \quad t_в)/(t_в \quad t_н)$) і за допомогою номограми, наведеної на рис. 2.

Використання статистичних методів аналізу та управління якістю протикорозійного захисту забезпечує формування структури нормативних і розрахункових характеристик з урахуванням можливого розкиду параметрів і екстремальних умов при експлуатації конструкцій. Експериментальні методи фізико-хімічного моделювання корозійних впливів дозволяють оцінити стійкість заходів первинного та вторинного захисту та забезпечити роботоздатність конструкцій на основі вимог розрахунку за граничними станами (рис. 3).

Розрахункові моделі та ситуації. Корозійне руйнування металевих конструкцій визначається зовнішніми впливами режиму експлуатації і залежить в першу чергу від ступеня агресивності середовища. Облік електрохімічної кінетики корозійного руйнування в міцнісних розрахунках виконується на основі фізичних моделей, що характеризують зміни геометричних параметрів і властивостей матеріалу під час дії навантажень і агресивних впливів. З погляду будівельної механіки допустиме при заданій СПЗК зниження несучої здатності конструктивних елементів можливо враховувати у розрахунках за граничними станами за допомогою

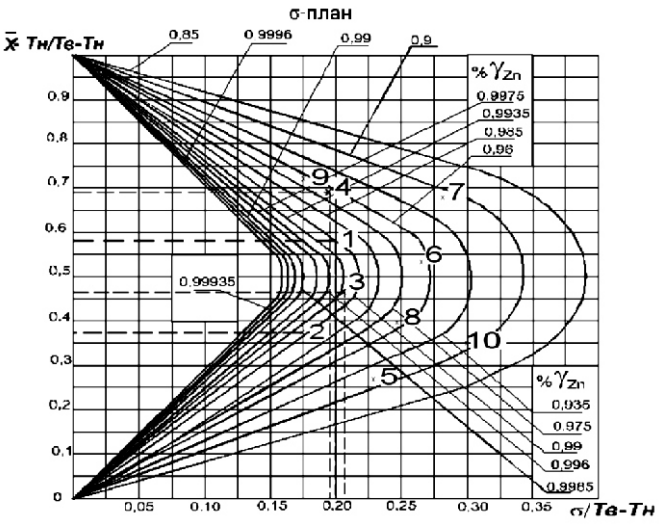


Рис. 2.Числове значення коефіцієнта $_{zn}$ за результатами випробувань при плануванні експерименту

Рис. 3. Експериментальні методи оцінки корозійної стійкості, довговічності, ремонтопридатності і живучості конструкцій:

а – лабораторна оцінка довговічності при прискорених випробуваннях на штучне старіння; **б** – стендові випробування конструкцій при діагностиці корозійного руйнування

фіктивних зовнішніх навантажень [3, 8]. Завдання забезпечення конструктивної безпеки для встановленого рівня корозійної небезпеки полягає в обґрунтуванні розрахункових ситуацій за умовами живучості при впливі корозійних середовищ.

Розрахунок на корозійну стійкість, довговічність і ремонтопридатність сталевих конструкцій пов'язаний з урахуванням показників якості заходів первинного та вторинного захисту на основі ознак граничних станів першої і другої груп (табл. 1).

Коефіцієнти надійності протикорозійного захисту ($_{zk}$, $_{zn}$) встановлюють можливі відхилення міцнісних, деформаційних, експлуатаційних характеристик конструктивних елементів, визначені для регламентної (типової) розрахункової ситуації експлуатації і заданого терміну служби (T_n , рік). Вимоги до показників довговічності первинного та вторинного захисту встановлюють з урахуванням заданого терміну служби T_n сталевих конструкцій і ступеня агресивності впливів середовища [9–11].

Параметри напружено-деформованого стану в розрахунках на корозійну стійкість і довговічність визначаються на основі залежностей:

- I-й граничний стан

$$A_f \quad (1 \quad _{zk})mt ; \qquad (5)$$

$$N/ \; _{zk} \qquad ; \qquad (6)$$

- II-й граничний стан

$$T_{zk} \quad \sqrt[c]{\; _{fk} A_f / A_n} ; \qquad (7)$$

$$T_z \qquad _{zn} T_z , \qquad (8)$$

де Ф – граничне зусилля, кН; N – найбільше розрахункове зусилля, кН; $_{zk}$ – коефіцієнт надійності первинного захисту; A_f – задане фіктивне корозійне навантаження, г рік/м^2; A_n – характеристичне значення корозійних втрат, г/(м^2 рік); T_{zk} – розрахунковий термін служби первинного захисту, рік; T_z – розрахунковий термін служби захисних покриттів (із довірчою ймовірністю = 0,95); c – коефіцієнт кінетики корозійного зносу, що приймається з урахуванням групи корозійної стійкості сталі; $m = 7{,}85 \cdot 10^4$ – перевідний коефіцієнт корозійних втрат, г/см^3; t – приведена товщина перерізу елемента, см.

З позиції теорії надійності важливою інтегральною властивістю, що характеризує систему захисту металоконструкцій від корозії, є живучість. Живучість визначає здатність системи зберігати властивості, необхідні для виконання заданих функцій за несприятливих впливів. Аналітичне подання показників корозійної стійкості (первинний захист) і довговічності захисних покриттів (вторинний захист) дає змогу виконати математичний опис регламентних розрахункових ситуацій за умовами живучості на стадії проектування.

Структурні схеми показників надійності задаються потоковими графами, що описують зміни корозійного стану сталевих конструкцій з урахуванням конструктивних і технологічних варіантів протикорозійного захисту при обслуговуванні об'єктів за фактичним станом протягом встановленого терміну служби. Показники живучості сталевих конструкцій в корозійних середовищах визначаються з урахуванням вимог технічного контролю та діагностики експлуатаційних властивостей для об'єктів відповідних класів відповідальності.

Комплексним показником ремонтопридатності, що характеризує параметри конструк-

Таблиця 1

Характеристики корозійної стійкості матеріалів і конструкцій при оцінюванні відповідності за рівнем корозійної небезпеки

Шкала стійкості металів і покриттів				Категорія відповідальності конструкцій	Коефіцієнти надійності	
група стійкості за ГОСТ 13819-68	оцінка стійкості, бал	глибина ураження, мм/рік	клас первинного та вторинного захисту за СНиП (ДСТУ)		первинного захисту, $_{zk}$	вторинного захисту, $_{zn}$
Нестійкі (IV)	8 7	1–5 0,5–1	I	C4	Від 0,80 до 0,85	Від 0,85 до 0,90
Знижено стійкі (III)	6 5	0,1–0,5 0,05–0,1	II	C3	>> 0,85 >> 0,90	>> 0,90 >> 0,95
Задовільно стійкі (II)	4 3	0,01–0,05 0,005–0,01	III	C2	>> 0,90 >> 0,95	>> 0,95 >> 0,99
Стійкі (I)	2 1	0,001 –0,005 менш 0,001	IV	C1	>> 0,95 >> 0,99	>> 0,99 >> 1,00

тивних і технологічних заходів первинного та вторинного захисту, є коефіцієнт готовності сталевих конструкцій (K_g):

$$K_g \quad \frac{T_{zk} \quad T_z}{T_{zk} \quad nT_z}, \qquad (9)$$

де n – кількість ремонтних циклів відновлення протикорозійного захисту при встановленому терміні служби об'єкта.

Встановлений методичний підхід дозволяє визначати заходи з технічного обслуговування з урахуванням проектного показника ремонтопридатності і рівня корозійної небезпеки KI…KV будівельного об'єкта. Завдання вимог живучості конструкцій будівельного об'єкта залежить від характеристик якості та надійності протикорозійного захисту (див. табл. 1) і даних моніторингу корозійного стану конструкцій аналогічних будівель і споруд.

Моніторинг інтегральних показників якості та надійності металоконструкцій. Експериментальні дані натурного обстеження корозійного руйнування включають об'єкти гірничо-металургійного комплексу, загальна маса металоконструкцій яких перевищує 250000 т [12–15]. Аналіз пошкоджуваності проведений для основних конструктивних елементів будівель і споруд, прогонових будов транспортерних галерей, технологічних естакад, опор трубопроводів, листових конструкцій.

Для виявлення причин зниження експлуатаційної несучої здатності конструкцій запропонована методика оцінки втрати якості конструкцій на основі побудови діаграми Парето (рис. 4, а).

Відповідно до розробленого підходу контроль корозійного руйнування виконувався за наведеною характеристикою втрати якості $\overline{F}_e$ в агресивних середовищах, встановленою за методом Г. Тагуті (рис. 4, б), яка пропорційна квадрату відхилень значень контрольованого показника $_{zk}$ ($_{zn}$) від його номінального значення:

$$\overline{F}_e \quad \frac{2}{\max\limits_{zk(n)} \quad \min\limits_{zk(n)}} \quad _{zf} \quad \frac{\max\limits_{zk(n)} \quad \min\limits_{zk(n)}}{2}^2, \qquad (10)$$

де $_{zf}$ – коефіцієнт надійності протикорозійного захисту за даними контролю корозійного стану в період експлуатації.

Перевірний розрахунок несучої здатності при оцінюванні експлуатаційного стану виконується для встановлених груп однорідних конструктивних елементів з урахуванням виду корозійних пошкоджень на основі рекомендацій [17]. При цьому, в умову граничної нерівності (6) замість проектного значення коефіцієнта надійності первинного захисту $_{zk}$ вноситься значення встановленого на момент обстеження коефіцієнта корозійних втрат $_{zf}$. Коефіцієнт $_{zf}$ враховує якість експлуатації, статистичну природу, характер і величину корозійних пошкоджень однорідних конструктивних елементів.

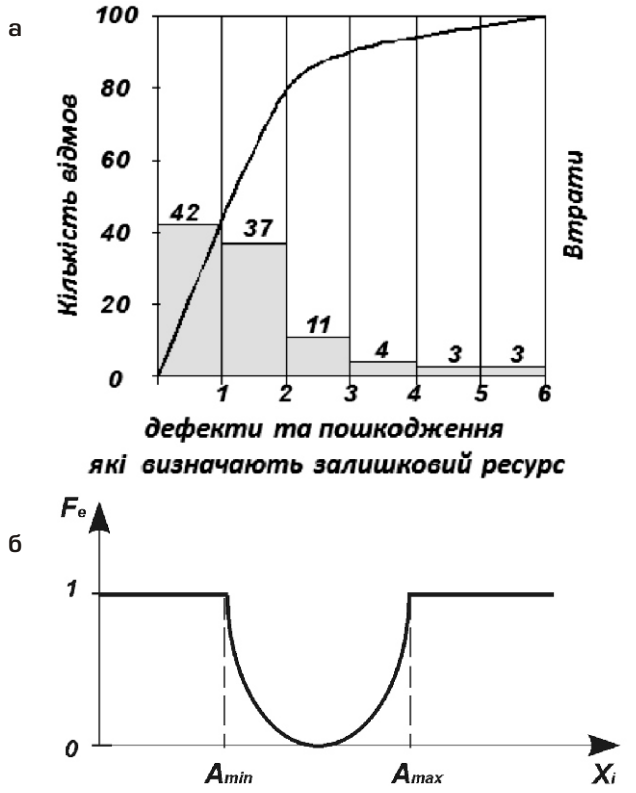


Рис. 4. Оцінка допустимих відхилень за наведеною характеристикою втрати якості:

а – діаграма Парето; **б** – функція наведеної величини втрати якості; **1** – корозійно-механічні пошкодження; **2** – недосконалості, обумовлені відхиленням розмірів, геометрії і положення елементів; **3** – недосконалості вузлових з'єднань; **4** – тріщини в пришовній зоні; **5** – тріщини зварних швів; **6** – інші дефекти

Контроль корозійного стану об'єктів (параметри «виходу» системи) дозволяє провести аналіз якості та надійності (параметри «входу») для обґрунтування вимог технологічної безпеки з урахуванням показників ремонтопридатності, живучості та післяремонтної несучої здатності. Завдання критеріїв граничних станів при продовженні ресурсу за результатами оцінки фактичного стану виконується за допомогою коефіцієнта зворотного зв'язку режиму експлуатації конструкцій ( ) на підставі залежності

$$N \quad /(\Gamma \quad), \qquad (11)$$

де N – найбільше розрахункове зусилля в конструктивному елементі, кН; – граничне зусилля, кН, яке може сприйняти елемент з характеристикою пошкоджуваності $_f$; Г – відношення резерву надійності.

Запропонована характеристика коефіцієнта зворотного зв'язку режиму експлуатації ( ) забезпечує реалізацію інформаційно-аналітичного підходу до управління технологічною безпекою, формування ПЗН. При цьому критерієм технологічної безпеки конструкцій є характеристика живучості ( ), що визначає зменшення пропускної здатності регулювання ресурсу,

$$= \Gamma - 1/(\Gamma - \quad). \qquad (12)$$

При накопиченні пошкоджень $_f$ і втраті якості $\bar{F}_e$ коефіцієнт зворотного зв'язку ( ) характеризує зниження експлуатаційних показників сталевих конструкцій при встановленому проектному значенні надійності (Г). Впливи, які спричиняються негативними зовнішніми факторами $A(L, G, S, T, R)$ і внутрішніми параметрами $A(f)$, призводять до корозійного руйнування і появи ознак граничних станів конструкцій. Пропускна здатність регулювання ресурсу характеризує допустиму зміну проектного значення відносно резерву надійності (Г) для відновлення роботоздатного стану та продовження ресурсу за рахунок конструктивно-технологічних обмежень і методів забезпечення необхідної післяремонтної несучої здатності.

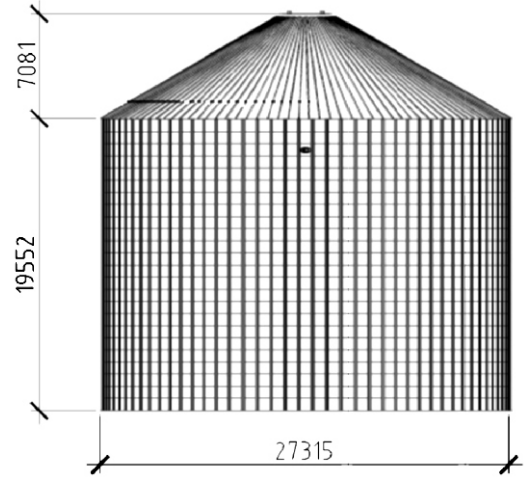
Відповідність показників якості СМЗК вимогам конструктивної та технологічної безпеки СПЗК підтверджується розрахунковими або розрахунково-вимірювальними методами на основі даних проектної специфікації, а саме:

- нормативних (базових, характеристичних) впливів і репрезентативних значень факторів корозійної агресивності;
- розрахункових характеристик корозійної стійкості, довговічності та ремонтопридатності конструкцій та їх захисних покриттів;
- класифікаційних ознак рівня корозійної небезпеки сталевих конструкцій і їх захисних покриттів за категорією відповідальності;
- логістичної структури постійних, тимчасових і аварійних розрахункових ситуацій менеджменту якості протикорозійного захисту.

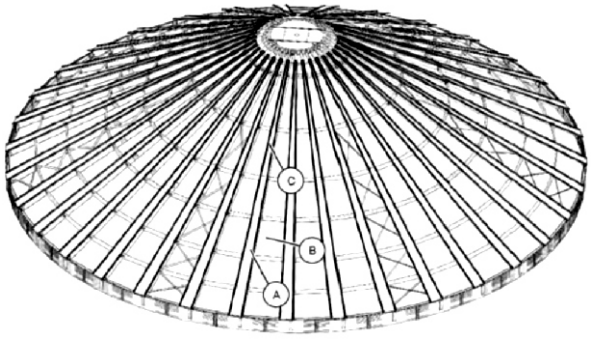
Розрахунково-експериментальна оцінка інтегральної характеристики живучості дасть змогу уникнути невизначеності та суб'єктивізму при розробленні проектних рішень протикорозійного захисту металоконструкцій. Для реального бізнесу оцінка якості та надійності захисту від корозії дозволяє зменшувати ризики, які пов'язані з корозійної небезпекою будівельних об'єктів. Таким чином, набуває реалізації теорія потенційної ефективності у вигляді граничних характеристик корозійного стану конструкцій, з урахуванням вимог економічних критеріїв якості, надійності та безпеки.

Вимоги до контролю якості та надійності заходів СПЗК дозволяють виявляти ознаки корозійного руйнування на ранніх стадіях післямонтажної готовності конструкцій. Як приклад розглянемо умови відповідності вимог протикорозійного захисту для конструкцій силосного зерносховища (рис. 5).

а



б



Нижня (А) і верхня (С) панелі даху, В – відкритий прогін

Клас товщини	Маса 1 м^2 шару покриття, нанесеного з двох сторін, г	Товщина покриття, мкм
П	Від 570 до 855	Від 40 до 60
1	Від 258 до 570	Від 18 до 40
2	Від 142,5 до 258	Від 10 до 18

Рис. 5. Загальний вигляд (а), конструктивне рішення перекриття (б) і проектна специфікація СПЗК силосного зерносховища

Таблиця 2

Вимоги до показників надійності протикорозійного захисту за критеріями граничних станів

Умови розміщення	Конструктивне рішення	Термін служби, рік	Розрахункові значення, $_{zn}/_{zk}$	Показник втрати якості, F_e
Технологічне обладнання	Конструкції приводів системи вентиляції	3	0,86/0,99	0,53/0,01
	Скловолоконні вироби	25	0,90/0,99	0,38/0,01
	Елементи системи вентиляції	25	0,92/0,98	0,27/0,01
Система подачі	Піддони системи роздачі	5		
	Трубчасті конструкції	10	0,97/0,99	0,10/0,01
Зернові системи	Каркас бункера	5	0,77/0,98	0,70/0,01
Система вентиляції	Конструкції вежі	2	0,89/0,99	0,42/0,01
	Внутрішні технологічні системи	5	0,91/0,95	0,33/0, 0,01

Результати післямонтажного контролю специфікації вторинного захисту від корозії показали дефекти і пошкодження цинкового шару покриттів, які в період введення об'єкта в експлуатацію не перевищували номінальних значень відхилень від проектних характеристик (табл. 2).

Висновок. Наведені характеристики заходів захисту від корозії за критерієм корозійної небезпеки дозволяють встановлювати вимоги проектних специфікацій до якості і надійності металоконструкцій та їх захисних покриттів на всіх стадіях життєвого циклу будівельних об'єктів. Використання норм [1], а також технічних регламентів із протикорозійного захисту конструкцій, що впроваджені на ряді підприємств гірничо-металургійного комплексу, створює сприятливі умови для обґрунтованої економічної оцінки і управління ризиками, збільшення міжремонтних термінів служби, своєчасної діагностики корозійного стану і відновлення протикорозійного захисту конструкцій.

[1] ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування. – Мінрегіон України. – 74 с.

[2] СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии/Госстрой СССР. – М.: ЦИТИ Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

[3] *Королёв В.П.* Теоретические основы инженерных расчетов стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность / Научн. труды, вып. 1–95. Донецк : Донеччина, 1995, с. 24.

[4] Устройство для катодной защиты от коррозии металлического бъекта с тепловой изоляцией./ *Горохов Е.В., Королёв В.П., Гибаленко А.Н.* и др.: А.с. № 1560628. – Бюллетень изобр., 1990. – № 16.

[5] Просторовий блок покриття/*Корольов В.П., Гібаленко О.М., Войтова Ж.Н.* та ін.//Патент №36144А. Україна МКИ Е04В7/00. – № (21)99116090. Заявлено 05.11.1999 р. Опубл. 16.04.2001р.

[6] Вузлове з'єднання елементів з труб металевих просторових конструкцій/*Корольов В.П., Гібаленко О.М., Черних І.Ю.*// Деклараційний патент № 44976А Бюл №3 від 15.01.02

[7] Протикорозійна композиція/*Висоцький Ю.Б., Гібаленко О.М., Корольов В.П.* та ін.// Патент на корисну модель № 48469 Бюл. № 6 від 25.03.2010.

[8] *Королев В.П., Безлегкий А.П.* Учет коррозионных воздействий при оценке долговечности стальных конструкций по предельным состояниям//Будівництво України, 1995. – № 6. – С. 27–28.

[9] *Корольов В.П., Гібаленко О.М., Шевченко О.М.*/Протикорозійний захист будівельних конструкцій з гарантованою довговічністю на основі ресурсозберігаючих технологій./Матеріали науково-практичної конференції «Донбас-2020: охорона довкілля та екологічна безпека». – Донецьк. – 2001. – С. 130–134.

[10] *Корольов В.П., Гібаленко О.М., Шевченко О.М.* Удосконалення нормативних вимог до засобів і методів протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій// Будівництво України, 2003. – № 7. – С. 19–23.

[11] *Корольов В.П.* Експлуатаційні властивості і захист від корозії будівельних металоконструкцій/Розробки і практичний досвід забезпечення довговічності/Прес-досье НВВЛ «Антикор-Дон» ДонНАБА. – Донецьк, Норд-Прес, 2005. – 44 с.

[12] *Королёв В.П., Рыженков А.А., Гибаленко А.Н.* Современные подходы к менеджменту качества противокоррозионной защиты и коррозионному контролю металлоконструкций/Промислове будівництво та інженерні споруди, 2009. – № 4.– С. 7–11.

[13] *Корольов В.П., Риженков О.А., Гібаленко О.М., Шевченко О.М.* Оцінка надійності та вибір засобів захисту від корозії сталевих конструкцій на стадії виготовлення/Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій/Зб. наук. праць. Вип. 8//За заг. ред. Лучка Й.Й. – Львів: Каменяр, 2009. – С. 23–34.

[14] *V. Korolov* [and others.]. Estimation of steel structure corrosion risk level in calculation according to limiting states//EUROCORR-2010. The European Corrosion Congress: From the Earth s Depths to Space Heights, 13–17 September 2010. Moscow: Russian Federation, 2010. P. 534.

[15] Проблеми ресурсу і технологічної безпеки металевих конструкцій у корозійних середовищах. Розробки і практичний досвід менеджменту надійності будівельних об'єктів/Прес-досьє ДонЦТБ ТОВ «Укрінстальконім. В.М. Шимановського»//Під загальною ред. засл. діяча науки і техн. України, д.т.н., проф. Корольова В.П. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2015. – 74 с.

[16] *Ефимов В.В.* Методы Тагути: практика применения/Методы менеджмента качества, 2005. – № 6. – С. 28–35

[17] Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85) / Сост.: Голубев А.И., Горохов Е.В., Королев В.П. и др. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 51.

Надійшла 19.11.2015 р.

УДК 620.193

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ТА БАКТЕРІАЛЬНОЇ КОРОЗІЇ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У ГРУНТІ

Запропонована методика визначення швидкості електрохімічної і бактеріальної корозії сталевих корструкцій, що працюють у грунті, яка може бути використана при розрахунках величини пошкоджень сталевих конструкцій та розрахунках на довговічність.

A method for determining the rate of electrochemical and bacterial corrosion of steel structures that are working in the soil. The above technique can be applied when calculation the value of damage to steel structures, based on longevity.

Ключові слова: сталеві конструкції, біологічна, бактеріальна та електрохімічна корозія.

Т.І. Матченко
провідний інженер
ПАТ Київський науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Енергопроект», к.т.н.

Сталеві будівельні конструкції, що працюють у грунті, можуть втрачати свою функціональну придатність внаслідок корозійного пошкодження їх елементів і зварних з'єднань. Корозія в грунті може бути як електрохімічною, так і бактеріальною.

Електрохімічна корозія сталевих конструкцій, що працюють у грунті, найбільше характерна для місць, де є блукальний електричний струм, волога, агресивне середовище експлуатації, контакт металевих елементів із різними електричними потенціалами, контакт сталевих елементів з грунтом.

Біологічна корозія є однією з причин пошкодження і відмови сталевих конструкцій, що працюють у рідких середовищах і в вологих грунтах. Мікроорганізми, які беруть участь в утворенні біологічних обростань, сприяють адсорбції негативно заряджених мікроорганізмів на поверхні металу і накопиченню на цих ділянках більш високих концентрацій харчових речовин, ніж в оточуючому середовищі.

Для попередньої оцінки довговічності сталевих елементів та зварних з'єднань сталевих конструкцій з пошкодженим ізоляційним шаром, що знаходяться в ґрунті, доцільно визначати швидкість корозії за характеристиками корозійної активності ґрунту, а ресурс сталі – за формулою

$$= {}_{зш} + (h_0 - [h])/(V_{ехк} + V_{бк}),$$

де – ресурс сталевого елемента або зварного з'єднання, рік; $_{зш}$ – ресурс шару гідроізоляції, рік; h_0 – товщина сталевого елемента або висота катета зварного з'єднання сталевого елемента на початку експлуатації, мм; $[h]$ – критично допустима мінімальна товщина сталевого елемента або висота катета зварного з'єднання, яка забезпечує вимоги міцності конструкції, мм; $V_{ехк}$ – швидкість електрохімічної корозії сталі зони сплавлення зварного з'єднання в конкретному середовищі; $V_{бк}$ – швидкість бактеріальної корозії сталі зони сплавлення зварного з'єднання.

Таким чином, для визначення довговічності або залишкового ресурсу сталевої конструкції, що працює в грунті, необхідно визначити експериментально або вирахувати швидкість корозії $V_{ехк}$ та $V_{бк}$. Розглянемо методику, яка враховує рекомендації [1–4].

Методика розрахунку швидкості електрохімічної корозії. Згідно з ДСТУ Б В.2.5-29 корозійна агресивність грунту по відношенню до сталі характеризується значенням питомого електричного опору грунту $_{г}$, що визначається в польових та лабораторних умовах, та середньою густиною катодного струму $j_{ксер}$, при зміщенні потенціалу (E) на 100 мВ від'ємніше за потенціал корозії сталі ($E_{кор}$). Якщо при визначенні одного з показників встановлена висока корозійна агресивність грунту, то визначення інших показників не потрібне. Якщо питомий електричний опір грунту, виміряний в лабораторних умовах, такий, що дорівнює або вищий ніж 130 Ом м, корозійну агресивність грунту вважають низькою і за середньою густиною струму $j_{ксер}$ не оцінюють (табл. 1).

Методики визначення питомого електричного опору грунту, середньої густини катодного струму та поляризаційний потенціал підземних сталевих конструкцій наведені в додатках А, Б, В ДСТУ Б В.2.5-29.

© Матченко Т.І.

Таблиця 1

Корозійна агресивність грунту по відношенню до вуглецевої якісної конструкційної сталі згідно з ДСТУ 2651

Корозійна агресивність грунту	Питомий електричний опір грунту $_г$, Ом·м	Середня густина катодного струму, $j_{ксер}$, А/м^2
Низька	Понад 50	До 0,05 включно
Середня	Від 20 до 50 включно	Від 0,05 до 0,2 включно
Висока	До 20 включно	Понад 0,2

Небезпечним впливом блукальних постійних струмів на сталеву конструкцію вважається наявність знакозмінного або змінного в часі позитивного (анодна зона) зміщення різниці потенціалів (E) між підземною сталевою конструкцією та мідносульфатним електродом порівняння (МЕП), визначеним згідно з додатком Г ДСТУ Б В.2.5-29, при цьому найбільший розмах коливань потенціалів (між найбільшим $E_{вим,max}$ і найменшим $E_{вим,min}$ значеннями виміряних потенціалів за абсолютною величиною) перевищує 0,04 В, небезпечним є також миттєве позитивне зміщення потенціалу або миттєве негативне значення густини струму.

При змінному струмі вважається небезпечним негативне зміщення потенціалу не менше ніж на 10 мВ по відношенню до стаціонарного потенціалу або наявність змінного струму густиною більше ніж 1 мА/см^2 (10 А/м^2) на допоміжному електроді.

До корозійно-небезпечних ділянок незалежно від показників корозійної агресивності середовища та наявності блукальних струмів слід відносити також: заплавини річок, зрошувальні землі, болота і заболочені грунти, підводні переходи, промислові та побутові стоки, звалища сміття та шлаку, польові склади мінеральних добрив.

Критерії агресивності грунту з урахуванням сукупності мікробіологічних і фізико-хімічних чинників наведені в ДСТУ 3291 [3].

Ділянки, на яких блукальні струми входять до підземної сталевої конструкції, є катодом, а ділянки, де вони виходять із конструкції в навколишній грунт, – анодом. Корозія сталі внаслідок окислення відбувається на анодних ділянках. Кількість металу (M або m), що втрачає сталева конструкція внаслідок корозії блукальними струмами з одиниці площі, можна вираховувати за законом Фарадея:

$$M = \text{E}\ \ I\ \ t_c / F,$$

де I – величина струму, який протікає через анод, А; t_c – час протікання струму, с; Е – хімічний еквівалент металу, який дорівнює відношенню атомної ваги до валентності металу, $\text{E} = A_m / n$, A_m – атомна маса заліза (A_m = 55,85); n – валентність (n = 2, 3 або 4); F – число Фарадея (F = 96500 А с).

Втрату маси при електрохімічній корозії також можна визначати за швидкістю анодного процесу розчинення, який характеризується густиною електричного струму, пропорціональною втраті металу з одиниці площі

$$m \quad i_a \frac{A}{nF}\ t,$$

де m – кількість металу, який перейшов у грунт, насичений вологою з одиниці поверхні, ч г/см^2; i_a – густина анодного струму, А; A – відносна маса металу; n – валентність; F – число Фарадея; t – час корозії, година.

Таким чином, швидкість корозії сталевих конструкцій від блукальних електричних струмів залежить від величини струму, що виходить або входить до конструкції. Величина струму в грунті визначається залежністю

$$I \quad U\ 4 \quad b/R_{гпр},$$

де U – різниця електричних потенціалів у точці (о) землі і на поверхні сталевої конструкції, В; $R_{гпр}$ – приведений питомий електричний опір грунту та захисного шару сталевої конструкції, Ом м; b – відстань між точками (о) землі, де визначений електричний потенціал землі U, і сталевою конструкцією, м.

У свою чергу можна записати

$$i_a \quad \frac{\overset{о}{к} \quad \overset{о}{а}}{R_а \quad R_к \quad R_{гр}},$$

де $\overset{о}{к}$, $\overset{о}{а}$ – електродні потенціали катода і анода (сталі та ґрунту), В (див. табл. 2); $R_а$, $R_к$, $R_{гр}$ – електричний опір анода, катода і ґрунту відповідно.

Для оцінки електричного блукального струму доцільно приймати (b) як відстань до найближчого підземного електричного кабеля, заземлення, рейки електрички або до найбільшої високої точки над поверхнею землі, куди може попадати блискавка, до громовідведення.

Величину і знак потенціалу (U) відносно грунту визначають контактним способом за допомогою вольтметра і вираховують за формулою

$$U = \pm U_{вим} + 0{,}32B,$$

де $U_{вим}$ – показник приладу, В; B – потенціал мідно-сульфатного електрода.

Для переходу вимірювання корозії від втрати металу (m) з площі (S) до її глибини (Y) отримаємо:

$$Y = m/(S\ _{c}),$$

де $_{c}$ – густина сталі.

Швидкість корозії ($V_{кор}$) визначається за формулою

$$V_{кор} = Y/t,$$

де t – час, протягом якого глибина корозії склала величину Y.

Таблиця 2

Характеристики основних металів

Найменування металу	Атом. маса, A	Пит. маса,	Температура плавлення, °С, T	Валентність, n	Співвідношення між одиницями швидкості корозії	Потенціали деяких електродних процесів	
						процеси	потенціали $_{к}$ і $_{а}$
Залізо	55,85	7,87	1539	2, 3, 6	1 г/м^2 24 год = = 0,047 мм/год 1 мм/год = = 23,53 г/м^2 24 год	$Fe = Fe^{2+} + 2e$ $Fe + 2H_2O = Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e^-$ $Fe + 2H_2O = HFeO_2^- + 2H^+ + 2e^-$ $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e^-$ $Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$	$= -0,440 + 0,0295 \lg [Fe^{2+}]$ $= -0,047 - 0,0591$ pH $= 0,493 - 0,00886$ pH$+ 0,0295 \lg [HFeO_2^-]$ $= -0,085 - 0,0591$ pH $= 0,771 + 0,0591 \lg [Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$
Цинк	65,37	7,14	419,5	2	1 г/м^2 24 год = = 0,051 мм/год 1 мм/год = = 19,8 г/м^2 24 год	$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + 2H^+ + 2e^-$ (амфотерний) $Zn = Zn^{2+} + 2e^-$ $Zn + 2H_2O = HZnO_2^- + 3H^+ + 2e^-$ $Zn + 2H_2O = ZnO_2^{2-} + 4H^+ + 2e^-$	$= -0,400 - 0,0591$ pH $= -0,763 + 0,0295 \lg [Zn^{2+}]$ $= 0,054 - 0,0886$ pH$+ 0,0295 \lg [HZnO_2^-]$ $= 0,041 - 0,1182$ pH$+ 0,0295 \lg [ZnO_2^{2-}]$

Таблиця 3

Залежність K_1 від технічного стану захисного покриття

Технічний стан захисного покриття	Добрий	Задовільний	Незадовільний	Вкрай незадовільний	Аварійний
K_1, частка від одиниці	1,00	0,70	0,30	0,15	0,00

Таблиця 4

Залежність K_1 від часу експлуатації захисного покриття

Час експлуатації захисного покриття, рік	5	10	15	20	25	30
K_1, частка від одиниці	1,00	0,75	0,50	0,30	0,15	0,00

Таблиця 5

Залежність K_2 на поверхні грунту

Назва місяців	Північні області України, сухий грунт	Північні області України, вологий грунт	Південні області України, сухий грунт	Південні області України, вологий грунт
Січень	0,69	1,45	0,66	1,52
Лютий	0,63	1,59	1,57	1,76
Березень	0,57	1,76	0,63	1,59
Квітень	0,69	1,45	1,41	1,71
Травень	0,74	1,35	1,00	1,00
Червень	0,89	1,12	0,99	1,01
Липень	1,00	1,00	0,89	1,12
Серпень	0,89	1,12	0,89	1,16
Вересень	0,97	1,03	0,90	1,11
Жовтень	0,86	1,16	0,92	1,09
Листопад	0,74	1,35	0,92	1,09
Грудень	0,77	1,30	0,74	1,35

За відсутності експериментальних даних розрахунок приведеного питомого електричного опору грунту виконується за формулою

$$R_{\text{гпр}}(t) \quad R_{\text{гиз}}(t) \quad {}_{\text{г}}(t)\ \ln\{1{,}12/[\ (2Rh)^{0{,}5}]\}/\ ,$$

де $R_{\text{гиз}}(t)$ – питомий електричний опір гідроізоляції, Ом м; ${}_{\text{г}}(t)$ – питомий електричний опір грунту, Ом м; R – геометричний зовнішній радіус елемента сталевої конструкції, м; h – глибина заглиблення елемента сталевої конструкції нижче рівня поверхні землі, м; r – електричний опір сталі, Ом; – постійна розповсюдження електричного струму в сталевій конструкції, 1/м.

В свою чергу,

$$= [r / R_{\text{гпр}}(t)]^{0{,}5};$$

$$R_{\text{гиз}}(t) = R_{\text{гиз}}(0) \quad K_1;$$

$${}_{\text{г}}(t) = \ {}_{\text{г}}(0) \quad {}^{n}_{i\ 2}K_2,$$

де $R_{\text{гиз}}(0)$, ${}_{\text{г}}(0)$ – значення параметрів на початку експлуатації конструкції; ${}^{n}_{i\ 2}$ – знак добутку коефіцієнтів впливу; K_1 – коефіцієнт впливу на опір стану захисного покриття металу в грунті (табл. 3 або 4); K_2 – коефіцієнт впливу на опір грунту (табл. 5).

Питомий електричний опір грунту вище рівня грунтових вод і є таким:

$${}_{\text{гс}}(t) \quad n_{\text{д}} \ {}_{\text{г}}(t) \quad {}_{\text{п}}(t)\ (1 \quad n_{\text{д}}),$$

де ${}_{\text{г}}(t)$ – питомий електричний опір у глинах; ${}_{\text{п}}(t)$ – питомий електричний опір в пісках; $n_{\text{д}}$ – частка глини в грунті, частка від одиниці.

Для пісків, що розташовані вище рівня грунтових вод, величину питомого електричного опору грунту можна визначати залежністю

$${}_{\text{п}}(t) = b_1/(G(t) + 0{,}04),$$

де b_1 – коефіцієнт пропорційності і переходу одиниць виміру, 1/Ом м; $G(t)$ – відносна вологість грунту: відношення маси води в порах грунту до об'єму пор грунту.

Таким чином, за відсутності води $G(t) = 0$, а при повному насичені пор водою $G(t) = 1$.

Одиницею виміру $G(t)$ може бути г/см^3 або частка від одиниці.

$$G(t) = W \quad {}_{d}/n;$$

$$G(t) = W \quad {}_{s}/e;$$

$$G(t) = W \quad {}_{s}(1 - n)/n,$$

де W – вагова вологість грунту; n – пористість грунту, частка від одиниці; e – коефіцієнт пористості, частка від одиниці; ${}_{d}$ – об'ємна густина скелета грунту, г/см^3; ${}_{s}$ – питома густина грунту, г/см^3.

Для глин, що розташовані вище рівня грунтових вод, величину питомого електричного опору грунту можна визначати залежністю

$${}_{\text{г}}(t) = b_2 /(I_L(t) + 0{,}04),$$

де b_2 – коефіцієнт пропорційності і переходу одиниць виміру, 1/Ом м; $I_L(t)$ – показник плинності глини, частка від одиниці.

Значення коефіцієнтів b_1 і b_2 приведені в таблиці 6.

Таблиця 6

Коефіцієнти	Гравій, пісок	Супісок	Суглинок	Глина
b_1	20–12	12–8	8–4	4–0
b_2	0	0–7	7–14	14–21

Для переходу вимірювальної корозії від втрати металу з площі до глибини корозії в мм врахуємо коефіцієнти переходу і отримаємо:

$$V_{\text{кр}} \quad \frac{m}{S}\ \frac{10^9\ \ 8{,}766A}{h\ \ F}\ \frac{{}^{\text{o}}_{\text{к}} \quad {}^{\text{o}}_{\text{a}}}{R_{\text{a}} \quad R_{\text{к}} \quad R_{\text{гр}}} \qquad {}^{m}_{j}K_j, \quad (1)$$

де – густина сталі; S – площа поверхні сталі, м^2; V – швидкість корозії, мм/рік; h – глибина корозії, мм.

Методика розрахунку швидкості бактеріальної корозії. На ділянках металу в корозійних процесах переважно беруть участь наступні основні групи мікроорганізмів бактерій: сульфатовідновлювальні (СВБ), тіонові (ТБ) – аеробні, залізобактерії (ЗБ). СВБ є одним із головних факторів біокорозії, вони анаеробні і розвиваються під пухкими відкладеннями, які накопичуються в зонах затхлості води. За відсутності кисню активність цих бактерій тим вища, чим більше в середовищі сульфатів і органічних сполучень. СВБ у корозійному процесі полегшують катодний процес, що призводить до посилення корозії металу. Крім того при бактеріальному відновленні сульфатів у середовищі накопичуються сірководень і сульфідій, внаслідок чого має місце сульфідна корозія металу. За наявності СВБ відбуваються наступні реакції:

$$H_2O \quad H^+ + OH^-,$$

$$Fe \quad Fe^{2+} + 2e,$$

$$2H^+ + 2e \quad 2H,$$

$$SO_4^{2-} + 8H^{\text{СВБ}} \quad S^{2-} + 4H_2O,$$

$$Fe^{2+} + S^{2-} \quad FeS,$$

$$2Fe^{2+} + 6OH^- \quad 3Fe(OH)_2,$$

$$4Fe + SO_4^{2-} + 4H_2O \quad FeS + 3Fe(OH)_2 + 2OH^-.$$

Таблиця 7

Значення коефіцієнтів впливу на швидкість корозії сталі

Біологічно агресивне середовище експлуатації	Індекс агресивності середовища	Концентрація бактерій, клітин/мл	$K_{СВБ}$, $K_{ТБ}$, $K_{ЗБ}$ (1)
Сульфатовідновлювальні бактерії	SBS 0	0 – 1,0 10^2	0–1
	SBS 1	1,0 10^2 – 2,5 10^2	1–2
	SBS 2	2,5 10^3	2–4
	SBS 3	2,5 10^4	4–8
	SBS 4	2,5 10^5 і більше	8–16
Тіонові бактерії	SBT 0	0 – 2,5 10^3	0–1
	SBT 1	2,5 10^5	1–2
	SBT 2	2,5 10^9	2–4
	SBT 3	2,5 10^{13}	4–8
	SBT 4	2,5 10^{15} і більше	8–16
Залізобактерії	SBF 0	Відсутня колонія бактерій	0–1
	SBF 1	Присутня колонія бактерій	1–2
	SBF 2	Присутня колонія бактерій, 0 °С – 20 °С	2–4
	SBF 3	Присутня колонія бактерій, 20 °С – 50 °С	4–8
	SBF 4	Присутня колонія бактерій, більше 50 °С	8–16

Якщо у воді є розчинений кисень, гідроксид Fe(II) окислюється до гідроксиду Fe (III).

$$4Fe(OH)2 + O_2 + 2H_2O \quad 4Fe(OH)_3 .$$

У продуктах корозії сталі за наявності СВБ утворюються сульфіди, гідроксиди заліза. Під відкладеннями знаходяться глибокі язви і пітинги. Руйнування чавуну супроводжується гравітацією, поверхня його покривається неміцною плівкою, складеною із суміші сульфідів заліза і графіта.

Корозійно-небезпечними вважаються рідинні середовища зі складом СВБ більше 100 клітин/мл.

До групи кислотоутворювальних входять мікроорганізми, тіонові бактерії, гриби, дріжджі тощо, продуктами метаболізму яких є органічні або неорганічні кислоти. Тіонові бактерії окислюють сульфіди, елементарну сірку, сіркоорганічні сполучення з утворенням сульфатів і сіркової кислоти, при цьому pH середовища може знижуватися до 0,6, стимулюючи процес корозії з водневою деполяризацією. Реакція окиснювання протікає наступним чином:

$$FeS + H_2O + 3{,}5\ O_2^{\text{Бактерії}} \quad FeSO_4 + H_2SO_4 ;$$

$$S + H_2O + 1{,}5\ O_2^{\text{Бактерії}} \quad H_2SO_4 .$$

Концентрація тіонових бактерій вище 2500 клітин/мл вважається корозійно-небезпечною.

Залізобактерії окислюють Fe(II) до Fe(III) з утворенням значних осадів гідроксиду Fe(III), що сприяє розвитку анаеробних мікроорганізмів, у т.ч. СВБ. Корозійний процес, що відбувається внаслідок взаємозв'язку агресивних мікроорганізмів, приведений на рисунку. Значення коефіцієнтів впливу на швидкість корозії сталі в залежності від концентрації сульфатовідновлювальних бактерій $K_{СВБ}$, тіонових бактерій $K_{ТБ}$ та залізобактерій $K_{ЗБ}$ приведені в таблиці 7.

Для оцінки біокорозійної активності грунтів одержані дані щодо кількісного вмісту в грунті сульфатредукуючих бактерій, тіонових бактерій, загального заліза, загальної сірки та питомого електричного опору грунту, в ДСТУ 3291-95 застосовується формула

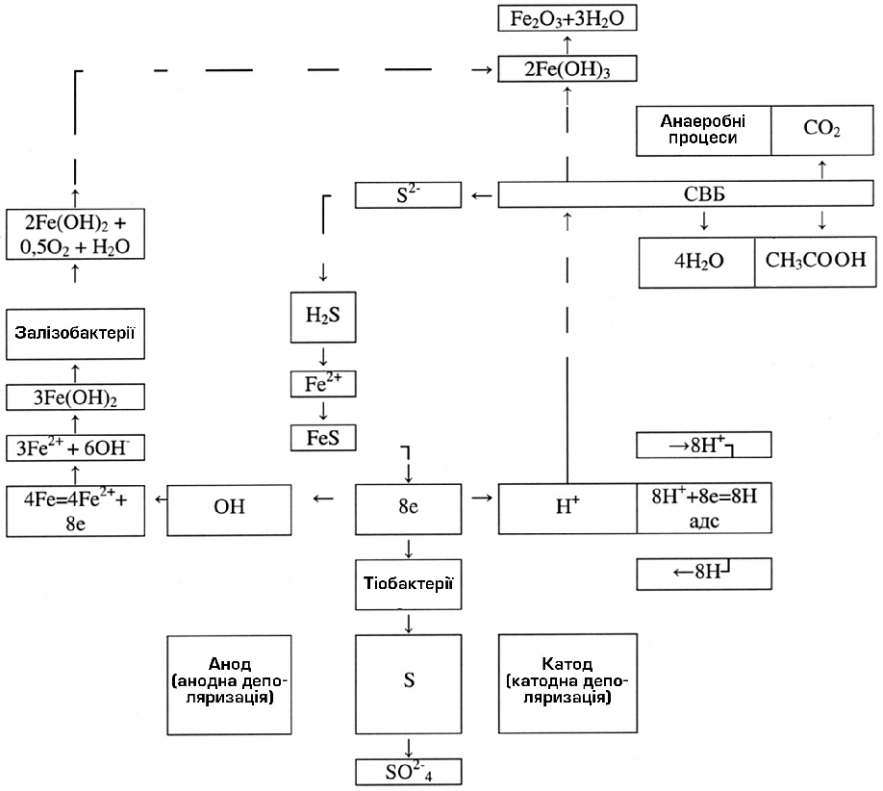
$$K_A = \lg[T_{срб}\ \ T_{тб}\ \ Fe_{заг}\ \ S_{заг}\ /\ _г(t)] ,$$

де K_A – критерій біокорозійної активності грунту, сумарний ефект дії різних видів корозії; $T_{срб}$ – кількість сульфатредукуючих бактерій в 1 г грунту; $T_{тб}$ – кількість тіонових бактерій в 1 г грунту; $Fe_{заг}$ – кількісний вміст загального заліза в грунті, %; $S_{заг}$ – кількісний вміст загальної сірки в грунті, %; $_г(t)$ – значення питомого електричного опору грунту, Ом м.

Кількість бактерій (A, $T_{срб}$ або $T_{тб}$) в одному грамі грунту за результатами вихідної грунтової суспензії, приготовленої за методикою ДСТУ 3291-95, обчислюють за формулою

$$A = K_{вол}\ \ T_{бак} ,$$

де $K_{вол}$ – коефіцієнт вологості; $T_{бак}$ – кількість бактерій в 1 см^3 вихідної грунтової суспензії.



Взаємний зв'язок корозійно-агресивних мікроорганізмів у процесі корозії сталі

Коефіцієнт вологості обчислюється у відсотках за формулою

$$K_{вол} = (100 + P)/100,$$

де P – відносна вологість, %.

Відносну вологість обчислюють у відсотках за формулою

$$P = (а \ \ 100)/б,$$

де а – маса випареної води, г; б – маса сухого грунту, г.

Вміст заліза (Fe) в мг/г грунту обчислюється за формулою

$$Fe = (m_1 \ \ V_{оф} \ \ 1000)/(V_{оа} \ \ m_{нав}),$$

де m_1 – кількість заліза за калібрувальним графіком, мкг/см^3; $V_{оф}$ – об'єм фільтрату, см^3; $V_{оа}$ – об'єм частки, взятої для аналізу, см^3; $m_{нав}$ – кількість грунту для аналізу, мг.

За цією ж формулою обчислюють вміст сірки (S) в мг/г грунту.

За значеннями K_A згідно з таблицею 8 визначається ступінь або індекс агресивності грунту.

За значеннями індексу агресивності грунту (табл. 9) визначається відносна швидкість $V_{бк}(\ \ )$ бактеріальної корозії

$$V_{бк} = V_{бк}(\ \ ) \ \ h_0, \text{ мм/рік.}$$

Дані таблиці 9 відповідають проектному ресурсу 50 років і критично допустимому пошкодженню 100 % після закінчення ресурсу.

Таблиця 8

Класифікація біокорозійної активності грунтів за значенням K_A

Ступінь агресивності грунту за ДСТУ Б В.2.6-193	Індекс агресивності грунту у відповідності з [2]	Ступінь агресивності грунту за ДСТУ 3291-95	Діапазон значень K_A
Неагресивний	SBS 0 SBT 0 SBF 0	Потенційно агресивний	$K_A < 1,5$
Слабоагресивний	SBS 1 SBT 1 SBF 1	Малоагресивний	$1,5 < K_A < 4,0$
Середньоагресивний	SBS 2 SBT 2 SBF 2	Помірно агресивний	$4,0 < K_A < 7,0$
Сильноагресивний	SBS 3 SBT 3 SBF 3	Агресивний	$7,0 < K_A < 10,0$
	SBS 4 SBT 4 SBF 4	Дуже агресивний	$10,0 < K_A$

Таблиця 9

Швидкість бактеріальної корозії сталі

Індекс агресивності середовища експлуатації	Величина ступеня агресивності середовища	Ступінь агресивності середовища	Відносна швидкість бактеріальної корозії сталі $V_{бк}(\ \ ) = d \ \ /dt$, частки/рік. $= [h_0 - h(t)]/h_0$, h_0 – початкова висота катета шва, $h(t)$ – висота катета на час експлуатації t
SBS 0 SBT 0 SBF 0	0	Неагресивне	0 – 0,00125
SBS 1 SBT 1 SBF 1	1	Слабоагресивне	0,00125 – 0,005
SBS 2 SBT 2 SBF 2	2	Середньоагресивне	0,005 – 0,02
SBS 3 SBT 3 SBF 3	3	Сильноагресивне	0,02 – 0,08
SBS 4 SBT 4 SBF 4	4	Надагресивне	0,08 – 0,32

Таблиця 10

Біологічно агресивне середовище експлуатації	Індекс агресивності середовища	Наявність колонії грибів і температура середовища	Коефіцієнт впливу на швидкість зростання ($T_{бак}$) – кількості бактерій в 1 см^3 вихідної ґрунтової суспензії
Плісневі гриби (Moulds)	SG 0 (M)	Відсутня колонія бактерій	0–1
	SG 1 (M)	Присутня колонія бактерій	1–2
	SG 2 (M)	Присутня колонія бактерій, 0 °С – 20 °С	2–4
	SG 3 (M)	Присутня колонія бактерій, 20 °С – 50 °С	4–8
	SG 4 (M)	Присутня колонія бактерій. Більше 50 °С	8–16
Слизоутворювальні гриби (Mocus forming fungi)	SG 0 (MFF)	Відсутня колонія бактерій	0–1
	SG 1 (MFF)	Присутня колонія бактерій	1–2
	SG 2 (MFF)	Присутня колонія бактерій, 0 °С – 20 °С	2–4
	SG 3 (MFF)	Присутня колонія бактерій, 20 °С – 50 °С	4–8
	SG 4 (MFF)	Присутня колонія бактерій. Більше 50 °С	8–16
Вуглеводневі мікроорганізми (Hydrocarbon microorganisms)	SG 0 (HM)	Відсутня колонія бактерій	0–1
	SG 1 (HM)	Присутня колонія бактерій	1–2
	SG 2 (HM)	Присутня колонія бактерій, 0 °С – 20 °С	2–4
	SG 3 (HM)	Присутня колонія бактерій, 20 °С – 50 °С	4–8
	SG 4 (HM)	Присутня колонія бактерій. Більше 50 °С	8–16

Живильним середовищем для розповсюдження мікробів та бактерій є колонії грибів та мікроорганізмів. Значення коефіцієнтів впливу грибів і мікроорганізмів на швидкість розповсюдження мікробів та бактерій в залежності від концентрації грибів та мікроорганізмів (ГМ) СВБ приведені в таблиці 10.

Висновки. Наведена методика може бути використана при розрахунках величини пошкоджень сталевих конструкцій, що працюють у грунті, на заданий період експлуатації, розрахунках на довговічність та стійкість до техногенних впливів з урахуванням накопичених пошкоджень.

[1] ДСТУ Б В.2.6-193 2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування. – К.: Мінрегіонбуд України.

[2] СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкцій от коррозии.Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 Минрегиона России.

[3] ДСТУ 3291-95 Методи оцінки біокорозійної активності грунтів і виявлення наявності мікробної корозії на поверхні підземних металевих споруд. Єдина система захисту від корозії та старіння. – К.: Держстандарт України.

[4] *Матченко П.Т.* Методика оцінки довговічності залізобетонних конструкцій, що працюють в грунті. // Будівельні конструкції. – Вип. 73, 2010. – С. 617–628.

Надійшла 05.10.2015 р.

РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ

С.В. Поздєєв
начальник кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор

Ю.А. Отрош
доцент кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, к.т.н., доцент

В.В. Демешок
ад'юнкт Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

І.В. Федченко
пошукач Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

Для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій, які об'єднані в вузли, вогневі випробування є неефективними, оскільки передбачають випробування декількох елементів конструкції – плити перекриття, ригелів та колон.

Альтернативою може бути застосування розрахункових методів, які мають меншу вартість, трудомісткість, не потребують дорогого й громіздкого експериментального устаткування.

З огляду на зазначені особливості була створена методика, що базується на застосуванні розрахункового методу оцінки класу вогнестійкості згідно з чинними в Україні нормативними документами, гармонізованими із відповідною методичною та нормативною базою Європейського Союзу, а також узгоджується із результатами досліджень, які апробовані та визнані науковою спільнотою і входять до основної бази літературних посилань [1–4, 6].

Отримані результати можуть бути використані для встановлення відповідності класу вогнестійкості досліджуваних елементів вимогам будівельних норм.

Метою роботи є розвиток методології застосування методів розрахунків меж вогнестійкості, заснованих на використанні методів кінцевих елементів та кінцевих різниць, на прикладі оцінки вогнестійкості плити перекриття. Сюди входить розроблення вимог до бази початкових даних щодо матеріалів, граничних умов, побудова розрахункових схем та сіткових моделей, набір обов'язкових постпроцесорних даних, а також критеріальна база щодо ідентифікації настання граничних станів втрати несучої та теплоізолювальної здатності та втрати цілісності за отриманими результатами розрахунку.

Для оцінки вогнестійкості розглядається плита перекриття. Схема розташування арматури у перерізі плити перекриття, яка розташовується між стіною та ригелем, наведена на рис. 1.

При розгляді теплової дії пожежі на плиту перекриття згідно із конструктивними схемами можна дійти висновку, що ця дія має односторонній тепловий вплив на нескінченну пластину із заданою товщиною. Крайова задача при цьому була поставлена з використанням розрахункової схеми (рис. 2).

Згідно із розробленою методикою для визначення температурного розподілу у перерізі залізобетонної плити перекриття використаний метод кінцевих різниць. Для його реалізації була складена кінцево-різницева схема (рис. 3).

За розрахунковою схемою плита перекриття навантажена розподіленим навантаженням $Q_1 = 2{,}5$ кН/м^2. Для розрахунку також необхідно задати початкову температуру розрахункової області та параметри граничних умов, які наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри граничних умов для залізобетонної плити перекриття

Параметр	Позн.	Од. вим.	Вел.	Посилання
Обігрівана сторона				
Конвективна складова коефіцієнту теплообміну	$_c$	Вт/(м^2 ^{o}C)	25	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2012
Ступінь чорноти			0,7	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2012
Необігрівана сторона				
Коефіцієнт теплообміну		Вт/(м^2 ^{o}C)	9	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2012

Теплофізичні властивості бетону та цементно-піщаної стяжки наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Теплофізичні характеристики матеріалів плити перекриття

Коефіцієнт теплопровідності, ( ), Вт/(м °С)	Об'ємна питома теплоємність, c_p( ) , Дж/(м^3 °С)	Густина, кг/м^3
Важкий бетон на силікатному заповнювачі ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012		
2 0,2451 0,0107 ^{2}	900 при 20 °С 100 °С, (900 + (−100)) при 100 °С 200 °С, (1000 + 0,5(−100)) при 200 °С 400 °С, 1100 при 400 °С 1200 °С	2300
Цементно-піщана стяжка [8]		
1,2	1000	1800

Згідно з даними вимогами міцнісні властивості бетону та арматурної сталі наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Міцнісні властивості бетону та арматурної сталі

Матеріал	Клас міцності	Позначення	Характеристична міцність, МПа
Бетон	С 30/35	$f_{ck,t}$	30
Арматурна сталь	А 400 С	$f_{yk,t}$	400

Для врахування зниження міцності бетону та арматурної сталі під час нагрівання початкова міцність помножується на коефіцієнт її зниження в залежності від температури відповідно:

$$f_{ck,t}( ) \quad k_{c,t}( ) f_{ck,t} , \qquad (1)$$

де $k_{c,t}( )$ – коефіцієнт зниження міцності бетону та

$$f_{sy,t}( ) \quad k_s( ) f_{yk,t} \qquad (2)$$

де $k_s( )$ – коефіцієнт зниження міцності арматурної сталі.

Використовуючи дані щодо міцності, були побудовані діаграми деформування бетону та арматурної сталі, наведені на рис. 4.

Розрахунок реалізований у програмному середовищі табличного процесора Microsoft Excel 2003. Для його проведення були побудовані сіткові моделі плити перекриття. Накладання температур у вузлові точки відбувається шляхом лінійної інтерполяції.

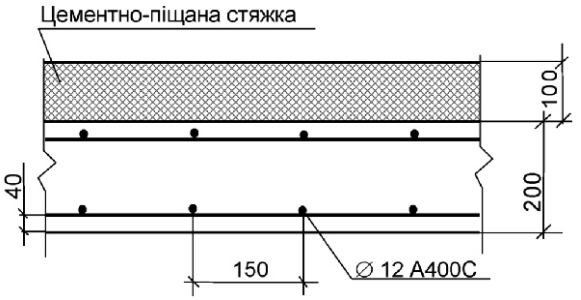


Рис. 1. Схема перерізу плити перекриття у місці між стіною та ригелем та розташування арматури у ньому

Рис. 2. Розрахункова схема впливу пожежі на плиту залізобетонного перекриття

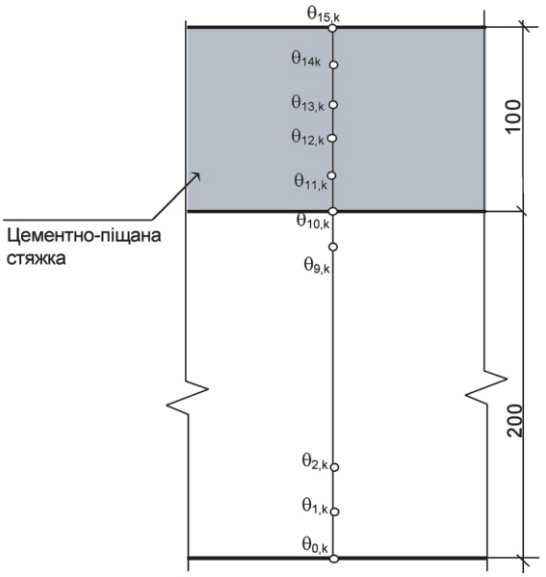


Рис. 3. Кінцево-різницева схема для розв'язку задачі теплопровідності при визначенні температур у перерізі плити перекриття

На рис. 5 представлені результати у вигляді графіків температури нагріву контрольних точок плити перекриття у залежності від часу пожежі.

Розподіли температури по перерізу плити перекриття у різні моменти часу температурного впливу пожежі наведені на рис. 6.

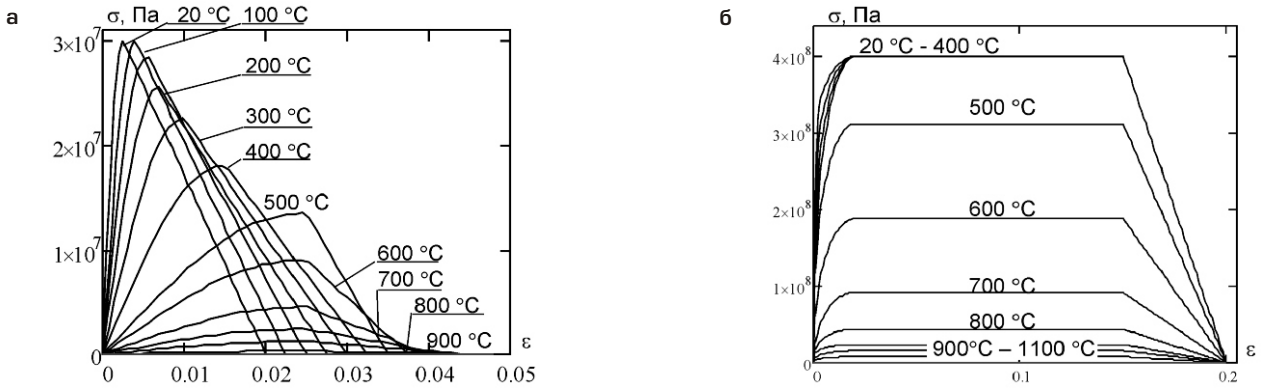


Рис. 4. Діаграми деформування бетону (а) та арматурної сталі (б)

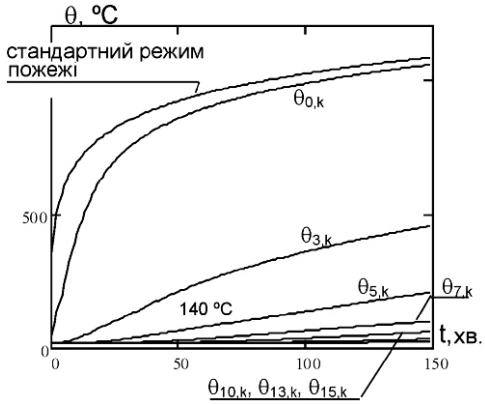


Рис. 5. Часові залежності прогріву внутрішніх шарів плити перекриття

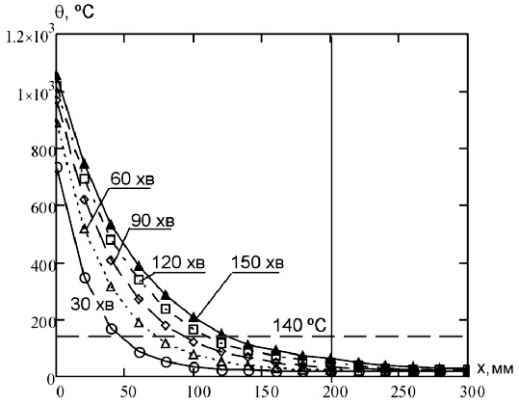


Рис. 6. Температурні розподіли по перерізу залізобетонної плити перекриття у різні моменти часу розвитку пожежі

Для забезпечення цілісності залізобетонної плити застосовується методика, визначена у джерелах [1, 2], згідно із якими цілісність контролюється за спеціальним коефіцієнтом, що визначається за формулою

$$F \quad b_c \quad {}_{ct}E_{s,} \quad {}_c/K_1 \quad {}_n , \qquad (3)$$

де b_c – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює $1{,}16 \cdot 10^{-2}$ Вт·м$^{3/2}$; ${}_{ct}$ (250 °C) = 9 10^{-6} °C^{-1} – коефіцієнт температурного розширення бетону [9]; $E_{c,}$ = 1,2 10^4 МПа – початковий модуль пружності бетону [9]; ${}_c$ =2150 кг/м^3 – густина бетону у сухому стані, кг/м^3, що дорівнює густині бетону природної вологості за відніманням випареної води у кількості 150 кг/м^3; K_1 = 0,47 МН·м$^{3/2}$ – коефіцієнт псевдоінтенсивності напружень у бетоні [1, 2]; ${}_n$ = 1,5 Вт·м·°C – коефіцієнт теплопровідності бетону за температури 250 °C [9].

Використовуючи наведені початкові дані, отримаємо параметр F:

$$F \quad \frac{1{,}16 \;\; 10^{\;2} \quad 9 \;\; 10^{\;6} \quad 1{,}2 \;\; 10^{\;4} \quad 2150}{0{,}47 \quad 1{,}5} \quad 3{,}821 \quad 4 .$$

Параметр менший за 4 означає, що граничний стан втрати цілісності не настав.

За результатами теплотехнічного розрахунку була вирішена статична задача за допомогою зонного методу згідно із прийнятою методикою, тобто переріз плити розбиваємо на 10 шарів, як показано на рис. 7.

У таблицях 4 та 5 наведені значення середньої температури кожного шару, на які розбитий переріз плити перекриття, а також температура арматурних стрижнів протягом 150 хв пожежі за стандартним режимом та відповідні їм коефіцієнти зниження міцності бетону та арматурної сталі, визначені шляхом лінійної інтерполяції.

Таблиця 4

Коефіцієнти зниження міцності бетону у шарах залізобетонної плити перекриття протягом 150 хв пожежі за стандартним температурним режимом

Номер шару бетону у перерізі плити	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня температура шару, , °C	971,5	686,8	493,88	360,27	263,945	192,435	140,515	106,835	85,62	70,115
Коефіцієнт зниження міцності бетону, k_c( )	0,051	0,32	0,609	0,79	0,886	0,954	0,98	0,997	1	1

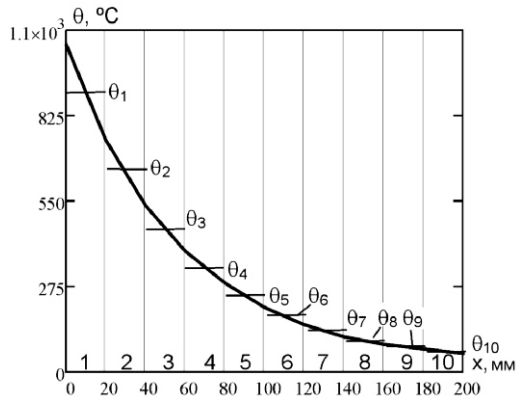


Рис. 7. Схема розбиття перерізу плити перекриття на шари для реалізації зонної методики

Таблиця 5

Коефіцієнти зниження міцності сталі в арматурних стрижнях залізобетонної плити перекриття протягом 150 хв пожежі за стандартним температурним режимом

Арматурний каркас	Нижній	Верхній
Температура арматури, , °C	744,9	73,41
Коефіцієнт зниження міцності, k_s( )	0,176	1

Середній коефіцієнт зниження міцності бетону для перерізу елемента, включаючи коефіцієнт (1–0,2/n), що враховує при розрахунку зміну температури кожної зони:

$$k_{c,n} \quad \frac{(1 \quad 0{,}2/n)}{n} \quad \sum_{i\ 1}^{n} k_c(\ _i) \quad 0{,}743\,, \qquad (4)$$

де $n = 10$ – кількість зон.

Ширина пошкодженої зони перерізу плити розрахована за формулою

$$a_z \quad w\ 1 \quad \frac{k_{c,n}}{k_c(\ _M)} \quad 51{,}4 \text{ мм}\,, \qquad (5)$$

де w = 200 мм – ширина плити перекриття; $k_c(\ _M) = 1$– коефіцієнт зниження міцності бетону для температури найменш нагрітого шару плити перекриття.

Розрахункова схема плити згідно із умовами її закріплення та схема перерізу із врахуванням зниження міцності складових залізобетону показана на рис. 8. Враховуючи цю розрахункову схему, визначаємо необхідні параметри для виконання розрахунку. Розрахунок виконаний у двох точках плити – у точці, розташованій посередині між опорами, та у точці з'єднання плити із опорою. Відповідно розглядаємо розрахункові схеми силової взаємодії у перерізі плити згідно із рис. 9.

Визначаємо положення нейтральної осі та параметри епюри граничних напружень в плиті у небезпечному перерізі 1 (див. рис. 9). Для цього використовуємо схему, зображену на рис. 10. Результати визначення параметрів наведені у таблиці 6.

Момент пари, що складає зусилля стисненої зони бетону та верхнього арматурного ряду, знаходимо за формулою

$$M_{u2} \quad A_s f_{scd,fi}(\ _m) z = 7{,}06 \text{ кН м}, \qquad (6)$$

де A_s 3 0,25 D_1^2 = 603,2 мм^2 – площа стрижнів верхнього арматурного ряду;

$f_{scd,fi}(\ _m)$ $_{sc}E_s$ = 395,3 Н/мм^2 – напруження у верхньому арматурному ряді;

E_s = 2,1 10^5 Н/мм^2 – модуль пружності арматурної сталі;

$z = w - 0{,}5$ $x = 30$ мм – відстань між центрами арматурних стрижнів верхнього арматурного ряду до середини стисненої зони бетону.

Момент пари, що складає зусилля стисненої зони бетону та нижнього арматурного ряду, знаходимо за формулою

$$M_{u1} \quad A_s f_{sd,fi}(\ _m) z = 6{,}36 \text{ кН м}, \qquad (7)$$

де A_s = 3 0,25 D_1^2 = 603,2 мм^2 – площа стрижнів нижнього арматурного ряду;

$f_{sd,fi}(\ _m)$ $k_s(\ ) f_{sd,fi}(20\,^\circ\text{C})$ = 70,4 Н/мм^2 – міцність арматури на розтяг при даній температурі нагріву нижнього ряду арматурних стрижнів;

z = 150 мм – відстань між серединою стисненої зони бетону та нижнім арматурним рядом стрижнів.

Таблиця 6

Параметри для визначення епюри деформації та граничних напружень в бетоні плити (рис. 10)

Параметр	$_{c1}$	$_{st}$	$_{sc}$	x, мм		$k_c(\ _M) f_{cd}$(20 °C), МПа	
Величина	0,0035	0,02	–0,0016	26	0,8	30	1

Таблиця 7

Параметри для визначення епюри деформації та граничних напружень в бетоні плити (рис. 11)

Параметр	$_{c1}$	$_{st}$	$_{sc}$	x, мм		$k_c(\ _M) f_{cd}$(20 °C), МПа	
Величина	0,0035	0,014	0,0053	22	0,8	30	1

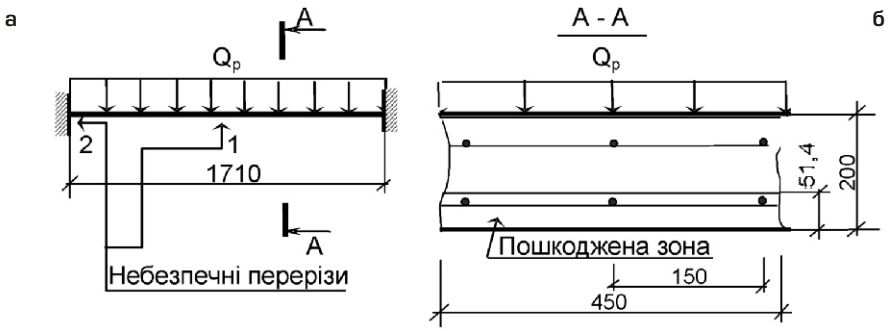


Рис. 8. Розрахункова схема плити (а) та перерізу плити перекриття (б)

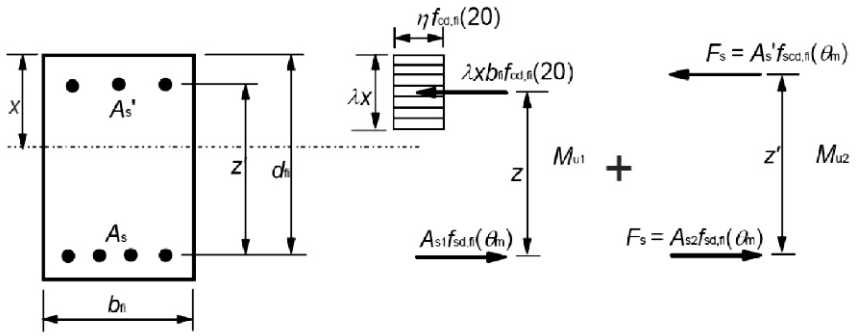


Рис. 9. Розподіл напружень при критичній несучій здатності прямокутного залізобетонного перерізу з армуванням стисненої зони

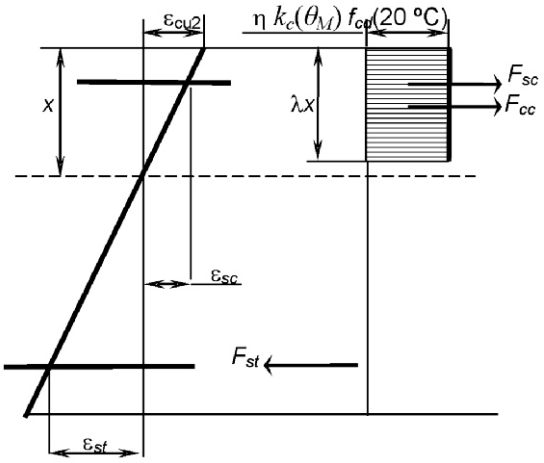


Рис. 10. Схема визначення параметрів епюри деформації та граничних напружень у бетоні плити у небезпечному перерізі 1

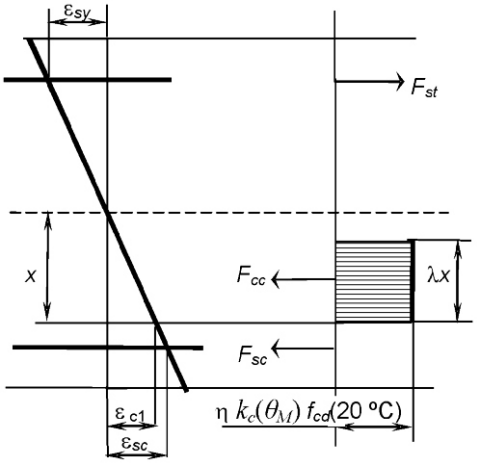


Рис. 11. Схема визначення параметрів епюри деформації та граничних напружень у бетоні плити у небезпечному перерізі 2

Спільний момент визначений за виразом

$$M_{Rd\,fi\,mid\text{-}span} = M_{u1} + M_{u2} = 13{,}42 \text{ кН м}. \quad (8)$$

Визначаємо положення нейтральної осі та параметри епюри граничних напружень в плиті у 2 точці. Для цього використовуємо схему, зображену на рис. 11. Значення параметрів наведені у таблиці 7.

Момент пари сил від арматурних рядів у плиті перекриття визначаємо за формулою

$$M_{u2} \quad A_s f_{scd,fi}(\ _m)\ _{sc}\ _{sy}^{1} z = 0.479 \text{ кН м}, \quad (9)$$

де A_s 3 0,25 D_1^2 = 603,2 мм^2 – площа стрижнів верхнього арматурного ряду;

$f_{scd,fi}(\ _m)$ $k_s(\ )f_{scd,fi}(20\ ^{o}\text{C})$ = 70,4 Н/мм^2 – міцність на стиск арматурної сталі нижнього арматурного ряду за умови нагрівання до заданої температури;

z = 120 мм – відстань між центрами арматурних стрижнів верхнього та нижнього рядів.

Площу перерізу робочої арматури, що сприймає момент від стисненої зони бетону, знаходимо за формулою

$$A_{s1} \quad A_s \quad M_{u2}/(f_{sd,fi}(\ _m)\ z) = 595{,}3 \text{ мм}^2, \quad (10)$$

де A_s = 3 0,25 D_1^2 = 603,2 мм^2 – площа стрижнів верхнього арматурного ряду.

Момент пари, що складає зусилля стисненої зони бетону та верхнього арматурного ряду, знаходимо за формулою

$$M_{u1} \quad A_s f_{sd,fi}(\ _m) z \quad ^1 = 23{,}38 \text{ кН м}, \qquad (11)$$

де $f_{sd,fi}(\ _m) \quad k_s(\ ) f_{sd,fi}(20\ ^\circ\text{C}) = 400$ Н/мм^2 – міцність арматури на розтяг при зазначеній температурі нагріву верхнього ряду арматурних стрижнів; $z = 98$ мм – відстань між серединою стисненої зони бетону та верхнім рядом арматурних стрижнів.

Спільний момент визначений за виразом

$$M_{Rd,fi,end\,\sup} \quad M_{Rd,fi,beg.\sup} \quad M_{u1} \quad M_{u2} = \\ = 23{,}78 \text{ кН м}. \qquad (12)$$

Загальний момент, що враховує моменти у жорстких защемленнях, визначається з використанням епюри згинальних моментів, що наведена на рис. 12.

Загальний момент визначений за формулою

$$M_{Rd,fi} \quad M_{Rd,fi,mid\ \ span} \quad M_{Rd,fi,end\,\sup} = 37{,}2 \text{ кН м}. \qquad (13)$$

Згідно із рис. 12 знаходимо діючий момент у плиті перекриття під час пожежі за формулою

$$M_{Ed,fi} \quad 0{,}125 \quad _{fi} Q_1 b_f l_p^2 = 0{,}288 \text{ кН м}, \qquad (14)$$

де $_{fi} = 0{,}7$ – коефіцієнт зниження, що визначає рівень навантаження при пожежі; $b_f = 450$ мм – ширина ділянки плити, що розглядається; $l_p = 1710$ мм – довжина ділянки плити, що розглядається.

Перевіряємо умову зберігання несучої здатності:

$$M_{Rd,fi} = 37{,}2 \text{ кН м} > M_{Ed,fi} = 0{,}288 \text{ кН м}. \qquad (15)$$

Висновки.

1. У результаті проведеної роботи сформульовані вимоги до комплексу вихідних даних для проведення розрахунку та до побудови розрахункових схем та сіткових моделей залізобетонних плит перекрить.

2. Визначені критерії для оцінки вогнестійкості плит перекрить за набором розрахункових даних при ідентифікації настання граничних станів втрати несучої та теплоізолювальної здатності, а також цілісності.

3. Згідно з рис. 6 та рис. 7 температура на межі плити та цементно-піщаної стяжки протягом контрольного часу 150 хв не досягає значення 140 °С, тобто клас вогнестійкості залізобетонної плити перекриття є не меншим за I150.

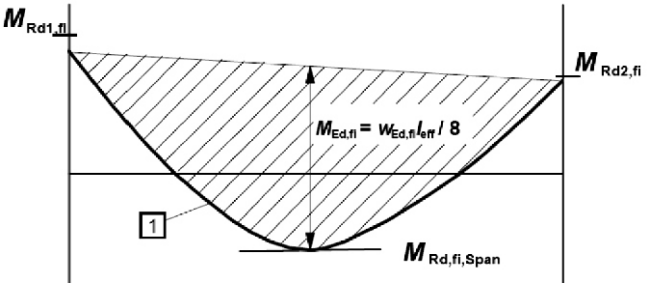


Рис. 12. Схема визначення загального моменту жорстко защемленого з обох боків зігнутого елемента

4. Коефіцієнт цілісності протягом контрольного часу 150 хв не перевищує число 4, тобто клас вогнестійкості залізобетонної плити перекриття є не меншим за E 150.

5. Збереження несучої здатності залізобетонною плитою під час пожежі означає, що плита перекриття відповідає класу вогнестійкості R150, тобто клас вогнестійкості залізобетонної плити перекриття є не меншим за R150.

Таким чином, встановлено, що клас вогнестійкості залізобетонної плити перекриття відповідає REI 150.

[1] *Жуков В.В.* Взрывообразное разрушение бетона / Жуков В.В., Гуляева В.Ф., Сорокин А.Н. // Огнестойкость строительных конструкций. – Вып. 4. – 1976. – С. 42–57.

[2] Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. СТО 36554501-006-2006 – [Введен в действие 1996-01-01] – М.: Стройиздат, 2006. – 77 с. – (Национальный стандарт РФ).

[3] *Бартелеми Б.* Огнестойкость строительных конструкций / Бартелеми Б., Крюппа Ж. – М.: Стройиздат, 1985. – 216 с.

[4] *Яковлев А.И.* Расчет огнестойкости строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1988. – 144 с.

[5] Вогнезахисні покриття для будівельних несучих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності. (ENV 13381-4:2002) ДСТУ Б В.1.1-17:2007. [Чинний від 2007-01-01.] – К.: Укрархбудінформ, 2007. – 62 с. – (Національний стандарт України).

[6] *Леннон Т., Мур Д.Б., Ван Ю.К., Бейли К.Г.* Руководство для проектировщиков к EN 1991-1-2:2002, EN 1992-1-2:2002, EN 1993-1-2:2002 и EN 1994-1-2:2002 : справочник по проектированию противопожарной защиты стальных, сталежелезобетонных и бетонных конструкций зданий и сооружений в соответствии с Еврокодами : пер. с англ. / Т. Леннон и др.; ред. Серии Х. Гульванесян; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т» ; науч ред. пер. В.М. Ройтман, И.А. Кириллов, А.И. Плотников; 2-е изд., Москва – МГСУ, 2013. – 196 с.

[7] Промышленные здания. Каталог систем и материалов. Пособие для проектировщиков при использовании изоляционных систем «ROCKWOOL». Москва. – 2010. – 42 с.

[8] *Франчук А.У.* Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов, М.: НИИ строительной физики, 1969 – 142 с.

[9] 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).

Надійшла 09.07.2015 р.

РАСШИРЕНИЕ СОРТАМЕНТА ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ МЕТАЛЛОСТРОИТЕЛЬСТВА

В.И. Большаков
ректор
Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, д.т.н., профессор

А.Ю. Тимофеев
директор
ООО «Югтрансстройкомплект»

О.П. Носенко
доцент кафедры материаловедения и обработки материалов Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, к.т.н.

А.В. Шимановский
генеральный директор
ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», член-корреспондент НАН Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор

М.Л. Гринберг
главный инженер
ГП «Научно-технический центр оценки соответствия в строительстве «БУДЦЕНТР», аудитор Системы сертификации УкрСЕПРО, к.т.н.

С.С. Кекух
начальник технического отдела
ООО «Югтрансстройкомплект»

Конструкционные трубы эффективно работают в стержневых системах на сжатие. Профильные трубы с квадратным и прямоугольным поперечным сечением имеют конструктивные преимущества в узловых примыканиях по сравнению с обычными трубами круглого сечения. Кроме того, прямоугольные трубы дополнительно могут воспринимать в плоскости большей жесткости значительные местные нагрузки.

Профильные трубы традиционно изготавливали по ГОСТ 8639-82 [1] – квадратные и ГОСТ 8645-68 [2] – прямоугольные. Сортамент профилей при этом очень ограничен: в строительных конструкциях преимущественно применяют 10 и 12 профилей из общего количества в стандартах [1, 2] соответственно 21 (таблица 1) и 51. Спрос имеют профили с крупным размером поперечного сечения. Максимальные размеры, мм: 180 180 (8,0–14,0) и 180 150 (8,0–12,0).

В апреле 1996 г. был введён в действие ДСТУ Б В.2.6-8-95 (ГОСТ 30245-94) [3] как государственный стандарт Украины на основе межгосударственного стандарта, принятого Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации и техническому нормированию в строительстве. Сортамент профилей в этом нормативном документе расширен прежде всего за счет крупноразмерных, например, 300 300 (6,0–12,0) и 400 200 (10,0–12,0). Всего же было предусмотрено профилей 15 квадратных и 48 прямоугольных, т.е. несколько меньше, чем в [1, 2].

Развитие рынка профильных труб привело к необходимости значительно расширить их сортамент по количеству профилей и по диапазону толщин стенок как минимальных, так и максимальных размеров.

В 2007 г. по инициативе ООО «Югтрансстройкомплект» (далее – ЮТСК) совместно с ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (ПГАСА) были разработаны ТУ В.2.7-27.2-24238290-001:2007 [4]. В этих ТУ представлены 16 профилей с квадратным поперечным сечением и 48 – с прямоугольным, а профилеразмеров – 209 и 716 соответственно. Шаг профилеразмеров – 1 мм.

Таблица 1

Квадратные профили по ГОСТ 8639-82 [1]

Размер профиля А, мм	А\S	Толщина стенки S, мм														
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10	12	14
	10	+														
	15	+	+													
	20	+	+	+												
	25	+	+	+	+	+										
	30			+	+	+	+	+								
	35			+	+	+	+	+	+							
	40			+	+	+	+	+	+	+						
	42					+	+	+	+	+						
	45					+	+	+	+	+	+	+				
	50					+	+	+	+	+	+	+				
	60						+	+	+	+	+	+				
	70							+	+	+	+	+				
	80							+	+	+	+	+				
	90								+	+	+	+				
	100									+	+	+	+			
	110									+	+	+	+			
	120									+	+	+	+			
	140									+	+	+	+			
	150										+	+	*	+		
	180											+	+	+	+	+

Такое расширение сортамента профильных труб было обеспечено благодаря проектированию и изготовлению оборудования по заказу ООО «ЮТСК». Пуск в эксплуатацию совершенно нового специализированного стана УПС 40-400 по производству профильных труб не имел аналогов в Украине (рис. 1). За счёт увеличения мощности приводов и прочностных характеристик рабочих клетей стало возможным увеличение габаритов изготавливаемых профилей и толщины стенок до 14 мм. На этом профилегибочном стане можно формовать как тонкостенные сварные трубы, исходной заготовкой которых служит листовой прокат, так и толстостенные трубы, исходной заготовкой для которых служат бесшовные трубы.

На этом уникальном оборудовании возможно производить профильные трубы как из углеродистых сталей, так и из низколегированных повышенной прочности, а также осуществить формоизменение труб за счёт предварительного подогрева заготовки, т.е. реализовать процесс «тёплой прокатки» [5].

Отличительной особенностью стана является возможность производить большую гамму размеров профилей без перевалки валков. Технологические операции по перенастройке оборудования на очередной профилеразмер трубы выполняются путём изменения высоты и ширины просвета между валками. На других станах, производящих профильные трубы, при переходе на новый профилеразмер возникает необходимость перевалки валков.

Рис.1. Профилегибочный стан УПС 40-400

Благодаря пуску в эксплуатацию цеха по производству профильных труб в г. Новомосковске (Днепропетровская обл.) ЮТСК решил вопрос поставки заказчикам мало- и среднетоннажных партий, а также мелких партий (до 5...10 т) вплоть до нескольких труб с заданными заказчиком толщинами стенки. Более того, особенностью технологии производства профильных труб на указанном стане является изготовление профилей по индивидуальным размерам заказчика.

Как правило, заказывают трубы квадратные 80 80, 90 90, 100 100 до 200 200 и прямоугольные 140 60 до 200 160. В связи с необходимостью применения в строительных конструкциях крупногабаритных профилей сечением более чем 350 350 и 400 350 мм возникла потребность дополнить сортамент ТУ [4], а также ужесточить требования к качеству профильных труб и внести дополнения в требования по безопасности труда и охране окружающей среды.

Анализ современного состояния нормативной базы Украины относительно сортаментов профильных труб показал, что отсутствует национальный стандарт, модернизирующий ДСТУ Б.В.2.6-8-95 (ГОСТ 30245-94) [3] вслед за новыми версиями ГОСТ 30245 от 2003 г. и 2012 г. С другой стороны, строительная отрасль не обратила должного внимания на ДСТУ EN 10219 [7, 8], подготовленные Госпотребстандартом Украины и имплементирующие европейские достижения.

Учитывая указанные обстоятельства и запросы рынка, ООО «ЮТСК» совместно с ГВУЗ ПГАСА при участии ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского» были разработаны новые технические условия на профильные трубы ТУ У В.27-24.2-24238290-004:2015 [6] с датой введения 17.04.2015. Указанные ТУ были согласованы с ЧАО «Укрстальконструкция», с главным государственным санитарным врачом области и Министерством регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины.

Согласно Украинскому классификатору нормативных документов ДК 004 (УКНД) технические условия отнесены к коду 91.100 (строительные материалы со ссылкой на код 77.140 (77.140.75 – стальные трубы и трубки специального назначения, в т.ч. пустотелые стальные цилиндрические заготовки и профили для конструкций).

В соответствии с Государственным классификатором продукции и услуг ДК 016 (ДКПП) техническим условиям присвоен код 24.20.34-50.00, т.е. они относятся к группе «Трубы и трубки с квадратным или прямоугольным сечением, со стенкой по толщине более чем 2 мм, горячего или холодного формоизменения и сварные из стали, кроме нержавеющей».

Технические условия предназначены для специализированного производства мощностью 50 тыс.т/год профильных труб квадратных размерами 40 40 (3,0–12,0)…400 400 (6,0–14,0) (табл. 2) и прямоугольных – 60 40 (3,0–12,0)… …400 350 (6,0–14,0) при длине 6,0…12,0 м.

Чтобы нагляднее представить себе место реализованного сортамента [6] в ряду других, сделана выборка регулярных частей четырех сортаментов (табл. 3). В ней обозначены A и S – шаги по диапазонам размеров поперечного сечения труб, габарита и толщины стенки соответственно.

В технические условия 2015 г. были внесены следующие изменения и дополнения:

1. Расширен сортамент в сторону крупногабаритных сечений:

- для труб квадратных от 40 40 до 400 400;
- для труб прямоугольных от 60 40 до 400 350.

Одновременно исключены малогабаритные профили (например, 40 40 (5,5–6,0); 50 50 (5,5–6,0); 80 80 (10,5–12,0); 90 90 (10,5–12,0).

2. Ужесточены предельные отклонения по радиусу наружного закругления профиля (см. табл. 4). Они должны составлять:

- при t 6,0 мм – от 1,6t до 2,4t;
- при 6,0 < t 10,0 мм – от 2,0t до 3,0t;
- при t > 10,0 мм – от 2,4t до 3,6t.

3. Изложены в новой редакции: пункт по сортаменту применяемых марок сталей: «Трубы квадратного и прямоугольного сечения должны изготавливаться из сталей марок Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6 (всех степеней раскисления) с нормированием химического состава по ДСТУ 2651/ГОСТ 380 и сталей 08, 10, 15, 20 (всех степеней раскисления) по ГОСТ 1050, ГОСТ 4543, ГОСТ 19281, а также сталей, нормированных по механическим свойствам в соответствии с требованиями ГОСТ 1050, ГОСТ 14637, ГОСТ 19281», а также пункт, относящийся к сварным швам: «Продольный сварной шов в процессе профилирования должен располагаться на расстоянии от

Таблица 2

Квадратные профили по ТУ У В.2.7-24.2-24238290-004:2015 [6]

Размер профиля А, мм* \ A\S	Толщина стенки S, мм														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10	12	14
40					+	+	+	+							
50					+	+	+	+							
60					+	+	+	+	+						
70					+	+	+	+	+	+	+				
80					+	+	+	+	+	+	+	+	+		
90					+	+	+	+	+	+	+	+	+		
100					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
120					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
140							+	+	+	+	+	+	+	+	
150							+	+	+	+	+	+	+	+	
160								+	+	+	+	+	+	+	
180								+	+	+	+	+	+	+	+
200								+	+	+	+	+	+	+	+
250									+	+	+	+	+	+	+
300									+	+	+	+	+	+	+
350									+	+	+	+	+	+	+
400									+	+	+	+	+	+	+

* Выбор размера профиля для производства можно осуществлять через миллиметр в границах указанного диапазона.

Таблица 3

Сравнение сортаментов квадратных профилей, мм

ГОСТ 8639-82 [1]				ДСТУ Б В.2.6-8-95 (ГОСТ 30245-94) [3]				ТУ ЮТСК 2007 [4] и 2015 [6]				ДСТУ EN 10219-2:2009 [8]			
A	A	S	S	A	A	S	S	A	A	S	S	A	A	S	S
10		1		50		2–5		40		3–6	0,5; 1	20		2	
	5		0,5		30				10				10		0,5; 1; 2
50		3-8		80		2,5–5	0,5; 1	100		3–12		100		5–12,5	
	10		0,5; 1		20				20		0,5; 1; 2		20		
150		7–10	1	200		5–12	1; 2	200		5–14[a]		200		4–16	1; 2
180		8–14	1;2		50				50						
				300		8–14	1; 2	300		6–14[a]		300		8–16	
									50		1; 2		50		2
								400[a]		6[a]–14		400		10–16	

а – расширение сортамента ТУ в 2015 г. по сравнению с 2007 г.

грани профильной трубы не ближе чем 4*t*. Грат продольного шва с наружной стороны сварной заготовки, выступающий над её поверхностью, не должен превышать:

- при t 4 мм – 0,5 мм;
- при $t > 4$ мм – 1,0 мм».

4. В новой редакции изложены также требования по безопасности труда и охране окружающей среды.

5. ТУ 2015 г. адаптированы для подтверждения соответствия профильных труб по действующему в Украине Техническому регламенту строительных изделий, зданий и сооружений (далее – Технический регламент). При этом с учетом требований законодательства ЕС (см. EN 10219-1:2006 и Регламент ЕС 305/2011) в отличие от ТУ 2007 г. определены система 2+ и процедуры по ДСТУ Б А.2-2, приложение А.

Таблица 4

Сравнение предельных отклонений по ГОСТ – ДСТУ EN – ТУ

Показатель	Параметры (диапазон размеров, мм, тип труб, место и др.)	Предельные отклонения			
		ГОСТ 8639-82 [1]	ГОСТ 30245-2003 [9]	ДСТУ EN 10219-2 [8]	ТУ ЮТСК 2015 [6]
A и *B* – ширина и высота	(*A* и *B*) < 100	–	± 1 %, но | | 0,5 мм		± 1,2 %
	100 (*A* и *B*) 200	–	± 0,8 %		± 1,0 %
	(*A* и *B*) > 200	–	–	± 0,6 %	± 0,8 %
	Б/ш г/д и печ/с	± 1,5 % (± 1,25 %)*	–		
	Х/д (б/ш и э/с); э/с г/кал: 30 *A* 50 *A* > 50	± 0,4 % (± 0,3 %)* ± 0,8 %	–		
S – толщина стенки	*S* 5	–	НТП Б	± 10 %	–
	S > 5	–	–	± 0,5 мм	–
	Сварные трубы	–	–		НТП Б
	Бесшовные трубы	–	–		По ГОСТ 8732 и 9567
	Горячедеформированные трубы	+ 12,5 % (+12,5 %)* – 15 % (– 15 %)*	–		
	Х/д (б/ш, э/с, печ/с): *S* 3,5 *S* > 3,5	+ 12,5 % (± 12,5 %)* ± 12,5 % (± 10,0 %)*	–		
	Э/с; э/с г/кал	± 10,0 % (± 10,0 %)*	–		
Вогнутость/ выпуклость	От размера (*A* и *B*)	–	0,01 (*A* и *B*)	Макс. 0,8 %, но 0,5 мм	0,01 (*A* и *B*)
	Б/ш г/д: *A* 50 50 > *A* 70 70 > *A* 100 *A* > 100	0,75 мм (0,5 мм)* 1,0 мм (0,8 мм)* 1,5 мм (1,2 мм)* 2,0 мм (1,5 мм)*	–		
	Х/д (б/ш и св): *A* 50 50 > *A* 70 *A* > 70	0,5 мм 0,75 мм (0,5 мм)* 1,0 мм (0,8 мм)*	–		
Кривизна (прямизна)	По всей длине	2 мм/м длины	1 мм/м длины	0,15 %	1 мм/м длины
Прямоугольность сторон	В любом сечении	90° ± 1,5°	90° ± 1°30	90° ± 1°	90° ± 1°30
Наружный радиус закругления ($R_н$)	*S* 6	–	(1,6 до 2,4) *S*		
	6 < *S* 10	–	(2,0 до 3,0) *S*		
	S > 10	–	(2,4 до 3,6) *S*		
	1 *S* 14	2*S* (1,5*S*, согл)	–		
	Э/с: 60 60 4	3*S* (согл)	–		
	Э/с: 20 20 (1,5–2) и 25 25 (1,5–2)	2,5*S* (согл)	–		

Примечание. * Высокой точности.

Сокращения: Б/ш – бесшовные; г/д и х/д – горяче- и холоднодеформированные; г/кал – горячей калибровки; НТП Б – нормальной точности прокатки Б по ГОСТ 19903; печ/с – печной сварки; св – сварные; согл – по согласованию изготовителя с потребителем; э/с – электросварные.

Система 2+ предполагает, что изготовитель продукции должен декларировать показатели профильных труб только при наличии сертификата на систему заводского контроля. Привлеченные органы оценки и изготовитель продукции должны оценить примененные требования ДСТУ EN 10219-1:2009. Указанный ДСТУ включает приложение ZA и рекомендуется для внесения в перечень национальных стандартов, добровольное применение которых служит доказательством выполнения обязательных требований Технического регламента (перечень регламентных технических условий).

Согласно Закону Украины «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» изготовитель может проводить сертификацию продукции по правилам системы УкрСЕПРО только до 2018 г. В прошлом году вступил в силу новый закон «Про стандартизацію», который подтвердил принцип добровольного применения национальных стандартов, принятый в Украине с 2001 г., но до сих пор не осознанный техническим сообществом в полной мере. На наш взгляд, этот инновационный принцип позволяет изготовителю проводить гибкую техническую политику. Например, можно в собственных ТУ аккумулировать положения разных НД полностью или частично, а также подтверждать соответствие продукции по тем или иным показателям (табл. 4) в рамках УкрСЕПРО и/или Технического регламента, используя лишь подходящие стандарты. Имеется возможность по договорам с потребителями изготавливать профильные трубы в зависимости от рынка сбыта, применяя как стандарты советской школы и последующие ГОСТы, так и стандарты европейского происхождения.

В настоящее время наблюдается тенденция к сближению показателей качества профилирования труб в упомянутых стандартах, например, ГОСТ 30245 и ДСТУ EN 10219-2 – по габаритным размерам и наружному радиусу закругления, как показано в таблице 4.

Таким образом, преимуществом разработанных ТУ [6] по сравнению с ранее внедренными в Украине стандартами (см. табл. 1–3) является актуальное расширение сортамента поставляемых с улучшенным качеством профильных труб по габаритам и диапазону толщины стенки. Увеличение количества профилеразмеров удовлетворит запросы заказчиков, в т.ч. по индивидуальным размерам, и обеспечит существенную экономию стали в конструкциях для строительства и машиностроения.

[1] ГОСТ 8639-82 Трубы стальные квадратные. Сортамент.

[2] ГОСТ 8645-68 Трубы стальные прямоугольные. Сортамент.

[3] ДСТУ Б В.2.6-8-95 (ГОСТ 30245-94) Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия.

[4] ТУ У В.2.7-27.2-24238290-001:2007 Трубы стальные квадратные и прямоугольные, бесшовные и сварные для металлоконструкций.

[5] *Большаков В.И., Носенко О.П., Сильвестров С.В., Гринберг М.Л., Тимофеев А.Ю., Синяговский В.И.* Профильные стальные трубы квадратного и прямоугольного сечения. Технический регламент// Промислове будівництво та інженерні споруди – 2008. – № 4 – С. 32–37.

[6] ТУ У В.2.7-24.2-24238290-004:2015 Трубы квадратные и прямоугольные, бесшовные и сварные для металлоконструкций.

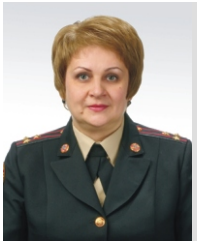
[7] ДСТУ EN 10219-1:2009 Профили полые сварные холодного формования из нелегированных и мелкозернистых сталей для конструкций. Часть 1. Технические условия поставки (EN 10219-1:2006, IDT).

[8] ДСТУ EN 10219-2:2009 Профили полые сварные холодного формования из нелегированных и мелкозернистых сталей для конструкций. Часть 2. Размеры, допускаемые предельные отклонения и характеристики (EN 10219-2:2006, IDT).

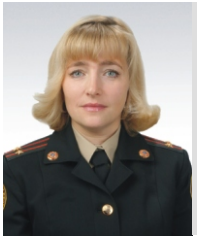
[9] ГОСТ 30245-2003 Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия.

Надійшла 14.12.2015 р.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ БУДІВЕЛЬ З УТЕПЛЕНИМИ ФАСАДАМИ



Л.В. Хаткова
доцент, заступник начальника кафедри пожежно-профілактичної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, к.п.н.



В.Г. Дагіль
старший викладач кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

В Україні на опалення житлового фонду щороку витрачається понад 70 млн. т умовного палива, тобто на одного мешканця припадає більше 1,5 т умовного палива, що вдвічі більше ніж у розвинутих країнах. Найбільше на ці потреби витрачається природного газу, понад 14 млрд. м^3, майже 75 % якого імпортується за постійно зростаючими цінами.

Основні резерви енергозбереження лежать у сфері удосконалення енерговитрат у будинках, що експлуатуються. Для термомодернізації житлових будинків перших масових серій необхідно використовувати, як правило, зовнішнє додаткове утеплення, тобто фасадні системи, при виборі яких слід враховувати наступні технічні, економічні, екологічні та фінансові вимоги:

- вплив на будівельні конструкції після утеплення (температурні деформації, повітро- та паропроникнення, вологість стін і т.п.);
- вплив на мікроклімат житлових приміщень після утеплення (температурний та вологісний стан);
- вогнестійкість теплоізоляційних систем;
- технологію виконання робіт;
- архітектурну виразність та екологічну безпеку;
- наявність матеріалів вітчизняного виробництва та їх вартість.

У теперішній час в Україні впроваджують системи утеплення фасадів будинків із нових ефективних матеріалів і конструкцій, для більшості з яких невизначені або недостатньо вивчені показники пожежної небезпеки.

Понад 80 % споруджених багатоквартирних житлових будинків мають штукатурні системи зовнішнього утеплення фасадів із застосуванням мінераловатних та полімерних утеплювачів, 10 % – системи зовнішньої теплоізоляції фасадів із повітряним зазором між утеплювачем і облицюванням – навісні вентильовані фасади.

Використання фасадної теплоізоляції з метою забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових конструкцій, захисту конструкцій від впливу навколишнього середовища, забезпечення нормативного мікроклімату приміщень і надання фасадам будівель і споруд привабливого зовнішнього вигляду не викликає сумніву. Однак, існує ряд проблем, пов'язаних із забезпеченням безпеки фасадних систем, у т.ч. пожежної, адже конструкції зовнішньої стіни з фасадною теплоізоляцією мають потенційну здатність до поширення пожежі.

Про це свідчить статистика у різних країнах, наприклад, Державна пожежна служба Польщі за 4 роки зафіксувала 117 випадків пожеж на зовнішніх фасадах будівель, утеплених пінополістиролом. У 67 % таких пожеж виникали труднощі при евакуації та порятунку людей, а зовнішнє облицювання сприяло розповсюдженню вогню.

В Україні пожежну небезпеку фасадних систем оцінюють згідно з ДБН В.1.1-7-2002 [1] та ДБН В.2.6-33:2008 [2]. ДБН В.1.1-7-2002 у будівлях І-го ступеню вогнестійкості забороняється виконувати зовнішню поверхню облицювання зовнішніх стін будинків із використанням горючих матеріалів. У будинках II–III ступенів вогнестійкості допускається виконувати зовнішню поверхню облицювання зовнішніх стін будинків із використанням матеріалів групи горючості Г1 (низької горючості). У внутрішніх шарах системи зовнішнього облицювання стін можуть використовуватися матеріали груп горючості Г1 і Г2 (низької і помірної горючості). Дозволяється утеплення зовнішніх стін із використанням систем, в яких застосовується горючий утеплювач, до висоти не більше 26,5 м.

Згідно з ДБН В.2.6-33:2008 допускається використання конструкцій із облицюванням штукатуркою з горючою тепловою ізоляцією для будинків з умовною висотою H >15 м за умови, що вона не поширює вогонь.

Здатність фасадної системи з облицюванням штукатуркою з горючою тепловою ізоляцією поширювати вогонь по фасаду оцінюють за результатами натурних вогневих випробувань, які проводяться до початку будівельно-монтажних робіт за «Методикою натурних вогневих випробувань теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін будівель і споруд на поширення вогню», розробленою Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту ДСНС України [3]. Групу горючості матеріалу визначають шляхом лабораторних випробувань за методом, наведеним у ДСТУ Б В.2.7-19-95 «Матеріали будівельні. Метод випробувань на горючість».

Метою роботи є розроблення методики забезпечення пожежної безпеки при застосуванні потенційно пожежонебезпечних матеріалів, конструкцій різних видів фасадних систем та технології їх виготовлення.

Розглянемо особливості пожежної безпеки фасадних систем двох основних видів:

- штукатурні системи зовнішнього утеплення фасадів будівель із застосуванням полімерних утеплювачів;
- системи зовнішньої теплоізоляції фасадів із повітряним зазором між утеплювачем і облицюванням – навісні вентильовані фасади.

Використання в ***штукатурних системах зовнішнього утеплення*** ефективних утеплювачів, у т.ч. пінополістиролу та деяких видів поліуретанів, які за своєю хімічною природою є пожежонебезпечними матеріалами, значно підвищує пожежну небезпеку цих систем.

Один із механізмів прояву пожежної небезпеки полягає в тому, що під час теплової дії на фасадну систему відбувається термодеструкція пінополістиролу з виділенням горючих газів за температури від 210 °С. Частина газів проникає через шар штукатурки, потрапляє в факел полум'я та згорає, що підвищує потужність теплового потоку і висоту полум'я та сприяє поширенню пожежі. Поведінка пінополістиролу у внутрішньому об'ємі штукатурної системи за умов теплового впливу пожежі визначається температурою займання, яка залежить від виду вихідної сировини і може складати від 220 °С (для сировини без антипіренів) до 380 °С (для сировини з антипіренами).

Інший можливий механізм прояву пожежної небезпеки цих систем полягає в тому, що при пожежі декоративно-захисна штукатурка руйнується на великій площі, в результаті чого через вільний доступ кисню з повітря до пінополістиролу відбувається його займання з великим виділенням тепла та усіма подальшими наслідками.

Для забезпечення надійної та пожежобезпечної експлуатації штукатурних систем із полістирольним утеплювачем необхідно строго виконувати ряд рекомендацій, а саме: завжди застосовувати окантовки віконних (дверних) прорізів і поверхові протипожежні пояси з негорючих мінераловатних плит. За відсутності елементів із негорючих мінераловатних плит пожежна небезпека подібних систем істотно зростає, що може спричинити руйнування штукатурних систем, особливо при застосуванні т.з. полімерних штукатурок, які містять до 14 % по масі, а іноді і більше полімерів. Дійсно, полімерні декоративно-захисні штукатурки при нагріванні до температури, що перевищує 240–260 °С, можуть переходити в пластичний стан, що супроводжується зниженням міцності властивостей і руйнуванням під дією власної маси.

Мінераловатні плити, які застосовують для окантовок і протипожежних розтинів, повинні мати температуру плавлення не менше 1000 °С, тому що температура факела на виході з віконного отвору палаючого приміщення в реальних умовах може сягати цих значень і навіть перевищувати їх. Звідси випливає і обґрунтування заборони застосування для цих цілей скловолокнистих плит, температура плавлення яких не більше 550 °С.

Навісні вентильовані фасади характеризуються наявністю повітряного зазору між утеплювачем і облицюванням.

У деяких видах фасадів використовуються горючі матеріали, що значно збільшує пожежну небезпеку будівель. При цьому використання горючих утеплювачів може призвести до швидкого поширення вогню і утворення високотоксичних продуктів горіння. Пожежна небезпека систем навісних вентильованих фасадів будівель визначається не тільки пожежною небезпекою застосовуваних матеріалів, а залежить також від їх конструктивного оформлення.

Самим слабким місцем багатьох систем фасадів із вентильованим зазором, з погляду забезпечення необхідної стійкості у випадку виникнення пожежі, є елементи металевого каркаса у

вигляді несучого профілю, який на кронштейнах кріпиться до стіни. Так, використання систем з алюмінієвими напрямними й тонкошаровим облицюванням, у зв'язку з тим, що алюміній різко втрачає свої характеристики міцності під впливом температур, що перевищують 600 °С, може спричинити руйнування конструкцій фасаду, що створює серйозну небезпеку для людей, особливо при пожежі у висотних будівлях.

У випадку використання конструктивних елементів у вигляді тонколистових сталевих профілів існує небезпека того, що ці елементи почнуть деформуватися, а цілісність захисно-декоративного екрана може бути порушена.

Особливістю більшості навісних систем є застосування елементів з листової сталі для захисту повітряного зазору в місцях примикання систем до віконних прорізів, які встановлюються або по всьому периметру віконного отвору, або за його верхнім відкосом.

Слід також звернути увагу на використання в навісних вентильованих фасадах горючої вологовітрозахисної мембрани з кашировкою, в якій високий відсоток синтетичного в'яжучого, що відноситься до групи горючості Г4. При виникненні пожежі таке поєднання може призвести до поширення вогню і пошкодження фасаду на великій площі. Наявність повітряного прошарку в вентильованих фасадних системах, що зумовлює повітряну тягу, сприяє як поширенню пожежі вгору, так і ефективнішому режиму горіння через приплив свіжого повітря.

Трапляються випадки загоряння конструкцій навісних вентильованих фасадів при їх монтажі через недотримання правил пожежної безпеки при проведенні зварювальних та інших вогневих робіт.

Недотримання конструктивних рішень фасадних систем і заміна їх більш дешевими є невиправданим і може мати трагічні наслідки. До використання можуть бути рекомендовані тільки такі композитні панелі і матеріали, які успішно пройшли вогневі випробування в складі фасадних систем. Але визначення вогнестійкості навісних вентильованих фасадних систем в Україні в теперішній час не проводиться, оскільки відсутні вимоги до вогнестійкості фасадів і методи випробувань на вогнестійкість цих видів конструкцій.

Висновки. Для забезпечення пожежної безпеки штукатурних систем зовнішнього утеплення фасадів будівель із застосуванням полімерних утеплювачів кожне принципово нове конструктивне рішення фасадної системи має бути піддане вогневому випробуванню згідно з *Методикою натурних вогневих випробувань теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін будівель і споруд на поширення вогню*; будівля, яку утеплюють фасадною системою, що пройшла вогневі випробування, повинна мати рівний фасад. Якість матеріалів і виконаних робіт має бути підтверджена документально.

Для забезпечення пожежної безпеки навісних вентильованих фасадів не допускається використання в фасадній системі матеріалів для облицювання, виготовлення каркаса, кріпильних виробів, утеплювача, а також і нових конструктивних рішень, не зазначених у технічному свідоцтві. В іншому випадку для підтвердження придатності системи потрібно нове технічне свідоцтво. Слід також дотримуватися висотності застосування фасадних систем згідно з технічним свідоцтвом.

Походження матеріалів, що входять до системи, особливо імпортного виробництва, має бути підтверджено документально.

Також необхідне проведення активної роботи з метою отримання вихідних даних для розроблення методу натурних вогневих випробувань конструкцій навісних вентильованих фасадів, що сприятиме безпечному застосуванню сучасних і перспективних фасадних конструкцій.

[1] ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Укрархбудінформ, 2002. – 21 с.

[2] ДБН В.2.6-31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбудархітектури України, 2006. – 71 с.

[3] *Довбиш А.В.* Пожежна небезпека личкувальних матеріалів систем фасадних теплоізоляційно-опоряджувальних будинків та споруд // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2008. – №1(17).

[4] *С.В. Новак, Л.Н. Нефедченко, В.В. Коваленко* Нормативное обеспечение определения пожарной опасности внешних стен с фасадной теплоизоляцией//Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2013. – № 2 (28).

Надійшла 03.11.2015 р.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕСКАЛАТОРА НА ЗУСИЛЛЯ В ТЯГОВОМУ ЛАНЦЮЗІ

Ю.П. Горбатенко
старший викладач кафедри прикладної механіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», академік Підйомно-транспортної академії наук України

О.Б. Нєженцев
доцент кафедри прикладної механіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», к.т.н.

О.В. Закора
аспірантка кафедри прикладної механіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Значна кількість тунельних ескалаторів, що експлуатуються в київському метрополітені, відпрацювали свій ресурс і потребують модернізації або заміни. Розробка нових і модернізація існуючих конструкцій ескалаторів для переміщення пасажирів у тунелях метрополітену, з урахуванням зростаючого пасажиропотоку, базується на дотриманні певних нормативних техніко-експлуатаційних вимог. Згідно з ними в технічному завданні на проектування ескалатора задаються параметри і характеристики, серед яких: схеми трас (замкнених контурів) тягового органа і поручнів із визначенням місць розміщення привідних і натяжних механізмів та розмірами окремих ділянок; швидкість руху сходового полотна; пропускна здатність (продуктивність); пускові (прискорення) та гальмівні (шлях гальмування) характеристики; довговічність (ресурс) складових і машини в цілому; допустимі рівні вібрації, шуму та ін. Переважна більшість вимог (обмежень) регламентується національними та міжнародними нормативними документами: ДСТУ, ТУ, ТВ, ISO, EN та іншими [1–4].

Тяговий ланцюг є базовим елементом конструкції і, відповідно, динамічної моделі робочого (тягового) органа:

- масова характеристика (погонна маса $m_{Л}$, кг) суттєво впливає на сукупне погонне навантаження (q_n, Н/м) від власної ваги робочого органа;
- пружні властивості (коефіцієнт жорсткості k, Н/м) разом із величинами приведених мас впливають на динамічні характеристики, зокрема на величину власної частоти коливань, робочого органа.

З огляду на це вибір ланцюга за умовою розривної міцності на початковому етапі проектування ескалатора доцільно поєднувати з оцінкою динамічних характеристик тягового органа, що дозволить зменшити рівень зусиль у тяговому ланцюзі, мінімізувати негативний вплив вібрацій на роботу машини, знизити рівень шуму.

Для дослідження динамічних характеристик ланцюговий тяговий орган ескалатора представляється восьмимасовою динамічною моделлю [5], рух мас якої описується у загальному вигляді системою диференційних рівнянь

$$[m]\{\ddot{x}\} \quad [\ ]\{\dot{x}\} \quad [k]\{x\} \quad \{P\}, \qquad (1)$$

де $\{\ddot{x}\}$, $\{\dot{x}\}$ та $\{x\}$ – відповідно вектори прискорення, швидкості та переміщення мас системи; $[m]$ – матриця мас системи; $[k]$ – матриця жорсткості системи; $[\ ]$ – матриця коефіцієнтів демпфірування системи; $\{P\}$ – вектор зовнішніх навантажень.

Восьмимасова динамічна модель (1) розраховується методом чисельного інтегрування з використанням програмного комплексу Simulink MatLab.

У результаті динамічна модель тягового органа ескалатора дозволяє отримати динамічні характеристики системи – динамічні податливості та амплітудно-частотні характеристики (АЧХ), а також значення зусиль у тяговому органі ескалатора. Зусилля у тяговому органі ескалатора, отримані з врахуванням динаміки роботи ескалатора, є більш достовірними у порівнянні з отриманими за допомогою статичних методів розрахунку.

© Горбатенко Ю.П., Нєженцев О.Б., Закора О.В.

Однак, визначення зусиль у тяговому ланцюзі для деякого пошукового діапазону конструктивно-експлуатаційних характеристик є досить громіздким процесом, що передбачає виконання тягових розрахунків, визначення пружних параметрів розрахункових систем, адаптування алгоритму розрахунку у Simulink MatLab та інше.

Для прискорення і спрощення визначення зусиль у ланцюговому тяговому органі на початковому етапі проектування без втрати якості та подальшого використання результатів розрахунків авторами виконано дослідження щодо встановлення залежності максимальних (мінімальних) зусиль натягу тягового органа від конструктивно-експлуатаційних характеристик ескалатора з використанням динамічної моделі тягового органа. Поставлена задача виконана за допомогою математичної теорії планування експерименту.

Задача нелінійного проектування в такому випадку може бути сформульована у вигляді пошуку вектора, який мінімізує (максимізує) цільову функцію $F(\bar{x})$,

$$\begin{array}{l} F(\bar{x}) \text{ при } f_j(\bar{x}) \quad 0, j \quad 1,2,\ldots,m \\ F(\bar{x}) \text{ при } q_j(\bar{x}) \quad 0, j \quad m \quad 1,m \quad 2,\ldots,p \end{array}, \quad (2)$$

де $\bar{x}$ – вектор-стовпчик в n-вимірному просторі, складові якого $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n$ є незалежними перемінними; $f_j(\bar{x})$ і $q_j(\bar{x})$ – лінійні та (або) нелінійні обмеження.

Вираз (2) можна показати наступним чином:

$$\{F(\bar{x}) \quad R\}, \quad (3)$$

де R – область зміни вектора $\bar{x}$, що задана обмеженнями $f_j(\bar{x})$ і $q_j(\bar{x})$, тобто:

$$R \quad \{\bar{x} \left| f_j(\bar{x}) \right. \quad 0;\ q_j(\bar{x}) \quad 0 \text{ для всіх } j\}. \quad (4)$$

Вектор $\bar{x}$, що задовольняє умову (2), є оптимальною точкою, а відповідне значення $F(\bar{x})$ – оптимальним значенням цільової функції.

Попередні дослідження та аналіз апріорної інформації дозволив виділити фактори, що найсуттєвіше впливають на рівень зусиль у тяговому органі ескалатора, а саме: продуктивність ескалатора П; швидкість руху сходового полотна v; висоту підйому ескалатора H.

Умови комп'ютерного експерименту, що проводився на моделі (1), наведено у таблиці 1.

Використаний план експерименту близький до D-оптимального центрального композиційного плану типу $B_к$ [6]. Матриця плану експерименту та його результати наведені у таблиці 2.

У результаті обробки даних методом найменших квадратів розраховані коефіцієнти регресії і отримана апроксимуюча залежність, що описує вплив та взаємовплив факторів на зусилля в тяговому органі ескалатора:

$$\hat{Y}_{\max} \quad 137797{,}66 \quad 54826{,}57\ x_1 \quad 2136{,}67\ x_2 \quad 107730{,}81\ x_3 \quad 2476{,}63\ x_1\ x_2 \quad 41698{,}38\ x_1\ x_3 \quad 2050{,}63\ x_2\ x_3 \quad 1424{,}73\ x_1^2 \quad 1921{,}56\ x_2^2 \quad 1534{,}88\ x_3^2. \quad (5)$$

Після перевірки статистичної значущості коефіцієнтів регресії апроксимуюча залежність має вид:

$$\hat{Y}_{\max} \quad 137821{,}63 \quad 54826{,}57\ x_1 \quad 2136{,}67\ x_2 \quad 107730{,}81\ x_3 \quad 2476{,}63\ x_1\ x_2 \quad 41698{,}38\ x_1\ x_3 \quad 2050{,}63\ x_2\ x_3 \quad 1983{,}69\ x_2^2. \quad (6)$$

Оскільки проводився комп'ютерний експеримент за допомогою програмного комплексу Simulink Matlab, то виконати перевірку адекватності рівняння регресії (6) за традиційним критерієм Фішера неможливо, так як помилка повторних дослідів у кожній точці плану (тобто помилка повторного комп'ютерного обчислення), а також і дисперсія дослідів, практично дорівнює нулю. Тому ступінь розсіювання оцінок зусиль у тяговому органі ескалатора оцінювався коефіцієнтом варіації за формулою

$$\frac{1}{b_0}\sqrt{\frac{\sum_{i\ 1}^{N}(Y_i \quad \hat{Y}_i)^2}{N}} \quad ,$$

де – число коефіцієнтів рівняння регресії; – рівень значущості (зазвичай приймають таким, що дорівнює 0,05).

Рівняння регресії вважається адекватним при . Коефіцієнт варіації вихідної залежності (6) становить 0,028, отже модель, що описана рівнянням регресії (6), можна вважати адекватною.

Отримане рівняння (6) дозволяє достатньо просто розраховувати необхідні параметри ескалатора на початковому етапі проектування з врахуванням рівнів зусиль, які діють у тяговому органі.

Спільний вплив продуктивності ескалатора, швидкості руху сходового полотна та висоти

Таблиця 1

Умови проведення експерименту

Фактори, що впливають на рівень зусиль у тяговому органі	Позначення	Рівні варіювання					Інтервал варіювання x_i
		−1	−0,5	0	0,5	+1	
Продуктивність, П, чол/год	x_1	1000	3000	5000	7000	9000	2000
Швидкість руху сходового полотна, *v*, м/с	x_2	0,45	0,525	0,6	0,675	0,75	0,075
Висота підйому, *H*, м	x_3	10	23,75	37,5	51,25	65	13,75

Таблиця 2

Матриця планування та результати експерименту

№ з/п	Матриця планування			Робоча матриця			Результати експерименту		
	x_1	x_2	x_3	П, чол/год	*v*, м/с	*H*, м	$Y_{max\ екс}$, Н[1]	$Y_{max\ теор}$, Н[2]	dY_{max}, Н[3]
1	1	1	1	9000	0,75	65	343840	345796	−1955,8
2	−1	1	1	1000	0,75	65	158440	157699	740,9
3	1	−1	1	9000	0,45	65	345300	342374	2925,5
4	−1	−1	1	1000	0,45	65	140530	144371	−3841,3
5	1	1	−1	9000	0,75	10	46548	42836,2	3711,8
6	−1	1	−1	1000	0,75	10	18478	21533	−3055
7	1	−1	−1	9000	0,45	10	46747	47617,3	−870,3
8	−1	−1	−1	1000	0,45	10	18234	16407,7	1826,3
9	0	0	0	5000	0,6	37,5	140240	137798	2442,3
10	1	0	0	9000	0,6	37,5	190150	191200	−1049,5
11	−1	0	0	1000	0,6	37,5	83454	81546,3	1907,7
12	0	1	0	5000	0,75	37,5	143790	141856	1934,1
13	0	−1	0	5000	0,45	37,5	136290	137583	−1292,6
14	0	0	1	5000	0,6	65	247340	247063	276,7
15	0	0	−1	5000	0,6	10	32537	31601,7	935,3
16	0,5	0	0	7000'	0,6	37,5	158990	164855	−5864,8
17	−0,5	0	0	3000	0,6	37,5	114530	110028	4501,8
18	0	0,5	0	5000	0,675	37,5	136470	139346	−2876,4
19	0	−0,5	0	5000	0,525	37,5	139590	137210	2380,3
20	0	0	0,5	5000	0,6	51,25	195060	192047	3013,2
21	0	0	−0,5	5000	0,6	23,75	78525	84316	−5791 !

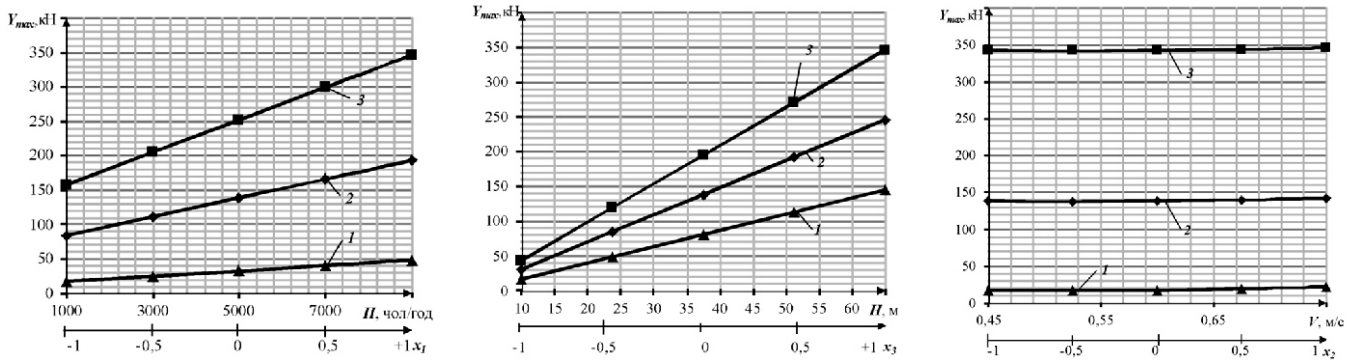
Примітки.

1. $Y_{max\ екс}$ – отримані при різних комбінаціях впливових факторів з використанням розрахункової динамічної моделі тягового органа значення максимального зусилля у тяговому органі ескалатора, Н;
2. $Y_{max\ теор}$ – отримані при різних комбінаціях впливових факторів з використанням апроксимуючої залежності (6) значення максимального зусилля у тяговому органі ескалатора, Н;
3. $dY_{max} = Y_{max\ екс} - Y_{max\ теор}$ – різниці результатів експерименту, Н.

підйому ескалатора (рис. 1–3) дозволяє наочно показати досліджувану область експерименту.

Для практичного використання при проектуванні та розрахунку ескалаторів побудовано графіки та лінії рівного відгуку, що дозволяють визначати максимальні зусилля в тяговому органі ескалатора від його продуктивності (рис. 4, а), висоти підйому (рис. 4, б) та швидкості руху сходового полотна (рис. 4, в). Також є можливість отримати зрозумілу геометричну інтерпретацію поверхні відгуку, що полегшує вибір раціональних, з точки зору зусиль у тяговому органі, параметрів ескалатора.

Наприклад, використовуючи залежність максимального зусилля в тяговому органі від висоти підйому ескалатора (рис. 5), визначено значення максимального зусилля в тяговому органі ескалатора висотою підйому 45 м при продуктивності 9000 чол/год та швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с. Максимальне значення зусилля в тяговому органі ескалатора висотою підйому 45 м становить 235 кН (див. рис. 5).

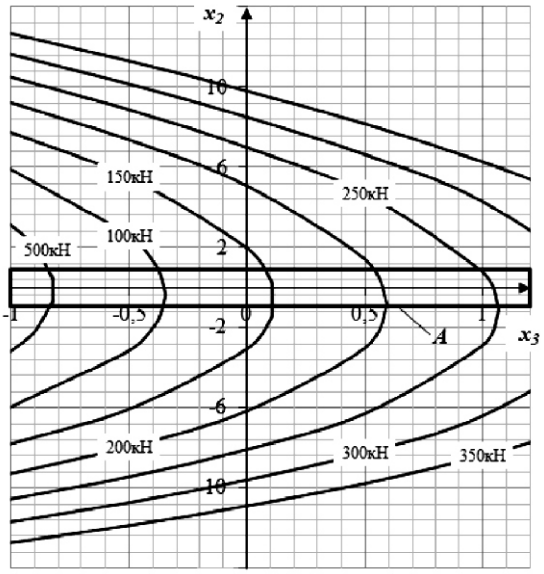


а б в

Рис. 1. Залежність зусилля в тяговому органі ескалатора від:

а – продуктивності ескалатора: ***1*** – при $x_2 = -1$, $x_3 = -1$; ***2*** – при $x_2 = 0$, $x_3 = 0$; ***3*** – при $x_2 = +1$, $x_3 = +1$;
б – висоти підйому ескалатора: ***1*** – при $x_2 = -1$, $x_1 = -1$; ***2*** – при $x_2 = 0$, $x_1 = 0$; ***3*** – при $x_2 = +1$, $x_1 = +1$;
в – швидкості руху тягового полотна: ***1*** – при $x_1 = -1$, $x_3 = -1$; ***2*** – при $x_1 = 0$, $x_3 = 0$; ***3*** – при $x_1 = +1$, $x_3 = +1$

а



б

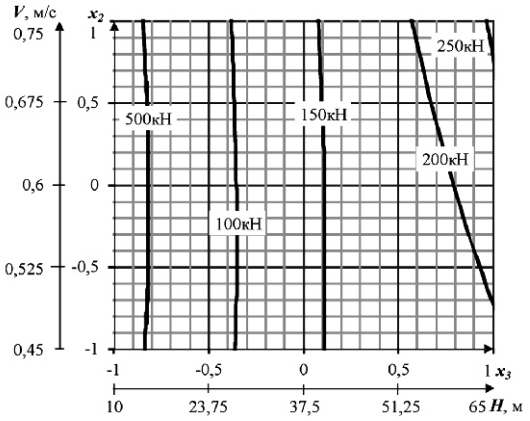
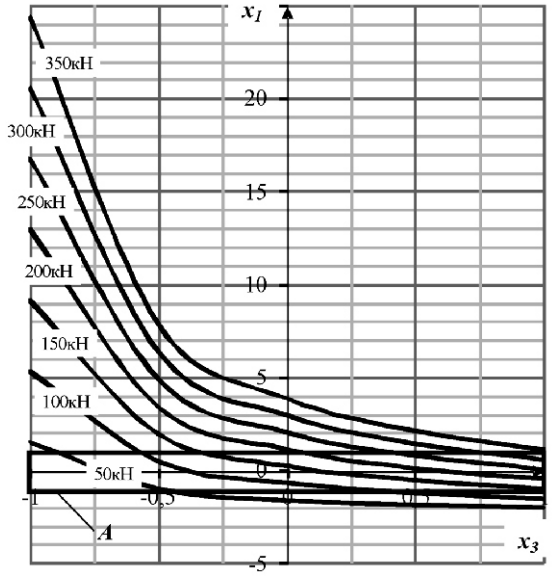


Рис. 2. Лінії рівних відгуків зусилля в тяговому органі в залежності від швидкості руху сходового полотна та висоти підйому ескалатора (при $x_1 = 0$; П = 5000 чол/год):

а – загальна картина ліній рівних зусиль; **б** – область визначення факторів

а



б

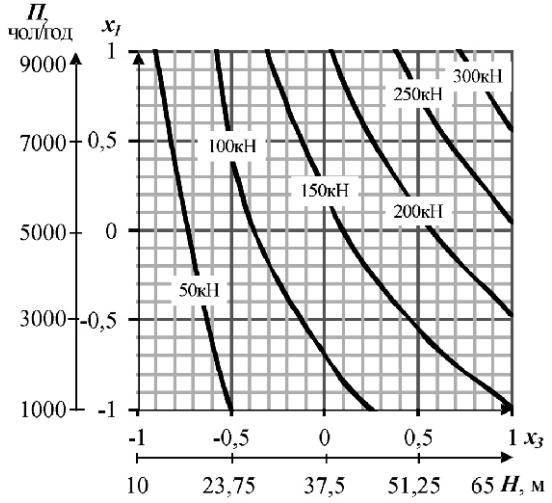


Рис. 3. Лінії рівних відгуків зусилля в тяговому органі в залежності від продуктивності та висоти підйому ескалатора (при $x_2 = 0$; $v = 0{,}6$ м/с):

а – загальна картина ліній рівних зусиль: **б** – область визначення факторів

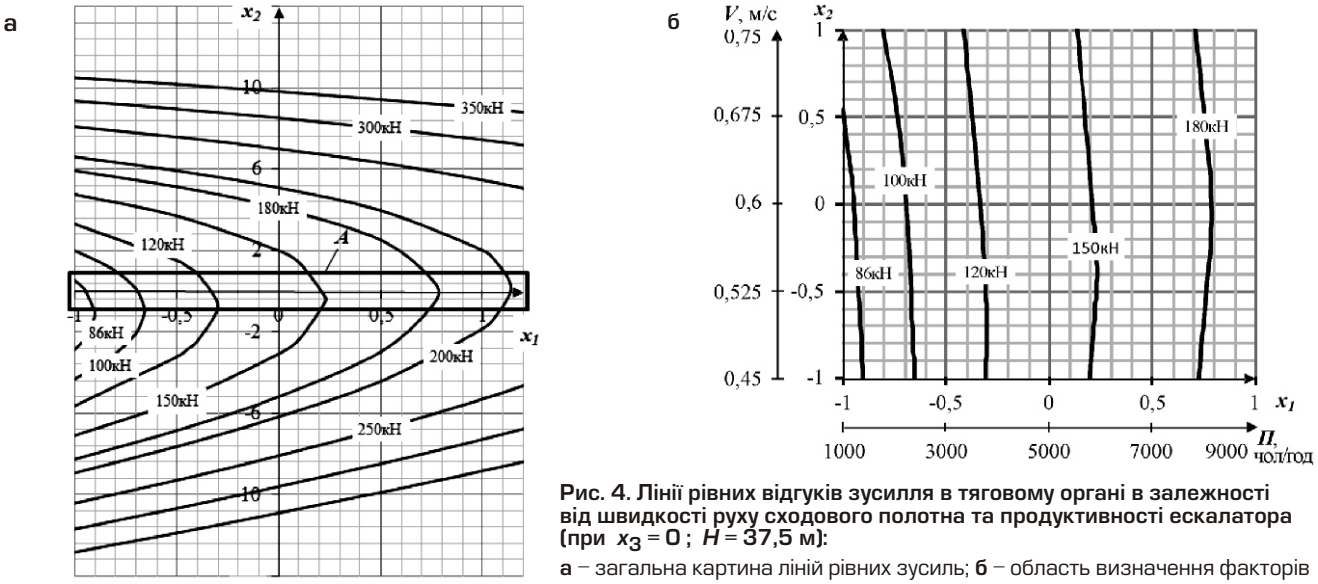


Рис. 4. Лінії рівних відгуків зусилля в тяговому органі в залежності від швидкості руху сходового полотна та продуктивності ескалатора (при $x_3 = 0$; $H = 37,5$ м):
а – загальна картина ліній рівних зусиль; **б** – область визначення факторів

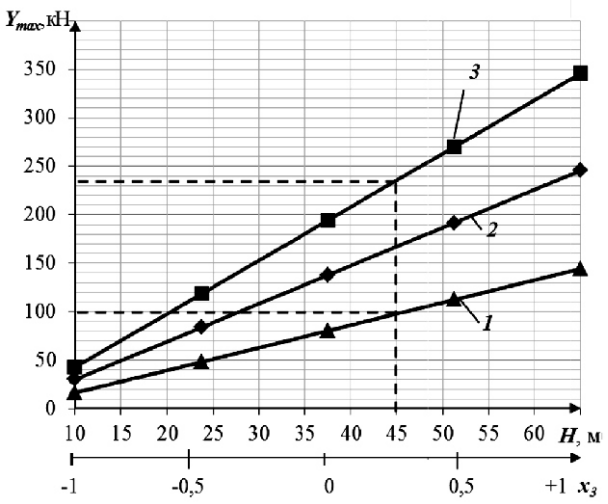


Рис. 5. Залежність зусилля в тяговому органі ескалатора висотою підйому 45 м при продуктивності 9000 чол/год та швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с

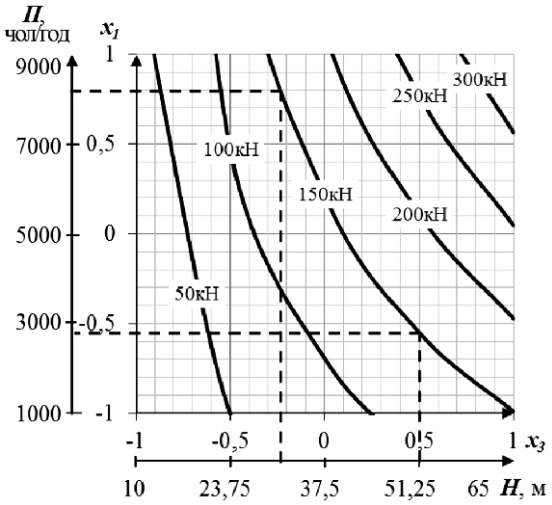


Рис. 6. Приклад використання ліній рівних відгуків зусилля в тяговому органі в залежності від продуктивності та висоти підйому ескалатора

При продуктивності 1000 чол/год та швидкості руху сходового полотна 0,45 м/с зусилля в тяговому органі ескалатора з тією ж висотою підйому становить 100 кН.

З ліній рівного відгуку (рис. 6) видно, що зусилля в тяговому ланцюзі, яке становить150 кН, буде однаковим як у ескалатора з продуктивністю 8200 чол/год і висотою підйому 30,6 м, так і у ескалатора з продуктивністю 2700 чол/год і висотою підйому 51,3 м.

Задача може бути розв'язаною у постановці раціоналізації вибору продуктивності (пропускної здатності) в залежності від рівнів максимальних (мінімальних) сили натягу та швидкості руху тягового органа або в іншій комбінації параметрів.

Необхідно підкреслити, що розраховувати навантаження в тяговому органі для розглянутої групи ескалаторів за допомогою формули (5) можна тільки у дослідженій області визначення факторів (див. рис. 1–3).

[1] ДНАОП 0.00-1.06-77. Правила устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов.

[2] EUROPEAN STANDARD EN 115-1 2013, Safety of escalators and moving walks – Part 1: Construction and installation.

[3] ISO 14798:2009, Lifts (elevators), escalators and moving walks – Risk assessment and reduction methodology.

[4] EN ISO 14121-1, Safety of machinery – Risk assessment – Part 1: Principles (ISO 14121-1:2007).

[5] *Бондарєв С.В., Горбатенко Ю.П., Закора О.В.* Дослідження динамічних характеристик електромеханічних систем транспортувальних машин із ланцюговим тяговим органом// Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2014. – № 4 – С. 44–47.

[6] *Бродский В.З. и др.* Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей. – М.: Металлургия, 1982.- 752 с.

Надійшла 30.11.2015 р.

ДО ВІДОМА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !

Вимоги щодо публікації статей:

- Текст статті в електронному виді, фото авторів, авторська довідка (для наукових статей ще анотація мовою статті та англійською, ключові слова, УДК), підготовлені у Microsoft Word, а також у роздрукованому виді.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – tif, eps, jpg, pcx – 300 dpi.
- Роздрукований текст статті підписується усіма авторами, електронні та роздруковані варіанти повинні бути ідентичними.
- Авторська довідка має містити наступні дані: прізвище, ім'я та по батькові повністю, місце роботи, посада, науковий ступінь, вчені звання, а також номер контактного телефону та електронну адресу.

ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ

Видавець ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» (протокол № 2 від 02.06.2016 р.)

Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02660, ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»
тел. (044) 516-52-85, e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»
Комп'ютерна верстка та дизайн – **Цапро Т.І.**
Дизайн обкладинки – **Перьков Д.О.**

Підписано до друку 02.06.2016 р. Формат 60 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.
Тираж 300 прим.
Віддруковано ТОВ «Поліпрінт», вул. Лугова, 1-А, м. Київ, 04074, тел. 464-17-91
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1250 від 22.02.2003 р.

Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом

Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції

Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори

За зміст реклами відповідає подавач

Редакція не завжди поділяє думку авторів

Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали

Шановні працівники
Українського державного науково-дослідного
і проектно-вишукувального інституту
«УкрНДІводоканалпроект»!

Вітаю Вас із 85-річчям заснування інституту!

Високий професіоналізм фахівців забезпечує розроблення якісних проектів із впровадженням новітніх технологій, сучасних матеріалів і енергоефективного обладнання систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд в Україні. За проектами інституту збудовано і реконструйовано понад 3500 об'єктів як в Україні, так і за її межами.

Бажаю всім працівникам інституту доброго здоров'я, благополуччя, творчої наснаги та нових професійних здобутків!

З повагою
перший заступник Міністра
регіонального розвитку,
будівництва та житлово-комунального
господарства України

В.А. Негода

Український державний науково-дослідний
і проектно-вишукувальний інститут

«УКРНДІВОДОКАНАЛПРОЕКТ»

Рік заснування - 1931

Основні напрями науково-технічної діяльності інституту:

- виконання робіт, пов'язаних з дослідженням та проектуванням:
  - систем забору, очищення, підготовки і подачі води споживачам як з підземних, так й поверхневих джерел для питних та технічних потреб;
  - систем водовідведення для населених пунктів та промислових об'єктів;
  - комплексів споруд з очистки побутових та промислових стоків;
  - магістральних самопливних трубопроводів з насосними станціями;
  - шламосховищ із системами гідротранспорту та зворотного водопостачання;
  - водосховищ, буферних ставків та каналів;
  - комплексів споруд із захисту територій від підтоплення та ґрунтових вод від забруднення;
  - накопичувачів промислових та побутових відходів;
- розроблення проектів реконструкції систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд;
- розроблення схем комплексного використання й охорони водних ресурсів, а також схем генеральних планів промислових вузлів у частині водопостачання та водовідведення;
- проведення інженерних вишукувань та авторський нагляд за будівництвом систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд;
- виконання функцій базової організації в будівництві для об`єктів водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд;
- розроблення та супровід нормативних документів з проектування, будівництва та експлуатації систем водопостачання, водовідведення та промислових гідротехнічних споруд.

Контактна інформація:

вул. Віталія Шимановського, 2/1, м. Київ, 02660.
Тел. 543-95-45, факс 543-98-42
e-mail: main@uvkp.com.ua
web: www.uvkp.com.ua

ISSN 1996-8159

ПБС

2'2016

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

ДІ "УКРНДІВОДОКАНАЛПРОЕКТ"

85

УВКП