

**ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ
«УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»**

**ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ
ТОВАРИСТВО
«УКРНДІПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦІЯ
ІМ. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»**

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 12853-1737 ПР від 11.07.2007 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.

Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.

Гордеев В.М., д.т.н., проф.

Гуляев 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.

Пушкар А.П., к.е.н.

Стоянов В.В., д.т.н., проф.

Шимановський О.В., д.т.н., проф.

**МІЖНАРОДНА
РЕДАКЦІЙНА РАДА
на 2007 — 2010 роки**

Абель Д., д.т.н., проф. (США)

Агош З., д.т.н., проф. (Словаччина)

Белоев М., к.т.н. (Болгарія)

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)

Кжупка В., д.т.н., проф. (Чехія)

Кульбах В., академік НАНУ, 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)

Павлов А.Б., д.т.н., проф. (Росія)

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)

Тулебаєв К.Р., к.т.н. (Казахстан)

Шугаєв В.В., д.т.н., проф. (Росія)

Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)



2'2009

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

МОСТОВІ КОНСТРУКЦІЇ

Даміан Бебен

КОНСТРУКЦІЇ МОСТІВ ТИПУ ҐРУНТ-СТАЛЬ – ШВИДКИЙ МЕТОД
БУДІВНИЦТВА ТА ВІДНОВЛЕННЯ 2

НАУКА – ВИРОБНИЦТВО

В.И. Гуляев, В.В. Гайдайчук, И.В. Горбунович

БИФУРКАЦИОННОЕ ВЫПУЧИВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛОНН
СВЕРХГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ 10

М.А. Шимановская

СМЕШАННЫЙ МЕТОД ДЛЯ РАСЧЕТА ВАНТОВЫХ СИСТЕМ
НА СТАДИИ МОНТАЖА 16

А.И. Лантух-Лященко

МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ.
НАУКА И ИСКУССТВО 22

В.В. Шалінський

НЕЛІНІЙНІ ЗАДАЧІ СТІЙКОСТІ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИСЯЧИХ СИСТЕМ
ПІДВИЩЕНОЇ ЖОРСТКОСТІ 26

КОНСТРУКЦІЇ ВИСОТНИХ СПОРУД

П.В. Лайкін, О.В. Якімкін

ВПЛИВ АСИМЕТРІЇ ФОРМИ БУДИНКУ ТА ПРУЖНОЇ ОСНОВИ
НА РОБОТУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ
ЖИТЛОВОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ 31

ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Н.Д. Черномыз, А.В. Тимошук

ПРИМЕНЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ФИРМЫ «ДАРНИЦА» 34

НОРМУВАННЯ

А.В. Мар'ян

КАТАЛОГ ПОМИЛОК, ВИЯВЛЕНИХ У ПЕРЕЛІКУ ЧИННИХ В УКРАЇНІ
НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ У ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА
(станом на 1 січня 2009 року) 39

ЮРИДИЧНІ КОНСУЛЬТАЦІЇ

А.М. Шабас

ПРИЧИНИ І НАСЛІДКИ ВИЗНАННЯ ДОГОВОРІВ НЕУКЛАДЕНИМИ
(з договірної практики) 44

ЮВІЛЕЙНІ ДАТУ

ТРОЩЕНКО ВАЛЕРІЙ ТРОХИМОВИЧ
(до 80-річчя від дня народження) 46

ЛАНТУХ-ЛЯЩЕНКО АЛЬБЕРТ ІВАНОВИЧ
(до 75-річчя від дня народження) 47

Постановою президії ВАК України від 09.04.2008 р. № 1-05/4 журнал внесено до переліку наукових фахових видань із технічних наук

КОНСТРУКЦІЇ МОСТІВ ТИПУ ҐРУНТ-СТАЛЬ – ШВИДКИЙ МЕТОД БУДІВНИЦТВА ТА ВІДНОВЛЕННЯ

Основним елементом конструкцій типу ґрунт-сталь, який несе навантаження, є технологічна засипка. Вперше термін ґрунт-сталь з'явився в 1976 р. у Канаді в першій редакції Норм проектування автодорожніх мостів.

Конструкції мостів типу ґрунт-сталь (кульверт), які складаються з оболонки із листів гофрованої сталі та оточені добре утрамбованим ґрунтом, вперше були використані у Сполучених Штатах Америки у 1886 р. Відтоді сталеві гофровані листи почали використовуватися для транспортних конструкцій у різних частинах світу. Однак до цього часу не розроблений єдиний метод розрахунку для визначення розмірів оболонкових конструкцій такого типу.

Для мостових конструкцій дуже важливими є параметри очікуваного терміну експлуатації, а також вплив динамічних навантажень. Тому в проектуванні і будівництві мостів необхідно шукати такі рішення, де б поєднувалася швидкість реалізації, економічність і прийнятний термін служби.

Типи конструкцій та можливість їх використання. Гнучкі конструкції відрізняються своїми пружними реакціями, що дає змогу витримувати значні навантаження від транспортних засобів. Їх виготовляють зі сталі або поліетилену високої щільності. Для сталевих конструкцій застосовується додатковий захист від корозії (цинк, полімерне покриття, фарбування з різною товщиною шарів), що подовжує термін їх експлуатації.

Гнучкі інженерні конструкції виготовляються з гофрованих або плоских сталевих листів у вигляді спіральних гофрованих або окремих листів, які з'єднуються болтами високої міцності. Різні види гофрованих листів відрізняються глибиною, кроком і шириною гофрування, а також товщиною листів (від 1,5 до 8,0 мм).

Найчастіше параметри гофрування (рис. 1) для таких гнучких структур є наступними:

- для спіральних труб – 68 12 мм, 100 20 мм, 125 26 мм;
- для структур, виготовлених із листів – 400 150 мм, 380 140 мм, 200 55 мм, 152 51 мм, 150 50 мм, 100 22 мм, 70 13 мм.



Даміан Бебен

доцент Відділу геотехніки та геодезії факультету цивільного будівництва Опольського технологічного університету, доктор інженерії (Польща)

За допомогою конструкцій із листової сталі або поліетилену можливо збудувати різні технічні об'єкти з розрахунковою довжиною прогону від 0,20 до 25,00 м. Проте, можна очікувати, що невдовзі межі розрахункової довжини прогону розширяться до 30 м завдяки використанню профілів із глибоким гофруванням (тобто 400 150 мм і 140 мм).

Для збільшення несучої здатності таких конструкцій та зменшення деформації стінки оболонки, а також напружень застосовується додаткове зміцнення шляхом використання сталевих ребер жорсткості, бетонних або сталевих балок, залізобетонних плит, дорніт (та геосинтетичні матеріали) для зміцнення ґрунту, а також кільцевих залізобетонних обойм для зміцнення кінців конструкцій.

Відомі різні типи гнучких конструкцій, що відповідають формі поздовжнього профілю. Однак в ситуаціях, коли необхідно скоротити період будівництва чи швидко відновити старі мости, можна використовувати типові конструкції. Для невеликих мостів та/або мостів середнього розміру чи кульвертів зручно вико-

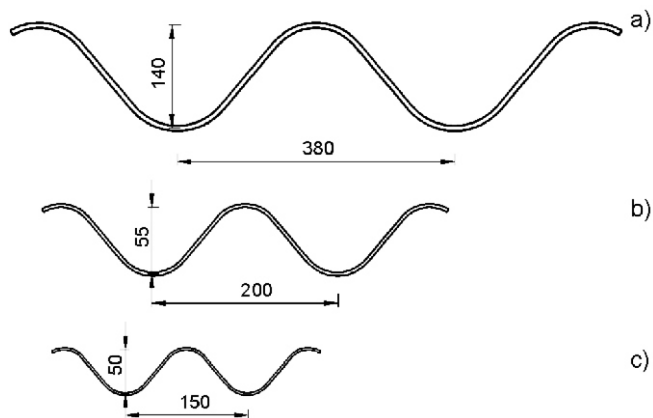


Рис. 1. Приклади профілів гофрованих листів:
а – 380 140; б – 200 55; в – 150 50 мм

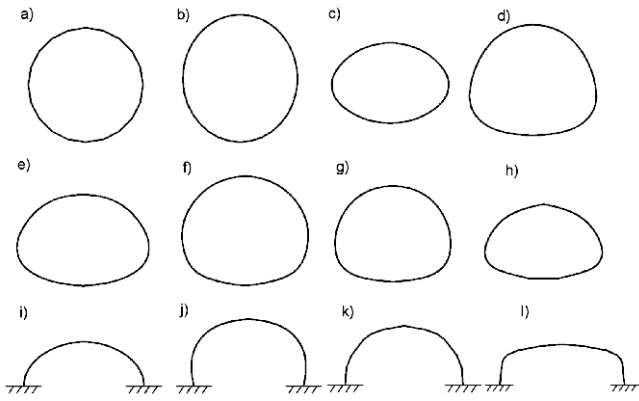


Рис. 2. Форми сталевих гнучких конструкцій:
a – циліндрична; **b, c** – еліптична (вертикальна і горизонтальна відповідно); **d** – грушоподібна; **e, f, g** та **h** – арково-циліндрична; **i, j** та **k** – аркова; **l** – прямокутна

ристовувати коробчасті, аркові, кільцеві, еліптичні, кругові аркові або грушоподібні конструкції, виготовлені з гофрованих сталевих листів (рис. 2). Гнучкі конструкції можна встановлювати на довгий стрічковий фундамент із залізобетону (рис. 3) або безпосередньо на ґрунт (рис. 4).

Упродовж багатьох років гнучкі конструкції застосовують для зміцнення та будівництва



Рис. 4. Будівництво довгого тунелю з гофрованих листів у м. Хаф'ель (Норвегія)

технічних об'єктів: мостів, віадуків (рис. 5), кульвертів, пішохідних мостів, тунелів, бункерів, систем дренажу, каналізації, вентиляційних систем, а також для екологічних об'єктів, наприклад, переходів для тварин, що розташовані під або над дорогою (рис. 6). Різна форма таких конструкцій, з'єднаних болтами підвищеної міцності, отримується за допомогою окремих листів із гофрованої сталі з відповідним профілем.



Рис. 3. Міст типу ґрунт-сталь, виготовлений з гофрованих листів (Швеція):
a – вид збоку закінченого моста; **b** – сталева оболонкова конструкція до засипки



Рис. 5. Вид збоку на віадук дороги, розташований над залізничною колією в м. Пруднік (Польща)



Рис. 6. Вид згори на перехід для тварин, розташований на автомагістралі (Польща)

Параметри матеріалу, процес засипки та монтажу. Гранульований матеріал для засипки в технічній зоні необхідно рівномірно розмістити з обох боків сталевий оболонки, одночасно укладаючи шари завглибшки 0,20–0,30 м (перед ущільненням) та ущільнити мінімум на 92–97 % стандартної щільності сухого матеріалу. Різниця в рівнях засипки з обох боків у будь-якому поперечному розрізі не повинна перевищувати 0,30–0,40 м.

Для запобігання деформаціям не допускається використовувати важке устаткування для віброущільнення на відстані 1,00–1,50 м від тонких стінок оболонкової конструкції або поряд із нею. Зону, найближчу до сталевий конструкції, належить ущільнювати за допомогою вібраційного або трамбувального обладнання, яке постійно діє паралельно поздовжній лінії конструкції.

Не допускається скидати матеріал засипки поряд зі стінкою конструкції та на її верхню частину, вивантажувати матеріал слід не ближче, ніж за 1,5 м від бічних стінок, а важке обладнання необхідно розташовувати подалі від країв циліндричної конструкції.

Під час процесу засипання необхідно періодично перевіряти оболонкову конструкцію, щоб пересвідчитись у відповідності її форми передбачуваним допускам.

Для розміщення і ущільнення ґрунтової засипки у верхній частині оболонкової конструкції (що необхідно робити у напрямку, перпендикулярному до поздовжньої осі конструкції) використовують легке обладнання. При цьому визначається мінімально необхідний шар ґрунту над оболонковою конструкцією для кожного елемента обладнання. Не допускається встановлення на конструкцію будь-якого обладнання, навантаження якого перевищує проектне робоче навантаження на покриття з остаточною проектною висотою.

Відповідальність за ущільнення ґрунту для забезпечення дотримання правил проектування і специфікацій несе власник та/або представник власника, який має бути присутнім під час зведення і засипки оболонкової конструкції.

Встановлення оболонкової конструкції. Гофровані сталеві листи встановлюються відповідно до розробленої схеми розташування. Перше кільце в цілому попередньо монтується на землі біля будмайданчика, болти затягуються неповністю, але з лівого боку виконується зачеплення

краном за отвори зверху донизу з кожного боку зібраного кільця.

На цьому етапі оболонкова конструкція є досить гнучкою, тому необхідно обережно піднімати кільце під час встановлення на місце. Як тільки кільце встановлене вертикально, одна сторона вводиться в основний канал і закріплюється болтами на місці. Протилежна сторона підтягується в основний канал і вручну закріплюється болтами. При цьому жоден болт не повинен виступати, оскільки листи можуть зсуватися вперед. Уздовж основного каналу та зовнішнього краю листів є додаткові отвори для встановлення листів на місце в основному каналі. Для цих отворів болти не потрібні.

Два інших зібраних кільця можна встановити у такий же спосіб. Частина конструкції, що залишилася, зводять способом «лист за листом». Наступні два основні листи і один бічний (верхній) встановлюються з кожного боку, формуючи ступінчастий профіль. На всіх поздовжніх швах необхідно використовувати болти з потайною головкою для двох зовнішніх отворів на виступах. У заглиблених поздовжніх швах використовуються стандартні болти. У кільцевих швах до встановлення ребер не застосовують жодних інших болтів. Після цього встановлюються зовнішні листи для скосу.

Перед встановлюванням першої реберної секції на конструкцію необхідно вручну затягнути болти на чотирьох зібраних кільцях, а перед її розміщенням – затягнути болти з потайною головкою та болти в поглибленнях гофрування циліндра, які прикриті ребрами. Це можна зробити шляхом встановлення болта на 7,5 см або шпильки в центрі трьох отворів на виступі поздовжнього шва перед затягуванням болтів із потайною головкою. Для наступного розміщення одного або двох кілець до встановлення іншої реберної секції та затягування зазначених болтів необхідно мати як мінімум два повні кільця попереду ребер. Як тільки реберна секція встановлена на місце, можна затягнути всі верхні болти та болти реберної секції. Для дотримання розмірів прогону та висоти може знадобитися кран, щоб забезпечити вертикальний підйом в основних зонах і домогтися повністю ущільнених швів. Потім необхідно ущільнити поздовжні та кільцеві шви. Після завершення монтажу всю оболонкову структуру слід перевірити на скручування.

Властивості засипки. Грунт повинен відповідати критеріям міцності та здатності ущільнюватися, які використані в проекті мостової конструкції типу грунт-сталь, і після розміщення не погіршувати свої характеристики під впливом вологи, висихання, насичення, заморожування, відтавання, вібрацій або проточної води.

Відповідно до вимог щодо гранульованості ґрунту розмір найбільших часточок ґрунту, який використовується в межах зони технічної засипки, не повинен перевищувати 150 мм; не допускається вміст камінців розміром понад 80 мм у ґрунті, який знаходиться на відстані до 300 мм від сталеві оболонкової структури. Вміст тонких фракцій у ґрунті не повинен перевищувати 10 %. Пластичність ґрунту, що використовується в зоні технічної засипки, повинна мати межу текучості $< 20 \%$ та межу пластичності $< 5 \%$.

Кутоподібну форму часточок, розмір яких перевищує 25 мм, визначають візуально. Фракція ґрунту, який розміщується в межах зони технічної засипки, розміром понад 25 мм повинна містити мінімум 35 % за вагою часточок кутоподібної форми або часточок із затупленими кутами.

Видовженість та гладкість часток, розмір яких перевищує 5 мм, визначають також візуально. Кількість гладеньких або видовжених часточок, більших 5 мм за найменшим розміром, не повинна перевищувати 25 % за вагою від ґрунту, що використовується в межах зони технічної засипки.

Не більше 10 % фракцій ґрунту в 25 мм або більше, що використовуються в межах зони технічної засипки, можуть мати стійкість до змочування меншу 95 % після одного циклу або 90 % після двох циклів.

Для технічної засипки не дозволяється використовувати гумусні органічні ґрунти, кількість яких перевищує 0,5 %, глинисті породи, глинисті вапняки, а також матеріали, що можуть замерзати.

Методи аналізу мостів типу грунт-сталь. Більшість сучасних методів проектування конструкцій для мостів типу грунт-сталь засновані радше на досвіді, ніж на прийнятній аналітичній моделі. Це пов'язано з тим, що раціональна аналітична модель є дуже складною у зв'язку з явищем взаємодії конструкції типу грунт-сталь. При цьому і грунт, і конструкція мають розгля-

датися як структурні елементи, а просто передбачити навантаження, що діють на конструкцію, неможливо.

Методи скінченних елементів (різниць) широко використовують для аналізу напружень та деформацій у системі грунт-сталь. Проте дані, отримані в результаті обчислювального аналізу, не є точнішими, ніж моделюючий процес, а достовірність моделей ґрунту і параметрів ґрунту включена у формулу.

Результати обчислень, отримані за допомогою використання прикладних обчислювальних моделей, у порівнянні з результатами випробувань, проведених на реальних об'єктах, є недостатньо точними. Тому характеристиками матеріалів для ґрунту, сталеві конструкції та контактних шарів (між різними матеріалами) повинні вважатися найбільш реальні.

Методи проектування. Як правило, основним критерієм проектування вважають стиснення кільця без побічних ефектів. Сили стиснення кільця є найбільш застосовними та важливими для конструкцій із високими покриттями. Однак, зі зростанням довжини прогону або через ґрунтове покриття, яке зменшує моменти згину, деформації та напруження стають більш значущими параметрами проектування.

Для проектування конструкції грунт-сталь (наприклад, труби, кульверти, мости) використовують три головні критерії.

Критерій відхилення – найчастіше використовують рівняння відхилення для обчислення зміни горизонтального діаметра гнучких сталевих (або пластикових) кульвертів. Вони включають величину тиску ґрунту, розподіл якого показаний на рис. 7. Припущення рівняння відхилення можна підсумувати таким чином:

- вертикальне навантаження розподіляється рівномірно по ширині конструкції;
- реакція в нижній частині дорівнює вертикальному навантаженню та розподіляється рівномірно по фундаменту конструкції;
- горизонтальний тиск розподіляється параболічно по середнім 100 градусам конструкції, а максимальний питомий тиск є результатом коефіцієнта пасивного опору та половини горизонтального відхилення конструкції.

Критерій стиснення – навантаження стиснення на стінку конструкції. Стиснення обмежується до значення, яке не спричинить пору-

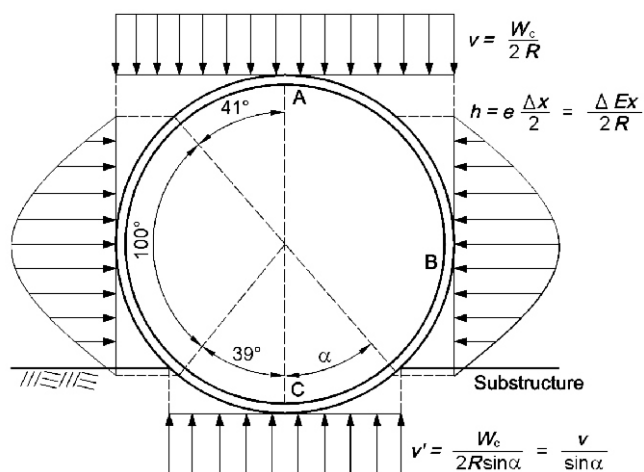


Рис. 7. Розподіл тиску в гнучкій трубі (підземна частина)

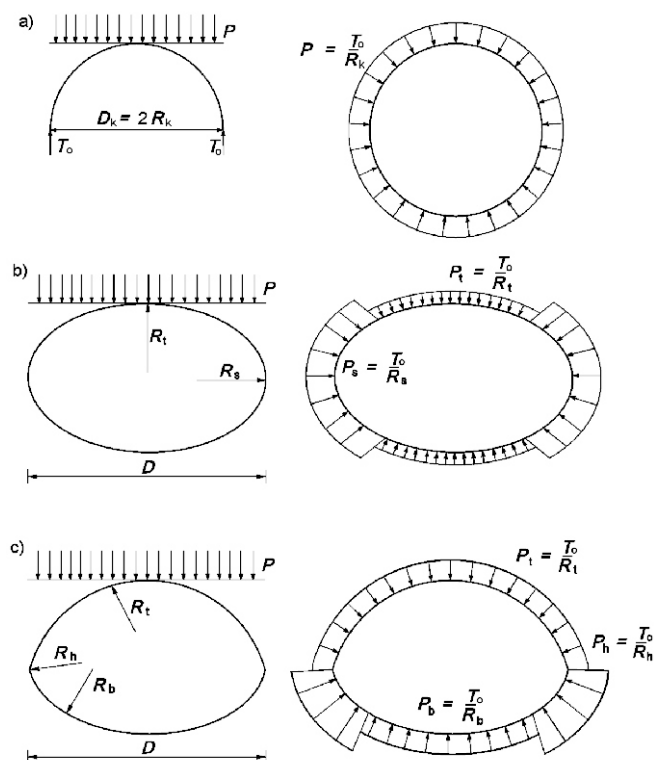


Рис. 8. Розподіл тиску ґрунту відповідно до теорії стиснення кільця для таких форм:
а – циліндрична; **б** – еліптична; **с** – арка-труба

шення шва або деформацію матеріалу стінки. Використовується теорія стиснення кільця, згідно з якою стінку конструкції необхідно проектувати так, щоб вона витримувала напруження та деформації стиснення, які виникають внаслідок гідростатичного тиску ґрунту, що за абсолютним значенням дорівнюють тиску перевантаження. Розподіл тиску ґрунту, за теорією стиснення кільця для трьох різних форм, показаний на рис. 8.

Критерій втрати стійкості – втрата стійкості в області пружних деформацій може виникати у верхньому листі або в інших місцях, де першою виникає критична комбінація сили, недостатнього моменту згину та остаточних напружень.

Числові методи. Відомі два основних підходи до числового аналізу мостів типу ґрунт-сталь. У першому ґрунтова система вважається комплектом пружин, які повинні моделювати реакцію ґрунту. За другим підходом ґрунт розглядається як континуум, а система ґрунт-сталь аналізується за методом скінченних елементів (різниць).

В останні роки метод скінченних елементів (різниць) широко використовується для вирішення багатьох геотехнічних проблем. Стінки конструкції з ґрунту та сталі замінюють дискретними елементами, що зв'язуються у вузлових точках, і ці елементи відповідають властивостям матеріалу або оригінальному континууму.

За допомогою цього методу можна враховувати такі важливі характеристики мостових конструкцій типу ґрунт-сталь, як геометрія конструкції; граничні умови для ґрунту; метод послідовного будівництва; властивості матеріалу (нелінійність, поведінка ґрунту залежно від напружень); граничні шари (або елементи) між двома різними матеріалами (наприклад, ґрунт і сталь), які потребують взаємодії між ними.

Приклади результатів розрахунків, одержаних за допомогою методу скінченних елементів, показані на рис. 9.

Експлуатаційні випробування під навантаженням. Головним завданням експериментальних досліджень є оцінка поведінки мостової конструкції типу ґрунт-сталь під відомим навантаженням для підтвердження припущень, зроблених під час аналізу міцності конструкцій у статичних умовах та під тестовим динамічним навантаженням, а також для визначення фактичного допустимого навантаження та внеску ущільнення ґрунту. Потрібно оцінювати переважно жорсткість гофрованих листів конструкції прогону, а також визначати ширину оболонки, яка взаємодіє з навантаженнями від вантажів (зокрема, поперечний розподіл навантаження між окремими частинами гофрування). Висновки, зроблені під час експлуатаційних випробувань, впливають на приймання моста в нормальну експлуатацію відповідно до національних вимог та є підставою для рекомендацій щодо його подальшого обслуговування.

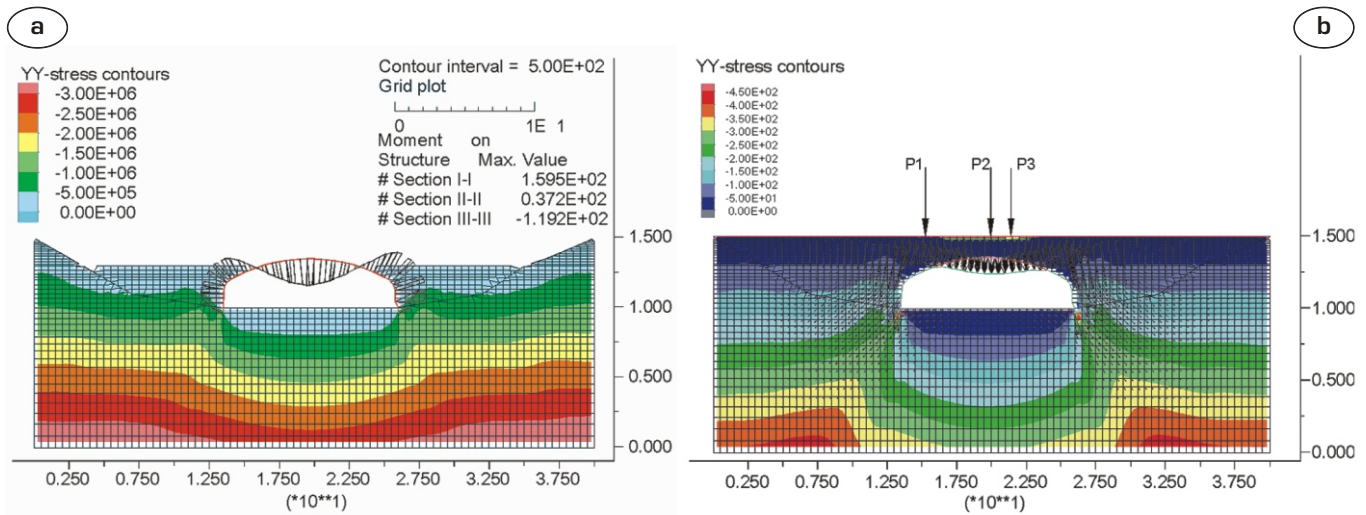


Рис. 9. Графіки максимальних результатів:

- a** – моменти скручування у сталевій оболонці, одержані під час засипання та ущільнення шарів засипки;
- b** – відхилення, одержані під статичним навантаженням

Головне припущення щодо поведінки конструкцій – це функціонування таких з'єднань між окремими гофрованими листами, які гарантують повну статичну і динамічну взаємодію. Проте виникає багато труднощів, пов'язаних із їх конструкцією, наприклад: поведінка протягом будівництва та після (статичні і динамічні навантаження), а також під час нормальної експлуатації. Для гнучких оболонкових конструкцій особливо небезпечним є бічний тиск засипки, який виникає під час ущільнення ґрунту, оскільки тонка оболонкова структура з товщиною листа в діапазоні 1,5–8,0 мм без сформованої засипки ще не має відповідної (безпечної) несучої здатності. Очікуваної несучої здатності мос-

та можна досягнути після декількох місяців нормальної експлуатації.

Тобто поведінка оболонкової конструкції, виготовленої з гофрованих сталевих листів (різна форма профілю і можливість втрати стійкості), є найголовнішою проблемою, що виникає під час будівництва конструкцій.

Зважаючи на те, що в Європі збудовано небагато мостів типу ґрунт-сталь (з відносно великою довжиною прогону), початковий (стандартний) діапазон приймальних випробувань необхідно розширити до всебічного випробування під динамічним навантаженням і навантаженням нормальної експлуатації (рис. 10).



Рис. 10. Мости типу ґрунт-сталь:

- a** – під час експлуатаційних випробувань під статичним навантаженням (Лґґитна, Польща),
- b** – під час випробувань під динамічним навантаженням (Гіман, Швеція)

Зміцнення старих мостів за допомогою сталеві оболонкової конструкції. Загальним результатом погіршення якості технічних конструкцій, що спричинене руйнівною дією природних сил (наприклад повеней), невідповідного використання або запізненого ремонту мостів, є значне зменшення їх несучої здатності.

Невеликі мости і кульверти можна модернізувати різними способами. Наприклад, використовуючи гнучкі конструкції, виготовлені з гофрованих листів із різними розмірами гофрування та різною формою оболонки в поздовжньому напрямку дороги – коробка, арка, кругла (труба та еліптична), відповідно до типу і розміру перешкод, ґрунту та гідрологічних умов. Перевагами такого рішення є незначний період (декілька днів), що необхідний для монтажу сталеві оболонки, проста конструкція, відносно мала власна маса (конструкцію можна встановлювати на м'якому ґрунті), значний термін служби (може перевищувати 80–100 років) та привабливий естетичний вигляд.

Модернізація технічних конструкцій за допомогою структур із гофрованих листів давно відома і застосовувалася майже на всіх континентах (переважно в Канаді, США і в Скандинавських країнах). Такі системи набули поширення у Польщі, де їх використовують для ремонту та зміцнення невеликих мостів і кульвертів.

Елементи оболонки поставляються у вигляді листів, які збираються на місці за одним із методів, рекомендованих виробником: «елемент за елементом» – монтаж гофрованих листів на мосту, який необхідно зміцнити, «часткове виготовлення на заводі» – частковий монтаж сталевих елементів або монтаж всієї конструкції за

межами моста. Часткове виготовлення на заводі означає, що конструкція з гофрованих листів частково монтується за межами моста, а потім встановлюється і обидві частини з'єднуються. Окремі гофровані листи з'єднуються болтами М20 (клас 8.8). Простір між наявною конструкцією моста з цегли або каменю заповнюється бетонною сумішшю (мінімальна марка В10) в розріджено-пластичному стані, яка подається пневматичними пристроями під тиском близько 0,6 МПа і розподіляється симетрично, щоб уникнути однобічної або локальної деформації сталевих листів.

Занурювані вібратори забезпечують заповнення всіх порожнин. Перед подачею бетонної суміші з боків моста встановлюються форми та зводяться тонкі цегляні стіни, щоб перешкодити виходу за межі старого моста. Заповнений простір добре вентилується через отвори в його верхній частині. Отвори також використовуються для перевірки рівня заповнення простору. Сталеві конструкції захищені від асиметричного зсуву за допомогою металевих клинів, які підтримують однакову відстань від бічних стінок старого моста. Оскільки сталеві оболонкова конструкція не точно суміщується з контуром наявного моста, зовнішній бік такого контуру покривається засипкою.

Оболонкові конструкції зі сталевих гофрованих листів можна успішно використовувати для оновлення, реконструкції, зміцнення або заміни пошкоджених чи старих невеликих кульвертів та мостів із бетону, цегли, каменю або сталі. Приклад модернізації аркового моста за допомогою конструкції зі сталевих гофрованих листів показаний на рис. 11.



Рис. 11. Автодорожній міст у м. Вишкув (Польща):

а – до модернізації; **б** – після зміцнення за допомогою оболонкової конструкції, виготовленої з гофрованих сталевих листів

Висновок. Мости типу грунт-сталь, збудовані належним чином, є життєздатними економічними заміниками традиційних сталевих та бетонних мостів (і кульвертів). Конструкції традиційних структур вважаються більш надійними, ніж конструкції типу грунт-сталь, про що свідчить велика різниця в кількості збудованих конструкцій двох типів.


Використання методу скінченних елементів (різниць) для оцінки взаємодії між засипкою та сталеву оболонковою конструкцією з гофрованих листів залежить від створення відповідної обчислювальної моделі системи. Всі характерні компоненти, що застосовуються в мостах такого типу, а також їх взаємодія враховувалися в обчислювальній моделі шляхом застосування граничних елементів.

Поведінка гнучкої конструкції значною мірою залежить від її взаємодії з навколишнім ґрунтом засипки, який обмежує тенденцію боків конструкції до вигинання назовні, і значної

несучої здатності в порівнянні з конструкціями, що встановлені окремо. Цей аспект їх поведінки робить використання аналізу взаємодії ґрунту та конструкції з моделюванням поведінки як ґрунту засипки, так і сталеві оболонкової конструкції дуже важливим для забезпечення реалістичної основи проектування. Перевагою сталевих гнучких мостових конструкцій, виготовлених зі сталевих гофрованих листів, є можливість використання їх взаємодії з оточуючим ґрунтом.

Такі мости є дуже привабливим рішенням у разі, якщо необхідно провести під шосе або залізничною колією русло ріки чи дорогу, або якщо будівництво (або зміцнення старої конструкції) необхідно здійснити за короткий період.

Крім цього, мостові конструкції з гофрованих листів піддаються остаточній обробці, що дозволяє значно покращити їх естетичний вигляд.

Надійшла 18.04.2008 р. 

Книжковий огляд

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Книга, вышедшая в издательстве Хорвуд Паблишерс (Чичестер, Великобритания), содержит результаты научных исследований, опубликованных авторами, начиная с 2003 года, в различных научных журналах и сборниках трудов международных конференций. Это результат систематической научной работы в области применения разработанной авторами системы оптимизации конструкций к различным конструктивным моделям.

Инженерное сооружение должно быть надежным, технологичным в изготовлении и экономичным. В оптимальной системе проектирования надежность и производственная технологичность гарантируются за счет выполнения требований к проектированию и изготовлению, а экономичность достигается путем минимизации затратных составляющих. Для данной системы стоимостный анализ следует выполнять главным образом в отношении сварных конструкций, а современные математические методы применять для минимизации функций с ограничением.

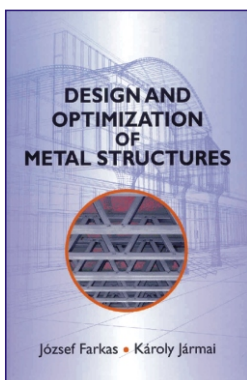
Изложены общие сведения о математических методах, расчетах стоимости, нормах и правилах проектирования, установленных в Европейских стандартах относительно сейсмичности и огнестойкости. Рассмотрены оптимальные схемы элементов большепролетных подвесных кровель, каркасов, трубчатых ферм, ребер жесткости и цилиндрических оболочек.

Описан ряд специальных конструктивных моделей, а именно: ячеистые плиты, башни с ветродвигателями, усиленные цилиндрические оболочки стационарных морских платформ, а также коробчатые колонны квадратного сечения, сконструированные из ячеистых листов.

Представлена сейсмостойкая и огнестойкая модель двух различных типов каркасов, рассмотрена проблема экономии при выполнении усиления сварных цилиндрических оболочек. Сравнительный анализ стоимости применен с целью принятия решения какой из вариантов конструкции является более экономичным: с толстой стенкой без элементов жесткости или с тонкой стенкой и с элементами жесткости.

Книга рассчитана на проектировщиков, исследователей, изготовителей металлоконструкций и студентов.

Обширный список ссылочных материалов поможет получить новейшую информацию.



Фаркаш Й, Ярмай К.: Проектирование и оптимизация металлических конструкций,
Хорвуд Паблишерс, Чичестер, Великобритания, 2008. 328 стр.
ISBN: 978-1-904275-29-9

<http://www.horwoodpublishing.net>

УДК 539.3 : 622.24

БИФУРКАЦИОННОЕ ВЫПУЧИВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛОНН СВЕРХГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

Предложена математическая модель критического квазистатического равновесия колонн глубокого бурения, которые содержат дополнительные центрирующие устройства в нижней части. Показано, что система дифференциальных уравнений, которая их описывает, является «жесткой». Ее решение осуществляется с помощью метода декомпозиции. Рассмотрены примеры для колонн разных длин, найдены критические значения угловых скоростей вращения, построены формы потери устойчивости.

A mathematical model is proposed for the critical quasi-static states of equilibrium of rotating drill columns with additional centering devices in their lower parts. It is shown, that the constitutive differential equations are «rigid». Their solutions are realized through the use of the decomposition method. The examples are considered for the different length columns, the critical values of angular velocities are found, the modes of stability loss are constructed.

Ключевые слова: бурильные колонны, глубокое бурение, критические состояния.

В настоящее время источниками получения энергии [1] является нефть (44 %), природный газ (26 %), уголь (25 %), энергия гидроэлектростанций (2,4%), атомная энергия (2,4 %), энергия ветра, Солнца и др. (0,2 %).

Потребители при выборе вида энергоносителя руководствуются следующими основными факторами: теплотворная способность топлива и энергетического сырья; сложность добычи и транспортировки; условия извлечения энергии и ее использования; отсутствие вредного влияния на здоровье персонала; наличие отходов, загрязняющих окружающую среду.

Отсюда следует, что наиболее привлекательными энергетическими источниками в ближайшие десятилетия по-прежнему остаются нефть и газ. Интенсивное потребление этих топлив делает видимой перспективу их быстрого исчерпания. Так, по данным Департамента энергии США [3], разведанные мировые запасы нефти составляют 10^{12} баррелей, природного газа – $150 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$, угля – 10^{12} т , урановой руды – $3 \cdot 10^6 \text{ т}$. При годовых темпах их потребления, составляющих соответственно 3 %, 1,6 %, 0,5 % и 2 %, запасов нефти хватит на 35 лет, газа – на 60 лет, угля – на 200 лет, урановой руды – на 50 лет. Следует отметить, что эти сроки постоянно сдвигаются в сторону увеличения по мере открытия новых месторождений.

В результате продолжительной и нерациональной добычи и потребления подземных энергетических ресурсов с помощью дешевых технологий, не требующих больших капиталовложений, легкодоступные бассейны углеводородных топлив исчерпываются [2]. Перспективными становятся залежи, располагающиеся на глубинах порядка до 10 тыс. м. В Украине значительные запасы нефти и газа обнаружены в бас-



В.И. Гуляев
заведующий кафедрой
высшей математики Национального
транспортного университета,
заслуженный деятель науки и техники
Украины, д.т.н., профессор



В.В. Гайдайчук
заведующий кафедрой теоретической
механики Киевского национального
университета строительства
и архитектуры, д.т.н., профессор



И.В. Горбунович
ассистент кафедры
высшей математики Национального
транспортного университета

сейнах Черного и Азовского морей на глубине 7 км и ниже.

При добыче топлива с больших глубин эффективность бурения вертикальных скважин роторным способом тесно связана с выявлением критических режимов функционирования бурильных колонн (БК) и снижением их отрицательного влияния на технологический процесс. К таким явлениям относятся потеря устойчивости БК в нижней ее части по типу сжато-изогнутого закрученного стержня; возбуждение продольных колебаний БК под действием различных возмущений технологического характера; возбуждение резонансных изгибных колебаний БК, обусловленных геометрическими несовершенствами и дисбалансом всей сис-

темы и отдельных ее частей; параметрическое самовозбуждение крутильных колебаний БК, вызванных нелинейными силами трения срывного взаимодействия между режущим инструментом и обрабатываемой породой, что приводит к аварийным ситуациям, сопровождающимся обрывом трубы БК, прихваткой режущего инструмента в зоне резания породы и затиранием участков БК в породе, развинчиванием труб БК, отклонением оси скважины от вертикали и ее незапланированным искривлением, а также потерей устойчивости стенок скважины и их обрушением.

Для прогнозирования и предупреждения указанных аварий необходимо выполнять теоретическое (компьютерное) моделирование статике и динамики БК на различных глубинах их функционирования. Однако реализация такого моделирования связана со значительными математическими и техническими трудностями, обусловленными: неравномерностью преднапряжения БК силами тяжести и реакцией взаимодействия долота и разрушаемой породы; наличием крутящего момента; необходимостью учета центробежных и гироскопических сил инерции вращения БК и инерции движения внутренних потоков промывочной жидкости; необходимостью использования интегрированных расчетных схем [4] совместной работы тела колонны и дополнительных центрирующих устройств конструкции низа буровой колонны (КНБК) и изучения механики БК на весьма больших длинах (до 10 км).

В научной литературе отсутствуют универсальные методики решения подобных задач, рассматриваются только частные вопросы расчета КНБК отдельно от всей конструкции БК или анализ закритических состояний конструкции БК по заданным формам регулярных спиралей при самых упрощенных схемах их нагрузки без учета вращательного движения [4–9].

Авторами разработаны теоретические основы, созданы математические модели и программное обеспечение для теоретического анализа по интегрированной расчетной схеме статических и динамических состояний буровых колонн длиной порядка 10 тыс. м [10–12].

Уравнения критического равновесия вращающейся буровой колонны. Бифуркационное выпучивание вращающейся БК описывается уравнениями ее нейтрального равновесия в воз-

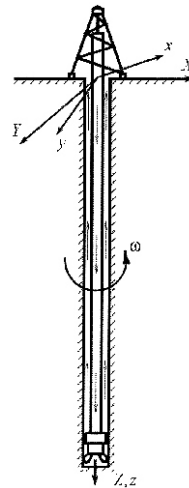


Рис. 1. Схema буровой колонны

мущенном состоянии, составленными с учетом наличия внутренних продольных сил, крутящего момента, сил инерции от вращения и движения внутреннего потока жидкости.

Введем инерциальную систему координат $OXYZ$ с началом в точке подвеса БК, ось OZ совместим с осевой линией колонны (рис. 1). В нижней части БК на расстоянии l_i установлены центрирующие устройства, играющие роль дополнительных опор. Будем считать, что БК вращается с постоянной угловой скоростью

против хода часовой стрелки, если смотреть с конца оси OZ . Согласно теории устойчивости вращающихся валов [13] свяжем с БК вращающуюся систему координат $Oxyz$ с ортами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$, ось Oz которой совпадает с осью OZ , и потерю устойчивости БК будем изучать в этой системе.

Упругое деформирование колонны определяется с помощью функций упругих перемещений $u(z), v(z)$ в плоскостях xOz и yOz соответственно. Для его описания используются уравнения упругого изгиба БК в виде

$$\frac{d^2 M_y}{dz^2} - q_x, \quad \frac{d^2 M_x}{dz^2} - q_y, \quad (1)$$

где M_x, M_y – внутренние изгибающие моменты в рассматриваемом сечении трубы колонны, действующие относительно осей, проходящих через центр сечения параллельно осям Ox, Oy ; q_x, q_y – интенсивности распределения внешних нагрузок, направленных параллельно соответствующим осям.

Примем, что БК преднапряжена продольной силой T , обусловленной силами тяжести трубы БК, долота и утяжелителей, и заданным крутящим моментом M_z . С учетом их действия изгибающие моменты в БК определяются равенствами [13, 14]

$$\begin{aligned} M_x &= EI \frac{d^2 v}{dz^2} - Tv - M_z \frac{dv}{dz}, \\ M_y &= EI \frac{d^2 u}{dz^2} - Tu - M_z \frac{du}{dz}. \end{aligned} \quad (2)$$

В правых частях этих равенств первые слагаемые обусловлены изгибным деформированием БК, вторые слагаемые связаны с эксцентриситетом продольной силы T , третьи – характеризуют добавки к изгибающим моментам, вызванные проектированием крутящего момента M_z на оси Ox , Oy при искривлении осевой линии трубы БК.

Составляющие нагрузок q_x и q_y вызываются действием центробежных сил инерции вращающейся БК с потоком жидкости при ее выпучивании [13, 14]

$$q_x^{(1)} = (\rho_1 F_1 - \rho_2 F_2) \omega^2 u, \quad q_y^{(1)} = (\rho_1 F_1 - \rho_2 F_2) \omega^2 v \quad (3)$$

и действием центробежных сил инерции внутреннего потока жидкости при ее движении вдоль искривленной трубы [15]

$$q_x^{(2)} = V^2 \rho_2 F_2 \frac{d^2 u}{dz^2}, \quad q_y^{(2)} = V^2 \rho_2 F_2 \frac{d^2 v}{dz^2}, \quad (4)$$

где ρ_1, ρ_2 – плотности материала трубы БК и жидкости соответственно; F_1, F_2 – площади поперечного сечения трубы и ее внутреннего круга соответственно; ω – угловая скорость вращения трубы; V – скорость движения потока промывочной жидкости.

Подставив (2)–(4) в (1), получим уравнения критического равновесия вращающейся БК с внутренним потоком промывочной жидкости, преднапряженной продольной силой T и крутящим моментом M_z ,

$$\begin{aligned} EI \frac{d^4 u}{dz^4} - \frac{d}{dz} T \frac{du}{dz} - \frac{d^2}{dz^2} M_z \frac{dv}{dz} - (\rho_1 F_1 - \rho_2 F_2) \omega^2 u - V^2 \rho_2 F_2 \frac{d^2 u}{dz^2} = 0, \\ EI \frac{d^4 v}{dz^4} - \frac{d}{dz} T \frac{dv}{dz} - \frac{d^2}{dz^2} M_z \frac{du}{dz} - (\rho_1 F_1 - \rho_2 F_2) \omega^2 v - V^2 \rho_2 F_2 \frac{d^2 v}{dz^2} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

При интегрировании этих уравнений на концах $z = 0, z = L$ используются краевые условия шарнирного опирания

$$\begin{aligned} u(0) = v(0) = 0, \quad u(L) = v(L) = 0, \\ \frac{d^2 u}{dz^2} \Big|_{z=0} = \frac{d^2 v}{dz^2} \Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{d^2 u}{dz^2} \Big|_{z=L} = \frac{d^2 v}{dz^2} \Big|_{z=L} = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Совокупность значений параметров T, M_z, ω, V, L , при которых однородная система (5), (6) имеет нетривиальные решения, являются би-

фуркационными. Они определяют критические квазистатические состояния прямолинейной формы БК. Чтобы найти эти состояния, ставится задача Штурма-Лиувилля.

Постановка задачи о собственных значениях и методика ее решения. Приведем систему (5) двух уравнений четвертого порядка к системе восьми уравнений первого порядка

$$\frac{d\vec{y}}{dz} = Q_1 \vec{y} - T(z) Q_2 \vec{y} - \frac{dT(z)}{dz} Q_3 \vec{y} - M_z Q_4 \vec{y} - V^2 Q_5 \vec{y} - V^2 Q_6 \vec{y}. \quad (7)$$

Здесь $\vec{y}(z)$ – восьмимерная искомая вектор-функция с компонентами $y_1 = u, y_2 = \frac{du}{dz},$

$$y_3 = \frac{d^2 u}{dz^2}, \quad y_4 = \frac{d^3 u}{dz^3}, \quad y_5 = v, \dots, y_8 = \frac{d^3 v}{dz^3};$$

Q_1, \dots, Q_6 – постоянные матрицы коэффициентов размера 8×8 .

Вектор-функция $\vec{y}(z)$ должна удовлетворять граничные условия (6), которые можно представить в виде

$$A_1 \vec{y}(0) = 0, \quad A_2 \vec{y}(L) = 0, \quad (8)$$

где A_1, A_2 – постоянные матрицы размера 4×8 .

Если бурильная колонна имеет дополнительные центрирующие устройства, то к условиям (8) добавляются условия равенства нулю прогибов в соответствующих сечениях.

Общее решение системы (7) при заданных $T(z), M_z, \omega, V$ представляется в форме Коши

$$\vec{y}(z) = Y(z) \vec{C}, \quad (9)$$

где $Y(z)$ – матрица Коши размера 8×8 решений системы (7) с начальными условиями $Y(0) = E$, E – единичная матрица; \vec{C} – искомый постоянный восьмимерный вектор.

При использовании такого подхода при заданных $T(z), M_z, \omega$ и V путем интегрирования системы (7) методом Эверхарта строится матрица $Y(z)$ на отрезке $0 \leq z \leq L$. Затем путем подстановки сформированного с ее помощью решения (9) в условия (8) строится однородная система линейных алгебраических уравнений

$$D \vec{C} = 0. \quad (10)$$

Состояния, в которых матрица D вырождается, являются критическими, поскольку в них система (7), (9) имеет как тривиальное, так и нетривиальные решения. Для определения нетривиального решения, определяющего форму по-

тери устойчивости БК, одна из компонент вектора S задается произвольно, а семь других вычисляются из соответствующим образом усеченной системы (10). В математической физике поставленная краевая задача носит название задачи на собственные значения или задачи Штурма-Лиувилля.

Одна из трудностей реализации описанного алгоритма заключается в вычислении матрицы $Y(z)$ на больших отрезках длины L колонны в связи с тем, что среди ее элементов встречаются быстро возрастающие функции и точность численного интегрирования системы (7) обычными численными методами оказывается недостаточной. Она обеспечивалась путем применения высокоточного численного метода Эверхарта совместно с операцией ортогонализации [15].

Бифуркационные спиральные вейвлеты в задачах устойчивости БК. Для проверки точности конструируемых решений и сходимости вычислений были решены задачи, имеющие аналитические решения при некоторых частных значениях функции $T(z)$ и параметров M_z, ν, V . В наиболее простом случае, когда шарнирно опертый стержень растянут приложенными на концах силами $T = const$ и закручен моментом $M_z = const$, в работах [13, 14] найдено соотношение между критическими значениями T и M_z

$$M_z = 2\sqrt{EI} \sqrt{2EI/L^2 T} \quad (11)$$

К сожалению, решение (11) не позволяет построить форму потери устойчивости стержня. В то же время формы выпучивания протяженных закрученных стержней обладают характерной особенностью: спиральной структурой деформированной упругой линии. Более того, ее геометрия выпученного стержня представляет собой суперпозицию спиральных витков переменного диаметра и весьма коротких вэйвлетов малой амплитуды. Можно заключить, что установленный эффект представляет собой существенный практический интерес, несмотря на то, что реальные БК преднапряжены постоянной продольной силой $T(z)$, изменяющейся по линейному закону.

В табл. 1 представлены подсчитанные по предложенной методике и по формуле (11) значения периодического крутящего момента $M_{z,кр}$ для стержня с геометрическими и механическими параметрами: длина $L = 1500$ м, наружный радиус трубы $r_1 = 0,1775$ м, внутренний – $r_2 = 0,1635$ м, модуль упругости материала $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, плотность $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Можно видеть, что числовые результаты, полученные по двум различным методикам, полностью совпали. Величины $M_{z,кр}$ найдены при различных значениях T , выраженных через силу тяжести всего трубчатого стержня $G = 9,81 (r_1^2 - r_2^2) L$. Они существенно возрастают с увеличением T .

Соответствующие формы потери устойчивости стержня показаны на рис. 2 в порядке их расположения в табл. 1. Все они имеют спиральную форму, при этом диаметры витков спиралей увеличиваются к середине стержня, а число витков растет с увеличением T . Характерно также то, что на основную спираль накладываются вэйвлеты малых диаметров и длин, существенно усложняющие геометрию системы. На начальной стадии исследований этот эффект считали вычислительной погрешностью, однако последующие расчеты с более высокой точностью подтвердили его достоверность.

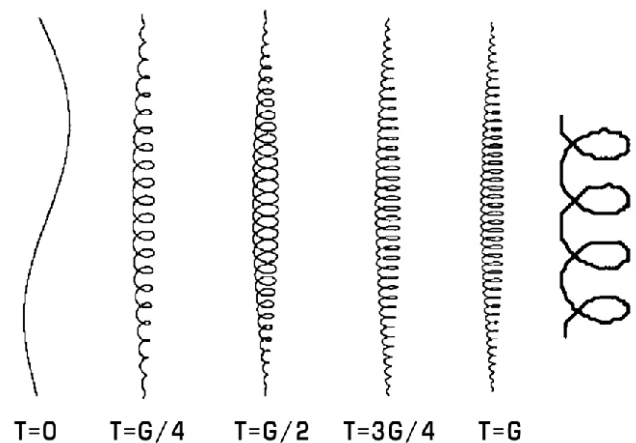


Рис. 2. Формы потери устойчивости закрученного стержня длиной 1500 м

Таблица 1

T		0	$G/4$	$G/2$	$3G/4$	G
$M_{z,кр}$, Н·м	Численные результаты	192 084	8 886 810	12 566 400	15 390 010	17 770 508
	По формуле (11)	192 084	8 886 810	12 566 400	15 390 010	17 770 508

С увеличением длины стержня чувствительность его численно конструируемой формы потери устойчивости к неточностям вычислений $M_{z,кр}$ быстро возрастает. Так, например, для стержня длиной $L = 4000$ м при $T = G/8$ формула (11) дает $M_{z,кр} = 10259460,804$ Н·м. Если при применении предложенной численной методики достаточная сходимость счета не достигнута и найденное значение критического момента составило $M_{z,кр} = 10271626,7$ Н·м, то построенная бифуркационная форма приобретает вид, представленный на рис. 3,а. Однако уточнение $M_{z,кр}$ до значения $M_{z,кр} = 10259461,60$ Н·м позволило уточнить и бифуркационную форму (рис. 3,б).

Для стержня длиной $L = 7000$ м при $T = G/8$ точное значение $M_{z,кр} = 13571718,840$ Н·м. Если ее численное значение ограничить величиной $M_{z,кр} = 13802610,9$ Н·м, то соответствующая бифуркационная форма примет слабо упорядоченную спиральную кривую (рис. 4,а). Доведение момента до величины $M_{z,кр} = 13571719,0$ Н·м привело к более структурированной геометрии упругой линии (рис. 4, б).

Приведенные числовые результаты позволяют сделать вывод о высокой геометрической сложности бифуркационных форм БК и об их чувствительности к точности вычислений. Во всех случаях БК выпучивает по пространственной спиральной кривой, число витков которой возрастает с увеличением продольной силы T и длины L .

Результаты численного моделирования многоопорной БК. Сформулированная задача на собственные значения (5), (6) является многопараметрической, поскольку ее решения зависят от длины L , числа и мест установки центрирующих устройств, величины продольной силы T и характера ее изменения по длине, величины крутящего момента M_z , значения скорости промывочной жидкости V и угловой скорости ω . Поскольку полный анализ этой задачи не представляется возможным, на примере БК длиной $L = 2$ км с пятью центрирующими устройствами

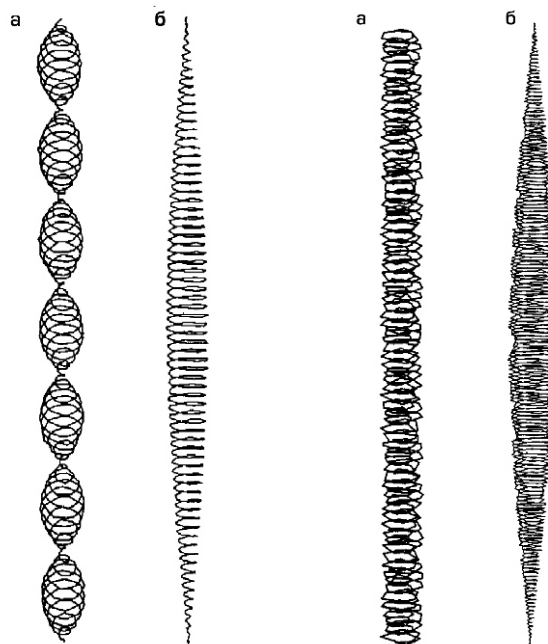


Рис. 3. Формы потери устойчивости закрученного стержня длиной 4000 м

Рис. 4. Формы потери устойчивости закрученного стержня длиной 7000 м

в нижней части рассмотрено влияние на устойчивость системы только наиболее важных факторов. К ним отнесены значение R реакции силового взаимодействия БК и дна скважины и величина крутящего момента M_z . Выбранные значения этих величин представлены в табл. 2.

Принято, что БК подвешена на верхнем конце $z = 0$, а на нижнем конце $z = L$ на нее действует направленная вертикально вверх сила R контактного взаимодействия долота и породы. С учетом этого БК оказывается преднатяженной внешней вертикальной нагрузкой $q_z = g(1 - \mu)F_1$ и сила $T(z)$ определяется равенством $T(z) = 9,81(1 - \mu)F_1(L - z) + R$. Из этого равенства следует, что на нижнем конце БК сжата силой R , и по мере удаления от этого края осевая сила $T(z)$ падает по модулю от $|T(z)| = |R|$ до $T(z) = 0$ при $z = R/[9,81(1 - \mu)F_1]$. Затем сила $T(z)$ становится растягивающей и принимает наибольшее значение $T(0) = 9,81(1 - \mu)F_1L + R$ в точке подвеса БК $z = 0$.

Таблица 2

Позиция	а	б	в	г	д	е
Реакция R , Н	0	0	0	0	$G/100$	$G/50$
Крутящий момент M_z , Н·м	0	$0,5 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$0,5 \cdot 10^7$	$0,5 \cdot 10^7$
Критическая угловая скорость $\omega_{кр}$, рад/с	0,13452	0,12897	0,14655	0,13165	0,10826	0,13269

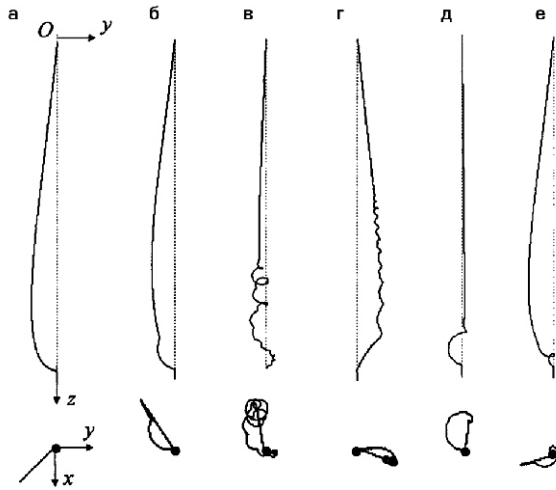


Рис. 5. Формы выпучивания вращающейся бурильной колонны с пятью центрирующими устройствами в нижней части ($L = 2000$ м)

Сила тяжести рассматриваемой БК оказалась равной $G_2 = 9,81 \cdot (l_1 + l_2) \cdot F_1 \cdot L = 2296183$ Н. Поскольку при выбранных граничных условиях в своей нижней точке БК не испытывает осевых усилий (табл. 2, а–г) или преднапряжена сжимающей силой $T(L) = R$ (табл. 2, д, е), она имеет пониженную изгибную жесткость в этой зоне и, как показали предварительные расчеты, именно в ней происходит бифуркационное выпучивание БК. Для повышения ее жесткости в указанной зоне в точках $z_1 = L - l_1, z_2 = L - (l_1 + l_2), z_3 = L - (l_1 + l_2 + l_3), z_4 = L - (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)$ и $z_5 = L - (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5)$,

где $l_1 = l_2 = 9$ м, $l_3 = 13,5$ м, $l_4 = l_5 = 18$ м, введены дополнительные опоры и использованы условия шарнирного опирания.

На рис. 5 показаны формы потери устойчивости БК в двух проекциях в порядке их следования в табл. 2. Выпучивание вращающейся БК в условиях отсутствия крутящего момента M_z и реакции R происходит по плоской форме, причем в зоне установки центраторов длиной $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = l_5 = 67,5$ м прогибы $u(z), v(z)$ практически равны нулю, и при выходе из этой зоны они резко возрастают. При приближении к верхней части БК, характеризуемой большими значениями силы $T(z)$, прогибы заметно уменьшаются.

Если вращающуюся БК дополнительно преднапрячь крутящим моментом M_z (рис. 5, б–г), то форма потери устойчивости становится пространственной и более сложной, причем ее наибольшее усложнение происходит в нижней части.

В процессе компьютерного моделирования с целью проверки сходимости вычислений при построении матрицы Коши $Y(z)$ методом Эверхарта шаг интегрирования выбирался равным $z = L/80000$ и $z = L/160000$, число точек ортогонализации доводилось до 40 и 80. Поскольку результаты счета при этих значениях расчетных параметров совпали с высокой точностью, численные исследования проводились при значении $z = L/80000$ с выбором 40 точек ортогонализации.

- [1] Jeffrey Chow, Raymond J. Kopp, Paul R. Portney. Energy resources and global development // Science, 28 Nov. 2003, Vol. 302. – pp. 1528–1531.
- [2] International Energy Annual 2001 Edition (EIA, U.S. Department of Energy, Washington, DC, 2003). – pp. 23–29.
- [3] Tucker, W.R. and Wang, C. An integrated model for drill-string dynamics // Journal of Sound and Vibrations, 1999, 224 (1). – pp. 123–165.
- [4] Kwon, Young W. Analysis of helical buckling // SPE Drilling Engineering, 1988, June. – pp. 211–216.
- [5] Lubinski A. Developments in Petroleum Engineering // USA: Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1987, Vol. 1. – p. 438.
- [6] Robert F. Mitchell. The twist and shear of helically buckled pipe // SPE Drilling & Completion, 2004, 19(1). – pp. 20–28.
- [7] Robert F. Mitchell, Stefan Miska. Helical buckling of pipe with connectors and torque // SPE Drilling & Completion, 2006, Vol. 21, № 2. – pp. 108–115.
- [8] Tan X.C. and Digby P.J. Buckling of drill string under the action of gravity and axial thrust // International Journal of Solids and Structures, 1993, 30 (19). – pp. 2675–2691.
- [9] Гуляев В.И., Гайдайчук В.В., Худолий С.Н., Гловач Л.В. Компьютерное моделирование статических состояний бурильных колонн в наклонно-направленных скважинах с геометрическими несовершенствами // Нефтегазопромисловый инжиниринг, М., 2006, № 4, С. 26–29.
- [10] Гуляев В.И., Гайдайчук В.В., Соловьев И.Л., Горбунович И.В. Квазистатические и динамические критические состояния колонн глубокого бурения // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. М.: – 2006. – № 10. – С. 25–32.
- [11] Гуляев В.И., Луговой П.З., Гайдайчук В.В., Соловьев И.Л., Горбунович И.В. Анализ влияния длины вращающейся бурильной колонны на устойчивость ее квазистатического равновесия // Прикладная механика. 2007, № 9. – С. 83–92.
- [12] Циглер Г. Основы теории устойчивости конструкций // М., Мир, 1971. – 192 с.
Hans Ziegler. Principles of Structural Stability // Waltham-Massachusetts-Toronto-London, Blaisdell Publishing Company, 1968. – P. 204.
- [13] Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов // М., Наука, 1967. – 237 с.
- [14] Гуляев В.И., Гайдайчук В.В., Кошкин В.Л. Упругое деформирование, устойчивость и колебания гибких криволинейных стержней // Киев, Наукова думка, 1992. – 344 с.

Надійшла 08.05.2008 р.

УДК 624.04

СМЕШАННЫЙ МЕТОД ДЛЯ РАСЧЕТА ВАНТОВЫХ СИСТЕМ НА СТАДИИ МОНТАЖА

Статья посвящена расчету вантовых систем, в которых ванты не обязательно соединены в узлах и могут перемещаться одна относительно другой, проскальзывая или перекатываясь через блоки и полиспасты.

The paper deals with calculation of cable systems, where cables are not connected in nodes in obligatory order, they can be moved relatively each other by slipping or rolling through blocks and compound pulleys.

Ключевые слова: вантовая система, проскальзывание, смешанный метод, нелинейные уравнения.

Во многих задачах расчета и проектирования вантовых систем возникает необходимость рассматривать нелинейно-упругие системы, в которых ванты не соединены в местах пересечения и могут проскальзывать одна относительно другой. Такая ситуация наблюдается в период монтажа вантовых систем или в системах, где ванты пропущены через блоки.

Системы подобного типа рассмотрены в работах [2–5]. В основу их расчета был положен метод перемещений, где в качестве основной выбирается система с вантами, неподвижно закрепленными в каждом узле. Если рассчитывается система, в которой ванты в большинстве узлов проскальзывают, приходится составлять, а впоследствии и решать совместную систему нелинейных уравнений, которые превращают непроскальзывающие ванты в проскальзывающие. Число таких уравнений оказывается большим, возникают трудности с выбором начального приближения, итерационный процесс медленно сходится. Более рационально выбрать в качестве основной систему, близкую к реальной, в которой ванты свободно проскальзывают в узлах. Тогда уравнения придется составлять только для узлов, в которых ванты жестко соединены между собой, в результате чего задача существенно упрощается [6].

В качестве основных неизвестных предлагаемого метода выступают перемещения узлов системы и силы, препятствующие проскальзыванию вант.

Расчетная схема. Рассмотрим систему, в которой присутствуют ванты, проскальзывающие одна по другой без трения. С целью конкретизации метрики системы будем полагать, что в месте соприкосновения вант имеется воображаемая узловaя вставка с проушинами, сквозь которые пропущены ванты (рис. 1). Положение вставки в пространстве характеризуется тремя координатами



М.А. Шимановская

с.н.с. научно-исследовательского отдела новых типов конструкций ОАО «УкрНИИПроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского», к.т.н.

натами в произвольно выбранной декартовой системе. Число проушин в узловaй вставке равно числу перекрещивающихся вант. Будем полагать, что размеры вставок пренебрежимо малы по сравнению с размерами элементов системы, поэтому вставку будем считать объектом исчезающе малых размеров.

Представим, что каждая ванта в недеформированном состоянии размечена в единицах длины, как мерная лента. Узловaя вставка, перемещаясь вдоль ванты, занимает на ней определенное положение. Деление на ванте, соответствующее этому положению, назовем вантовой координатой вставки, которая имеет столько вантовых координат, сколько вант сквозь нее проходит.

Пусть система состоит из m узловых вставок и n вант, пронумерованных в произвольном порядке натуральными числами $1, \dots, m; 1, \dots, n$. Для пространственных координат узловых вставок вводится двухиндексная нумерация.

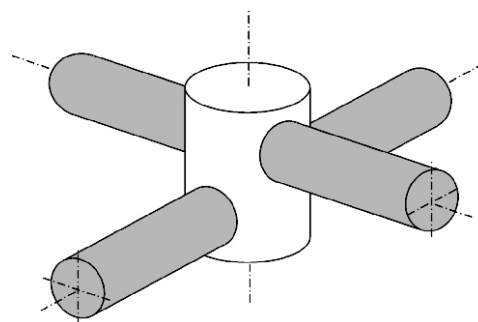


Рис. 1. Узловaя вставка

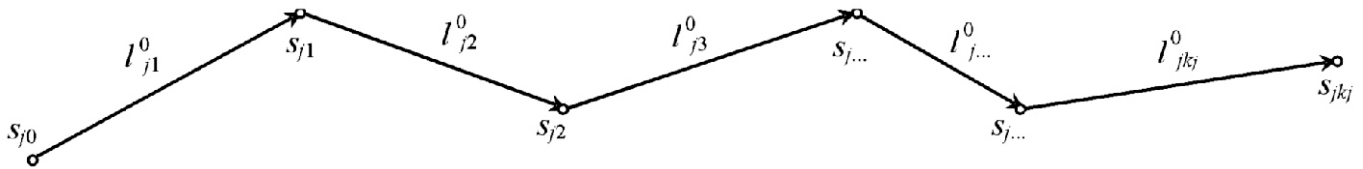


Рис. 2. Принцип нумерации проушин и участков вант

Обозначим эти координаты x_{ir} , ($i = 1, \dots, m$; $r = 1, 2, 3$), где i – номер узловой вставки, r – номер координаты в декартовой системе x_1, x_2, x_3 . Для вантовых координат вводится также двухиндексная нумерация. Эти координаты обозначим s_{jp} ($j = 1, \dots, n$; $p = 0, \dots, k_j$), где j – номер ванты (рис. 2). Для уяснения смысла младшего индекса вантовых координат надо иметь в виду следующее.

В расчетной схеме каждая ванта последовательно пропущена сквозь проушины узловых вставок. Рассмотрим ванту с номером j и пронумеруем проушины узловых вставок, сквозь которые пропущена эта ванта, целыми числами $0, \dots, k_j$. Нумерация проушин выполняется последовательно в направлении возрастания вантовой координаты. Индекс p в обозначении вантовой координаты s_{jp} – это и есть номер проушины. Будем считать, что k_j – максимальный номер проушины для ванты с номером j .

Каждая ванта разбита проушинами узловых вставок на участки. Введем двухиндексную нумерацию этих участков $j = 1, \dots, n$; $p = 1, \dots, k_j$ в порядке возрастания вантовой координаты, как показано на рис. 2. Ограничимся рассмотрением систем, в которых все ванты в достаточной мере натянуты, и каждый участок ванты можно считать прямолинейным. В силу этого каждый участок ванты будем рассматривать как вектор, имеющий длину участка ванты и направленный в сторону возрастания вантовой координаты. Учитывая то, что ванты деформируются, следует различать длину участка в деформированном и недеформированном состояниях. Длину каждого участка в недеформированном состоянии можно вычислить по формуле

$$l_{jp}^0 = s_{jp} - s_{jp-1} \quad (j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j). \quad (1)$$

Понятно, что длина каждого из участков должна быть неотрицательной:

$$l_{jp}^0 \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j). \quad (2)$$

Для установления соответствия между номером проушины и номером вставки с этой проушиной вводится целочисленная функция

N_{jp} (номер вставки, в которой имеется проушина с номером p для пропуска ванты с номером j). Заметим, что одна и та же ванта может проходить сквозь проушины одной и той же вставки несколько раз, например, в случае моделирования полиспафта.

На систему могут быть наложены связи. Ограничимся рассмотрением связей, каждая из которых устраняет одну из степеней свободы. Связи, наложенные на пространственные координаты узловых вставок, закрепляют вставки в пространстве, а наложенные на вантовые координаты – предотвращают проскальзывание ванты в соответствующей проушине.

Уравнения связей можно записать следующим образом:

$$x_{ir} - x_{ir}^c \quad (ir \in CX); \quad (3)$$

$$s_{jp} - s_{jp}^c \quad (jp \in CS), \quad (4)$$

где CX – множество пар индексов, определяющих закрепленные связями пространственные координаты узловых вставок; CS – множество пар индексов, определяющих закрепленные связями вантовые координаты узловых вставок; x_{ir}^c и s_{jp}^c – заданные константы.

На вантовую систему действуют нагрузки, приложенные к узловым вставкам (узловые нагрузки), нагрузки от собственного веса вант и температурные воздействия. Кроме этого, могут быть приложены нагрузки, которые стремятся протолкнуть ванту сквозь ушко узловой вставки.

Проекции векторов узловых нагрузок на координатные оси обозначим P_{ir} ($i = 1, \dots, m$; $r = 1, 2, 3$), где i – номер узловой вставки, r – номер координатной оси.

Погонный вес вант в недеформированном и ненагретом состоянии обозначим q_j ($j = 1, \dots, n$), где j – номер ванты. Направление нагрузки от собственного веса вант характеризуется проекциями на координатные оси соответствующим образом направленного единичного вектора. Эти проекции обозначим b_r ($r = 1, 2, 3$).

Температурное воздействие представлено приращениями температуры вант t_j ($j = 1, \dots, n$) по отношению к их ненагретому состоянию, где j – номер ванты. Ненагретое – это то состояние, в котором производится воображаемая разметка ванты как мерной ленты.

Нагрузки, которые стремятся протолкнуть ванту сквозь ушко узловой вставки, обозначим p_{jp} , где j – номер ванты, а p – номер проушины. Единица измерения этой нагрузки энергетически связана с перемещением, соответствующим проталкиванию единицы длины недеформированной ванты сквозь ушко узловой вставки.

Система разрешающих уравнений метода перемещений. Потенциальной энергией этой системы назовем работу, которую надо выполнить, чтобы перевести ее из исходного состояния в текущее. В качестве исходного выберем состояние, в котором

$$x_{ir} = 0 \quad (i = 1, \dots, m; r = 1, 2, 3); \quad (5)$$

$$s_{jp} = 0 \quad (j = 1, \dots, n; p = 0, \dots, k_j), \quad (6)$$

а ванты в нагретом состоянии скомканы и находятся в начале координат.

В текущем (деформированном и нагретом) состоянии участок ванты между узловыми вставками имеет длину

$$l_{jp} = \sqrt{\sum_{r=1}^3 (x_{N_{jp}r} - x_{N_{jp-1}r})^2} \quad (j = 1, \dots, n; p = 0, \dots, k_j). \quad (7)$$

Этот же участок в недеформированном и ненагретом состоянии имеет длину, выражаемую формулой (1).

Отсюда следует формула для упругого относительного удлинения участка ванты:

$$\frac{l_{jp}}{l_{jp}^0} = 1 + \epsilon_j \quad (j = 1, \dots, n; p = 0, \dots, k_j), \quad (8)$$

$$\text{где } \epsilon_j = \frac{1}{l_{jp}^0} \sum_{p=1}^{k_j} t_j \quad (j = 1, \dots, n); \quad (9)$$

ϵ_j – коэффициент температурного расширения ванты с номером j .

Малость относительных удлинений вант не предполагается, так что в систему могут быть включены ванты, моделирующие элементы из синтетических материалов или даже из резины. Однако предполагается, что соблюдается линейный закон их деформирования:

$$H = G \cdot \Delta l, \quad (10)$$

где H – продольное усилие в ванте; G – жесткость ванты на растяжение; Δl – упругое удлинение, отнесенное к первоначальной длине.

Упругий потенциал ванты можно выразить формулой

$$\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n G_j \sum_{p=1}^{k_j} s_{jp}^2 = I_{jp}^0, \quad (11)$$

где G_j – жесткость ванты с номером j на растяжение.

Потенциал узловых нагрузок выражается формулой

$$\sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^3 P_{ir} x_{ir}, \quad (12)$$

собственного веса вант формулой

$$\sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^{k_j} q_j \sum_{r=1}^3 l_{jp}^0 b_r (x_{N_{jp}r} - x_{N_{jp-1}r}). \quad (13)$$

Потенциал нагрузок, которые стремятся протолкнуть ванту сквозь ушко узловой вставки, выражается формулой

$$\sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^{k_j} p_{jp} s_{jp}. \quad (14)$$

Потенциальная энергия всей системы выражается формулой

$$U = U_p + U_q. \quad (15)$$

В соответствии с принципом минимума потенциальной энергии системы из всех значений перемещений, разрешенных связями, в действительности реализуются те, которые доставляют минимум потенциальной энергии системы.

Следовательно, задача расчета пространственной вантовой системы с учетом проскальзывания вант сводится к нахождению значений основных неизвестных x_{ir} ($ir \in CX$) и s_{jp} ($jp \in CS$), доставляющих минимум потенциальной энергии системы (15) при соблюдении равенств (3) и (4).

Обобщенные реакции, соответствующие основным неизвестным, могут быть вычислены путем дифференцирования выражения для потенциальной энергии системы.

$$R_{ir} = \frac{\partial U}{\partial x_{ir}} \quad (ir \in CX); \quad (16)$$

$$h_{jp} = \frac{\partial U}{\partial s_{jp}} \quad (jp \in CS), \quad (17)$$

где R_{ir} – реакции связей, препятствующих изменению декартовых координат; h_{jp} – реакции связей, препятствующих изменению вантовых координат.

Дифференцируя выражение для потенциальной энергии системы (15), получим:

$$R_{ir} = \sum_{j=1}^n G_j \sum_{p=1}^{k_j} \frac{l_{jp}}{l_{jp}^0} c_{jpr} (x_{N_{jp}^i} - x_{N_{jp}^i}) \quad (18)$$

$$\frac{1}{2} b_r \sum_{j=1}^n q_j \sum_{p=1}^{k_j} l_{jp}^0 (x_{N_{jp}^i} - x_{N_{jp}^i}) P_{ir}$$

$(i = 1, \dots, m; r = 1, 2, 3);$

$$h_{jp} = \frac{1}{2} \sum_{v=1}^{k_j} (x_{N_{jp}^v} - x_{N_{jp}^v}) \quad (19)$$

$$G_j = \frac{l_{jv}^2}{l_{jv}^0} \sum_{r=1}^3 q_j b_r (x_{N_{jv}^r} - x_{N_{jv}^r}) \quad (20)$$

$(j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j),$

где δ_{ij} – символы Кронекера; c_{jpr} – косинус угла между положительным направлением участка ванты и осью x_r

$$c_{jpr} = \frac{x_{N_{jp}^r} - x_{N_{jp}^i}}{l_{jp}} \quad (20)$$

$(j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j; r = 1, 2, 3).$

Необходимые условия минимума потенциальной энергии системы или, другими словами, уравнения равновесия можно записать в следующем виде:

$$R_{ir} = 0 \quad (ir \text{ CX}); \quad (21)$$

$$h_{jp} = 0 \quad (jp \text{ CS}), \quad (22)$$

где R_{ir} и h_{jp} определяются формулами (16) и (17).

Система разрешающих уравнений смешанного метода. При ее построении основными неизвестными будут координаты узлов x_{ir} ($ir \text{ CX}$) и реакции связей, препятствующих изменению вантовых координат h_{jp} ($jp \text{ CS}$).

Система равенств (19) позволяет выразить в аналитическом виде первоначальные длины участков вант l_j^0 ($j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, k_j$) через реакции h_{jp} ($j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j$). Для краткости введем обозначение

$$g_j = \frac{1}{2} G_j \sum_{v=1}^{k_j} \frac{l_j^2}{l_j^0} \sum_{r=1}^3 q_j b_r (x_{N_{jv}^r} - x_{N_{jv}^i}) \quad (23)$$

$(j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, k_j).$

Тогда равенство (19) можно записать так:

$$h_{jp} = \sum_{v=1}^{k_j} (x_{N_{jp}^v} - x_{N_{jp}^i}) g_{jv} \quad (j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j). \quad (24)$$

Обращая это равенство, получим:

$$g_{jv} = \frac{h_{jp}}{x_{N_{jp}^v} - x_{N_{jp}^i}} \quad (j = 1, \dots, n; v = 1, \dots, k_j). \quad (25)$$

В результате приходим к формуле

$$l_j^0 = \frac{l_j}{K_j} \quad (j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, k_j), \quad (26)$$

где

$$K_j = \sqrt{\sum_{p=1}^{k_j} \frac{2}{G_j} (h_{jp} - x_{N_{jp}^i}) \sum_{r=1}^3 q_j b_r (x_{N_{jv}^r} - x_{N_{jv}^i})} \quad (27)$$

$(j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, k_j).$

Полагая, что

$$s_{j0} = 0 \quad (j = 1, \dots, n), \quad (28)$$

вантовые координаты узловых вставок из очевидных соображений можно выразить формулой

$$s_{jp} = \sum_{v=1}^p l_j^0 \quad (j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j). \quad (29)$$

Подставляя в формулу (18) значения l_j^0 , определенные формулой (26), получим:

$$R_{ir} = \sum_{j=1}^n G_j \sum_{p=1}^{k_j} (K_{jp} - x_{N_{jp}^i}) c_{jpr} (x_{N_{jp}^i} - x_{N_{jp}^i}) \quad (30)$$

$$\frac{b_r}{2} \sum_{j=1}^n q_j \sum_{p=1}^{k_j} \frac{l_{jp}}{K_{jp}} (x_{N_{jp}^i} - x_{N_{jp}^i}) P_{ir}$$

$(i = 1, \dots, m; r = 1, 2, 3).$

Тогда система уравнений смешанного метода приобретет вид

$$s_{jp} = s_{jp}^c \quad (jp \text{ CS}); \quad (31)$$

$$R_{ir} = 0 \quad (ir \text{ CX}). \quad (32)$$

Метод решения системы уравнений. Система уравнений равновесия является нелинейной и для ее решения приходится применять итерационные методы. Подходящим является метод Ньютона, в соответствии с которым итерационный процесс начинается с начального (нулевого) приближения

$$h_{wt} = h_{wt}^0 \quad (wt \text{ CS}); \quad (33)$$

$$x_{uq} = x_{uq}^0 \quad (uq \text{ CX}). \quad (34)$$

Для определения основных неизвестных на следующих приближениях ($k = 1, 2, \dots$) применяются рекуррентные формулы

$$h_{wt}^k \quad h_{wt}^{k-1} \quad h_{wt}^k \quad (wt \text{ CS}); \quad (35)$$

$$x_{uq}^k \quad x_{uq}^{k-1} \quad x_{uq}^k \quad (uq \text{ CX}). \quad (36)$$

Приращеня неизвестных h_{wt}^k , x_{uq}^k вычисляются путем решения системы линейных алгебраических уравнений

$$s_{jp} \quad s_{jp}^c \Big|_{wt \text{ CS}}^{k-1} \quad \frac{s_{jp}}{h_{wt}} \Big|_{wt \text{ CS}}^{k-1} \quad h_{wt}^k \quad \frac{s_{jp}}{x_{uq}} \Big|_{uq \text{ CS}}^{k-1} \quad x_{uq}^k \quad (jp \text{ CS}); \quad (37)$$

$$R_{ir} \Big|_{wt \text{ CS}}^{k-1} \quad \frac{R_{ir}}{h_{wt}} \Big|_{wt \text{ CS}}^{k-1} \quad h_{wt}^k \quad \frac{R_{ir}}{x_{uq}} \Big|_{uq \text{ CS}}^{k-1} \quad x_{uq}^k \quad (ir \text{ CX}). \quad (38)$$

Элементы матрицы этой системы уравнений представляют собой частные производные от выражений (29) и (30) и вычисляются по формулам

$$\frac{s_{jp}}{h_{wt}} \quad \frac{jw}{G_j} \quad \frac{p}{1} \quad \frac{l_j^0}{K_j^2} \quad \frac{k_j}{s} \quad (39)$$

($j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j; w = 1, \dots, n; t = 1, \dots, k_w$),

$$\frac{s_{jp}}{x_{uq}} \quad \frac{p}{1} \quad \frac{c_{jq}}{K_j} \quad \left(\begin{matrix} N_{ju} & N_{j1u} \end{matrix} \right) \quad \frac{q_j}{2} \quad \frac{b_q}{G_j} \quad \frac{p}{1} \quad \frac{l_j^0}{K_j^2} \quad \left(\begin{matrix} N_{ju} & N_{j1u} \end{matrix} \right) \quad (40)$$

($j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j; u = 1, \dots, m; q = 1, 2, 3$),

$$\frac{R_{ir}}{h_{wt}} \quad \frac{t}{p-1} \quad \frac{c_{wpr}}{K_{wp}} \quad \left(\begin{matrix} N_{wp^i} & N_{wp^i1} \end{matrix} \right) \quad \frac{q_w}{2} \quad \frac{b_r}{G_w} \quad \frac{t}{p-1} \quad \frac{l_{wp}^0}{K_{wp}^2} \quad \left(\begin{matrix} N_{wp^i} & N_{wp^i1} \end{matrix} \right) \quad (41)$$

($i = 1, \dots, m; r = 1, 2, 3; w = 1, \dots, n; t = 1, \dots, k_w$),

$$\frac{R_{ir}}{x_{uq}} \quad \frac{n}{j-1} \quad \frac{G_j}{p-1} \quad \left(\begin{matrix} K_{jp} & j \end{matrix} \right) \quad \frac{qr}{l_{jp}} \quad \frac{c_{jpq}}{l_{jp}} \quad \frac{c_{jpr}}{l_{jp}} \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^u} & N_{jp^u1} \end{matrix} \right) \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^i} & N_{jp^i1} \end{matrix} \right) \quad \frac{b_q}{2} \quad \frac{n}{j-1} \quad \frac{q_j}{p-1} \quad \frac{c_{jpr}}{K_{jp}} \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^u} & N_{jp^u1} \end{matrix} \right) \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^i} & N_{jp^i1} \end{matrix} \right) \quad \frac{b_r}{2} \quad \frac{n}{j-1} \quad \frac{q_j}{p-1} \quad \frac{c_{jpq}}{K_{jp}} \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^u} & N_{jp^u1} \end{matrix} \right) \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^i} & N_{jp^i1} \end{matrix} \right) \quad (42)$$

$$\frac{b_q}{2} \quad \frac{b_r}{2} \quad \frac{n}{j-1} \quad \frac{q_j^2}{G_j} \quad \frac{c_{jpr}}{K_{jp}} \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^u} & N_{jp^u1} \end{matrix} \right) \quad \left(\begin{matrix} N_{jp^i} & N_{jp^i1} \end{matrix} \right) \quad (i = 1, \dots, m; r = 1, 2, 3; u = 1, \dots, m; q = 1, 2, 3).$$

Свободные члены этой системы уравнений вычисляются по формулам (29) и (30).

Вертикальная черта с верхним индексом $k-1$ в формулах (37) и (38) означает, что величина, стоящая слева от этой черты, константа, вычисленная с подстановкой в соответствующие формулы значений неизвестных, полученных на итерации $k-1$.

Описанный итерационный процесс в окрестности решения обладает квадратичной сходимостью. Однако при грубом начальном приближении процесс может расходиться. Для предотвращения этого могут быть применены различные приемы [1], [2].

Можно проверить, соблюдаются ли зависимости

$$\frac{s_{jp}}{h_{wt}} \quad \frac{s_{wt}}{h_{jp}} \quad (43)$$

($j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j; w = 1, \dots, n; t = 1, \dots, k_w$);

$$\frac{s_{jp}}{x_{uq}} \quad \frac{R_{uq}}{h_{jp}} \quad (44)$$

($j = 1, \dots, n; p = 1, \dots, k_j; u = 1, \dots, m; q = 1, 2, 3$);

$$\frac{R_{ir}}{x_{uq}} \quad \frac{R_{uq}}{x_{ir}} \quad (45)$$

($i = 1, \dots, m; r = 1, 2, 3; u = 1, \dots, m; q = 1, 2, 3$),

характерные для смешанного метода.

Задача существенно упрощается, если каждая ванта закреплена от проскальзывания только в своем начальном ушке (при $s = 0$), а в ушках всех остальных узловых вставок свободно проскальзывает. Такая ситуация реализуется в сетях с заданными натяжениями вант или в сетях с противовесами. В этом случае $CS =$ (множество CS пусто) и неизвестные h_{wt} отсутствуют. Соответственно отсутствуют и уравнения (31) и (37). Решению подлежит лишь система уравнений (32).

Вывод. В данной работе выведены формулы и описан один из подходов к решению задачи о расчете пространственных систем с проскальзывающими вантами, поставленной в работах [2] и [3], при помощи смешанного метода.

- [1] Деннис Д. мл., Шнабель Р. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений. – М: Мир, 1988. – 440 с.
- [2] Gordeev V.N., Shimanovskaya M.A. Statics of nonlinear elastic cable-stayed systems with slipping flexible cables // International Applied Mechanics, New York. – May, 2006. – V. 42, № 5. – p. 560–567.
- [3] Gordeev V., Shymanovska M. Analysis of spatial nets allowing for slippery ropes // Proceedings of the International Symposium on Shell and Spatial Structures. – V. 1. – Bucharest, Poiana Brasov (Romania). – 2005. – p. 161–168.
- [4] Gordeev V., Shymanovska M. Shaping properties of nets with slipping cables // Proceedings of the joint CIB, Tensinet, IASS International Conference on Adaptability in Design and Construction. Eindhoven University of Technology. – V. 2. – The Netherland. – 2006. – P. 218–222.
- [5] Gordeev V., Shymanovska M. On the shaping of cable and membrane roofs // Extended abstracts of the International Symposium «New Olympics new shell and spatial structures» October 16–19, 2006, Beijing, China., p. 152–153.
- [6] Gordeev V., Shymanovska M., Shymanovskiy O. The combined method for calculation of the systems having slipping cables // Book of abstracts, International Symposium IASS – SLTE 2008, Acapulco Mexico, October 27–31, 2008, p. 119–120.

Надійшла 30.01.2009 р.



Відкрите акціонерне товариство Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського

ОГОЛОШУЄ ПРИЙОМ ДО АСПИРАНТУРИ

зі спеціальностей: **05.23.01** – будівельні конструкції, будівлі та споруди;
05.23.17 – будівельна механіка.

До аспірантури на конкурсній основі приймаються особи, які мають вищу освіту і кваліфікацію спеціаліста або магістра. Вступники складають іспити зі спеціальності, філософії та іноземної мови.

Заява про вступ до аспірантури подається на ім'я голови правління товариства. До заяви додаються:

- 1) особовий листок з обліку кадрів;
- 2) реферат з обраної спеціальності або перелік опублікованих наукових праць, авторських свідоцтв на винаходи;
- 3) копія диплома про вищу освіту;
- 4) медична довідка про стан здоров'я за формою 286-у;
- 5) копія довідки про присвоєння ідентифікаційного номера;
- 6) фотокартка розміром 3 4 см;
- 7) копія паспорта.

Документи приймаються до 10 вересня 2009 року

ОГОЛОШУЄ ПРИЙОМ ДО ДОКТОРАНТУРИ

зі спеціальностей: **05.23.01** – будівельні конструкції, будівлі та споруди;
05.23.17 – будівельна механіка.

До докторантури приймаються особи, які мають науковий ступінь кандидата технічних наук, для завершення досліджень за темою дисертації.

Заява про вступ до докторантури подається на ім'я голови правління товариства. До заяви додаються:

- 1) особовий листок з обліку кадрів;
- 2) перелік опублікованих наукових праць, авторських свідоцтв на винаходи;
- 3) розгорнутий план дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук;
- 4) копія диплома про присудження наукового ступеня кандидата технічних наук;
- 5) копія диплома про вищу освіту з додатком;
- 6) копія довідки про присвоєння ідентифікаційного номера;
- 7) фотокартка розміром 3 4 см;
- 8) копія паспорта.

Документи приймаються до 1 грудня 2009 року

Київ, проспект Визволителів, 1, ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», к. 407.
Тел.: (044) 501-87-79, 543-98-46.

Додаткова інформація на сторінці веб-сайта: <http://urdisc.com.ua>

УДК 624.02

МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ. НАУКА И ИСКУССТВО

Статья посвящена проблеме оценки технического состояния и прогнозу срока службы сооружений. Рассматриваются возможности вероятностной стохастической модели деградации элемента, построенной на основе случайного марковского процесса.

This paper is dedicated to the problem of structural condition rating and prediction. The possibility of stochastic degradation model based on probabilistic markov chain is considered.

Ключевые слова: марковский процесс, феноменологическая модель, стохастическая модель, деградация элемента.

Проблема моделирования стохастического процесса накопления повреждений в элементах строительных конструкций стала особенно актуальной для Украины в последние 15–20 лет по мере того, как стремительно растет количество физически устаревших сооружений. В этих условиях для безаварийной эксплуатации сооружений нужны новые научные подходы к оценке технического состояния сооружений, которые дали бы количественные критерии уровня надежности, риска и алгоритмы прогноза остаточного ресурса их элементов.

В анализе технического состояния элементов транспортных сооружений, несмотря на фундаментальные исследования в теории надежности ученых России, недостаточно развиты практические методы оценки надежности элементов эксплуатируемых сооружений.

Классические модели определения надежности, основанные на фундаментальных исследованиях механики разрушения материалов и теории надежности, не получили широкого практического применения. Это связано с тем, что классическая модель надежности элемента сооружения нуждается в четкой информации истории нагружения, выраженной в количестве циклов «нагрузки-разгрузки». Таких данных для большинства сооружений никогда не было и не ожидается в обозримом будущем. Поэтому имеется потребность в моделях, не требующих истории нагружения и ориентированных на неполноту исходной информации.

Весомой альтернативой детерминистическим моделям стали в последние 30–40 лет *феноменологические стохастические модели*, описывающие накопление повреждений как процесс, эволюция которого во времени определяется вероятностными законами. Сейчас многие исследователи склоняются к мысли, что именно стохастические модели марковских цепей есть наи-



А.И. Лантух-Лященко
профессор Национального
транспортного университета,
д.т.н., профессор

более перспективным, универсальным интегральным аппаратом описания постепенного разрушения элементов сооружений.

За 100 лет, прошедшие со времени опубликования стохастической теории академика Российской академии наук А.А. Маркова, теория интенсивно развивалась во всем мире и стала базой не только для моделей накопления повреждений, но и для всех отраслей знаний – от управления экономикой до медицинских прогнозов. Стохастические феноменологические модели накопления и прогноза повреждений, рассматриваемые здесь, также базируются на теории марковских цепей.

Формулировка модели накопления повреждений. Рассматривается сравнительно новый класс вероятностных феноменологических моделей кумулятивного необратимого накопления повреждений, возникающих в результате естественного износа элементов сооружений в течение жизненного цикла. Износ элемента сооружения здесь описывается *марковским дискретным процессом с непрерывным временем* [1]. Будем полагать, что элемент находится последовательно в состояниях S_1, S_2, \dots, S_n , а переходы из одного дискретного состояния в другое осуществляются в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_{n-1} . Глобальной целью модели является установление закона изменения надежности в функции времени и прогноз времени пребывания в каждом из последующих дискретных состояний.

Моделирование марковским процессом означает, что для произвольного времени t_0 вероятность пребывания в каждом из состояний элемента в будущем (при $t > t_0$) зависит только от его состояния в настоящем (при $t = t_0$) и не зависит от того как и за какое время он достиг текущего состояния. Другими словами, распределение марковского процесса в момент времени t может быть выраженным через распределение в предыдущий момент времени, независимо от истории процесса.

В то же время марковский случайный процесс не является полностью независимым от прошлого. Несколько философская формулировка этой зависимости такова [1]: «для марковского случайного процесса «будущее» зависит от «прошлого» только через «настоящее». Следовательно, речь не идет о полной независимости «будущего» от «прошлого», ибо в общем случае отправное, настоящее состояние (при $t = t_0$) зависит от того как протекал процесс деградации в прошлом.

Сформулируем определяющие зависимости для моделей, в которых блуждание по дискретным состояниям осуществляется только в одном направлении: от состояния с меньшим к состоянию с большим номером. При этом возможен переход не только в соседнее состояние из S_i в S_{i+1} , но и с «проскоком» через соседние состояния, например из S_i в S_{i+2} .

В терминах дискретного марковского процесса задача сводится к поиску безусловных вероятностей пребывания системы S на произвольном шаге k в состоянии S_i :

$$p_i(k) = Pr\ ob[S(k) = S_i];$$

$$k = 1, 2, \dots, n; i = 0, 1, \dots, n-1. \quad (1)$$

Вероятности $p_i(k)$ выражаются через условные вероятности перехода системы S на шаге k в состояние S_j , при условии, что на шаге $k-1$ она была в состоянии S_i :

$$p_{ij}(k) = Pr\ ob[S(k) = S_j | S(k-1) = S_i];$$

$$i, j = 0, 1, \dots, n-1. \quad (2)$$

Как видно, вероятности перехода (2) составляют квадратную матрицу переходов размером $n \times n$, где n – количество рассматриваемых дискретных состояний. Обозначим ее P_0 . На главной диагонали матрицы P_0 стоят вероятности задержки системы в данном состоянии S_i на шаге k , на боковых диагоналях – вероятности перехода системы из состояния S_i в состояние S_j – $p_{ij}(k)$.

В силу того, что на каждом шаге система может находиться только в одном из двух взаимно исключающих состояний, сумма всех вероятностей одной строки равняется единице:

$$\sum_{j=1}^n p_{ij}(k) = 1. \quad (3)$$

Поиск вероятностей перехода, которые содержит стохастическая матрица P_0 , является доминантой, центральным местом в разработке модели деградации элемента сооружения, описываемой дискретным марковским процессом. Когда матрица P_0 найдена, по известным значениям условных вероятностей перехода и начальному значению безусловной вероятности пребывания системы в состоянии S_1 все другие безусловные вероятности находятся по рекуррентной формуле

$$p_j(k) = \sum_{i=1}^n p_i(k-1)p_{ij}; k = 1, 2, \dots; j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Будем считать, что переход системы из одного состояния в другое происходит как в пуассоновском потоке событий с интенсивностью $\lambda_{ij}(t)$. Заметим, что пуассоновский поток является частным случаем марковского процесса. Переход из состояния S_i в состояние S_j происходит в момент, когда наступает первое событие потока. Вектор интенсивности пуассоновского потока обозначим E .

Искомые вероятности марковской цепи $p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t)$ – функции времени – являются вероятностями того, что система в момент t находится в состоянии S_i и определяются из системы обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными, в общем случае, коэффициентами. Это известные уравнения Колмогорова-Чепмена, описывающие эволюцию дискретного марковского процесса с непрерывным временем.

В матричной форме уравнения имеют вид

$$\frac{dP(i,t)}{dt} = P(i,t) E. \quad (5)$$

К уравнению (5) присоединяются начальные условия:

$$\text{при } t = 0 \quad p_1(t) = 1; p_2(t) = p_3(t) = p_4(t) = 0. \quad (6)$$

Кроме того, в решении системы дифференциальных уравнений (5) можно использовать условие нормирования

$$\sum_{i=1}^n p_i(t) = 1, \quad (7)$$

являющееся следствием того, что события марковской цепи несовместимы и образуют полную группу.

Матрица вероятностей перехода $P(i, t)$ в (5) очевидно зависит от времени t . Подчеркнем, что время отсчитывается от начала процесса. Что касается матрицы интенсивности переходов (скоростей деградации) E – то она, в общем случае, также является зависимой от времени. Однако пригодные для практического применения модели получают с независимой от времени матрицей E и даже в случаях $E = \text{const}$.

Анализ модели. Как видно из представленной формулировки, модель теоретически строго обоснована. Однако ее практическое применение во многом представляет собою искусство, зависит от субъективных волевых решений исследователя.

А. Прежде всего рассматриваемая модель феноменологическая и по определению подразумевает, что исследователь располагает достаточным количеством опытных или натурных данных, позволяющих качественно и количественно описать каждое из дискретных состояний. Это описание является фундаментальной основой модели. Требуется глубокое проникновение в физическую суть описываемого процесса, потому что необходимо не только адекватно описать каждое из дискретных состояний, но и корректно установить границы изменения параметров в пределах одного дискретного состояния, тогда как моделируемый процесс является непрерывным.

Б. Достаточно субъективным является решение о количестве дискретных состояний, представляющих жизненный цикл элемента. Ясно, что чем больше дискретных состояний, тем точнее описывается непрерывный процесс накопления повреждений. С другой стороны, для описания большого количества дискретных состояний потребуется значительное расширение базы опытных/натурных данных. Где разумное удовлетворение этих противоречивых требований решает разработчик модели.

В. Важной теоретической стороной модели является граф процесса деградации элемента. Когда граф процесса разработан исследователем, составление разрешающих уравнений модели (5), определяющих вероятностную природу деградации, представляется полностью формализованным.

Однако разработка графа модели, зависящего от количества дискретных состояний и связей между ними, всегда будет предметом особого внимания со стороны исследователя, всегда будет отражать его субъективное представление о сущности и закономерностях протекания процесса. Приведем пример.

В работе [2] была предложена марковская модель, позволяющая в системе эксплуатации классифицировать техническое состояние элементов транспортных сооружений, оценить степень риска и прогнозировать срок их дальнейшей безопасной эксплуатации. В работах [3] и [4] эта модель принята в качестве нормативного интегрального аппарата оценки и прогноза технического состояния элементов транспортных сооружений. Моделью [2] описывается дискретный стохастический процесс с непрерывным временем, с равномерно распределенными промежутками времени между состояниями. Система из 5 дискретных состояний может оставаться или переходить из одного состояния S_i в другое, соседнее, с большим номером S_{i+1} . Граф процесса представляет собой линейную последовательность событий – перехода из одного состояния в другое, соседнее (рис. 1).

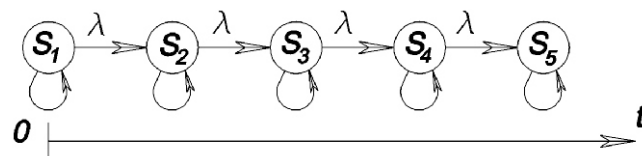


Рис. 1. Граф процесса деградации элемента

Система уравнений (5), соответствующая такому графу, имеет вид

$$\frac{dP}{dt} = \begin{pmatrix} p_1 & 0 \\ p_2 & p_1 \\ p_3 & p_2 \\ p_4 & p_3 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где p_i – вероятности перехода из состояния S_i в состояние S_{i+1} (аргумент t опущен для сокращения записи); λ – интенсивность потока.

Дальнейшее изучение модели показало, что граф процесса на рис. 1 недостаточно полно отражает ухудшение функциональных характеристик элемента. В действительности процесс постепенного накопления повреждений элементов состоит не только из постепенных отказов, но и из внезапных. В эксплуатируемых соору-

жениях регистрируются случаи перехода через одно состояние – случаи «проскока». Здесь в процессе деградации элемент может последовательно переходить из одного соседнего состояния в другое с большим номером или перескочить через соседнее состояние S_{i+1} к следующему S_{i+2} . Это крайне редкие случаи, но они есть.

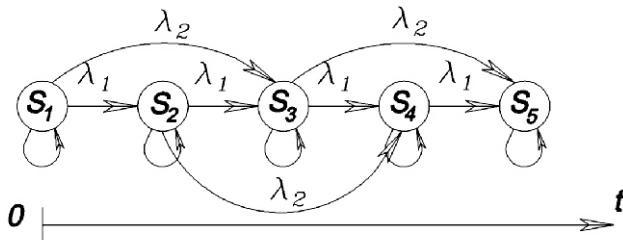


Рис. 2. Граф процесса деградации элемента с «проскоками»

Граф процесса деградации элемента в таком случае становится сложнее (рис. 2) и соответственно изменяется разрешающая система уравнений (5):

$$\frac{dP}{dt} = \begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 \\ p_2 & 1p_1 & 0 \\ p_3 & 1p_2 & 2p_1 \\ 1p_4 & 1p_3 & 2p_2 \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где p_1 – интенсивность перехода из состояния S_i в состояние S_{i+1} ; p_2 – интенсивность перехода из состояния S_i в состояние S_{i+2} ; $p_3 = p_1 + p_2$.

Сравнивая системы уравнений (8) и (9), несложно показать, что вероятность пребывания в состояниях 2–5 у модели с «проскоками» является ниже, чем у модели с графом потока на рис. 1. Этот результат можно трактовать как реализацию в процессе постепенного накопления повреждений проявления внезапных отказов.

Абсолютные вероятности пребывания в каждом из промежуточных состояний жизненного цикла элемента будут еще ниже, если в графе процесса допустить «проскок» через два состояния. Очевидно, что и здесь определяющую роль играет знание тонкостей протекания процесса накопления повреждений, объем натуральных данных, интуиция исследователя.

Г. Еще один принципиально важный аспект модели – определение разработчиком функции интенсивности отказов $\lambda(t)$, другими словами, скорости деградации. Принципиально важный потому, что в представленной модели процесс управляется только одним параметром λ .

В общем случае скорость деградации – это случайная функция времени. Однако принятие скорости деградации как функции времени приводит к тому, что дифференциальные уравнения модели (5) становятся нелинейными, не имеют решения в замкнутой форме, и разработчику приходится прибегать к достаточно сложному численному решению. С другой стороны, сегодня неизвестно какой в действительности является функция интенсивности отказов элементов сооружений $\lambda(t)$. Поэтому для простоты решения часто применяется предположение $\lambda(t) = \text{const}$.

Однако получение значения параметра интенсивности отказов также является не простой задачей. В принципе можно получить этот параметр регрессивным анализом данных наблюдения накопления повреждений, но в реальных случаях элементов сооружений разброс столь велик, что воспользоваться полученным нельзя. Здесь также нет стандартной процедуры и исследователю приходится искать специальные приемы определения этого основного параметра модели.

Вывод. Рассматриваемые марковские стохастические модели накопления повреждений в результате естественного износа весьма универсальны, теоретически хорошо обоснованы и имеют практическую направленность как инструмент оценки технического состояния и прогноза остаточного ресурса сооружения. Но, как и любые феноменологические модели, должны быть подкреплены данными обобщенного опыта исследователя, данными, требующими нестандартных приемов изучения, на грани искусства. Формальное применение аппарата марковских цепей может привести к негативным результатам.

[1] *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
 [2] *Лантух-Лященко А.І.* Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами. //Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1999, вип. 57 – С. 183–188.

[3] *Настанови з визначення технічного стану мостів.* Лантух-Лященко А.І., Кір'ян В.І., Коваль П.М. та ін. – ТАУ. Вид. «Логос», К.: 2002. – 117 с.
 [4] *Мости та труби.* Оцінка технічного стану мостів, що експлуатуються. ВБН В.3.1-218-174-2002. – Державна служба автомобільних доріг України. – К.: 2002. – 74 с.

Надійшла 17.10.2007 р.

УДК 539.3:624.071

НЕЛІНІЙНІ ЗАДАЧІ СТІЙКОСТІ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИСЯЧИХ СИСТЕМ ПІДВИЩЕНОЇ ЖОРСТКОСТІ

Розглядається задача стійкості несучих елементів висячих систем підвищеної жорсткості з урахуванням геометричної і фізичної нелінійностей. Представлено метод розрахунку, заснований на базі теорії пластичної течії і енергетичного критерію стійкості у формі Лагранжа-Діріхле. Запропоновано комплекс програм для рішення задачі. Розглянуто приклад чисельного розв'язку задачі. Описані отримані результати чисельних розрахунків.

The task of firmness of bearing elements in the hanging systems of the higher inflexibility is considered. The taken into account geometrical and physical to nonlinear works of tendon. The method of calculation, which will be based on theory of plastic flow and power criterion of firmness in the form of Lagrang-Dirihle, is presented. The complex of the programs is offered for the decision of task. The example of numeral decision of task is considered. The described got results of numeral calculations.

Ключові слова: нелінійність, нитка скінченної жорсткості, критичне навантаження.

Вирішення задачі стійкості плоскої форми згину несучих елементів висячих систем підвищеної жорсткості (ниток скінченної жорсткості) на основі теорії пластичної течії [3, 5, 10] і енергетичного критерію стійкості у формі Лагранжа-Діріхле [2, 6] дозволяє знаходити критичні навантаження без інтегрування диференціальних рівнянь і отримувати компактне і зручне для практичного застосування рішення.

Розглянемо деформування пружнопластичної нитки скінченної жорсткості ідеального поперечного перерізу, яка згинається від початкового і додаткового вертикальних навантажень, а вісь якої до втрати стійкості є плоскою кривою. Нехай X, Y, Z є нерухомими, а x, y, z – рухомими координатними осями для викривленого стану нитки, причому осі y, z направлені по головних центральних осях інерції поперечного перерізу, а x – по дотичній до осьової лінії нитки. Згідно з [4] при ідеальному поперечному перерізі процес деформування супроводжується утворенням у нитці тільки двох типів ділянок – пружних і пластичних. Останнє дещо полегшує рішення задачі, так як дозволяє уникнути розгляду пружнопластичних ділянок нитки скінченної жорсткості, не вносячи при цьому принципових змін у розрахункові залежності. У випадку роботи нитки зі згином від початкового і додаткового навантажень, шарнірного закріплення кінців на опорах і завантаження рівномірно розподіленими початковим q_1 і додатковим q_2 навантаженнями рівняння стійкості може бути представлено у виді [12]

$$(P_z - H) P - H \frac{1}{r^2} (q_1 e_1 - q_2 e_2) \quad (1)$$

$$^2(q_1, q_2) = 0,$$



В.В. Шалінський
аспірант
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція
ім. В.М. Шимановського»

де P_z – приведена критична сила при пружнопластичному поздовжньому згині в площині XOY ; H – розпір; $P = GI_d/r^2$ – критична сила для виключно крутильної форми втрати стійкості; (q_1, q_2) – характерна функція навантаження у випадку пружнопластичної втрати стійкості; l – прогін нитки; GI_d – крутильна жорсткість; r – радіус інерції; e_1 і e_2 – ексцентриситети прикладання початкового і додаткового навантажень відповідно.

Для функцій P_z і $^2(q_1, q_2)$, які входять до залежності (1), маємо вирази

$$P_z = P_z P_z$$

$$P_z = \frac{4}{l} \int_0^l \sin^2 x dx + \frac{2}{l} \int_0^l I_z(x, y, z) \sin^2 x dx ;$$

$$(q_1, q_2) = \frac{4}{lr} \int_0^l M_y \sin^2 x dx + \frac{1}{2} \int_0^l M_y \sin^2 x dx ,$$

де $P_z = EI_z$ – критична сила при пружному поздовжньому згині в площині XOY ; P_z – поправка до значення P_z , яка залежить від величини областей пластичності в поперечному перерізі нитки; z – координата границі розділу ділянок нитки.

Координата z визначається в результаті рішення задачі пружнопластичного деформування нитки скінченної жорсткості, а поправка до значення пружного моменту інерції I_z згідно з [6, 7, 11 – 14] має вид

$$I_z = (I_z^{np} I_z I_z I_{yz} \text{ctg} I_{yz} \text{ctg}) / I_z,$$

де I_z – момент інерції перерізу відносно осі z ; I_z^{np} , I_z і I_z – відповідно моменти інерції пружного ядра і нижньої та верхньої зон розвантаження відносно осі z ; I_{yz} і I_{yz} – центробіжні моменти інерції нижньої та верхньої зон розвантаження відповідно; α – кут нахилу границі розділу між зонами навантаження і розвантаження поперечного перерізу нитки.

Функцію після деяких перетворень можна подати у виді

$$(q_1, q_2) = \frac{4}{lr(1 - kH)} \quad (2)$$

$$M_y^6 \sin^2 x dx = \frac{1}{2} M_y^6 \sin^2 x dx,$$

де k – коефіцієнт, значення якого визначається за формулою $k = (EI_y)^{-1}$.

При цьому необхідно дотримуватись відповідності між типом ділянки нитки скінченної жорсткості (в даному випадку пружна і пластична) та видом використаних залежностей, які характеризують розподілення балкових згинальних моментів [1, 4]. Значення інтегралів у формулі (2) можуть бути визначені або безпосереднім інтегруванням, або за квадратурними формулами Ньютона-Котеса.

Рівняння (1) містить дві невідомі величини – критичне додаткове навантаження q_2 (значення початкового навантаження q_1 вважається заданим і незмінним у процесі завантаження) і критичний розпір H . Для зв'язку між ними використовуємо умову нерозривності деформацій.

Вважаючи, що подовження нитки скінченної жорсткості відбувається за рахунок розтягнення її осі, L може бути визначено наступним чином:

$$L = \int_0^l dx + \int_0^l dx, \quad (3)$$

де перший член правої частини – це подовження осі нитки від початкового і додаткового навантажень, а другий – тільки від початкового навантаження.

Після введення в (3) значення довжин нитки отримаємо:

$$\frac{1}{2} \int_0^l (w)^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^l (w_0)^2 dx = \int_0^l dx + \int_0^l dx$$

або після перетворень

$$\frac{1}{2(1 - kH)_0} \int_0^l \frac{dw^6}{dx} dx = \frac{1}{2(1 - kH_0)_0} \int_0^l \frac{dw_0^6}{dx} dx \quad (4)$$

$$\int_0^l dx = \int_0^l dx.$$

Підставляючи в (4) відповідні вирази для балкового прогину w^6 [4], подовження осі нитки [12] і вирішуючи отримане рівняння разом із рівнянням стійкості (1), знаходимо значення критичного розпору H і критичного додаткового навантаження q_2 в кожному конкретному випадку роботи пружнопластичної нитки скінченної жорсткості.

Геометрично і фізично нелінійні задачі стійкості ниток скінченної жорсткості, що розглядаються, вирішуються з використанням комплексу програм, в основу якого покладена програма MathCAD. Дослідження стійкості ниток скінченної жорсткості зводиться до розв'язання системи нелінійних рівнянь, що пов'язано зі значними математичними труднощами, так як нелінійні рівняння можуть мати нескінченну кількість рішень. У випадку ж систем нелінійних рівнянь ситуація ще більше ускладнюється тим, що для більшості з них проблематично визначити навіть кількість коренів. Ця проблема вирішується за допомогою градієнтних методів, таких як метод Ньютона-Рафсона, Левенберга, пов'язаних градієнтів, квазіньютонівський та інших, які можуть відрізнитися низкою технічних особливостей: способом обчислення похідної, умовою визначення точки в якості кореня або прийомом вирішення проблеми сингулярності якобіана. При цьому ефективність роботи цих методів, як і будь-якого іншого чисельного методу, залежить від правильності задання початкових параметрів і обчислення похідних. Останнє дозволяє забезпечити високу швидкість збіжності ітераційного процесу і, як наслідок, – скорочення числа ітерацій обчислювального процесу і часу розрахунку.

У процесі розрахунку здійснюється послідовний розгляд інформації про навантаження, граничні умови, фізико-механічні властивості тощо. Граничні умови можуть прийматися у вигляді обмежень на всі або деякі компоненти переміщень, а також у вигляді рівнянь зв'язку на границях між ділянками нитки (зокрема, умови нерозривності переміщень, деформацій і зусиль). Укрупнена блок-структура комплексу програм показана на рис. 1.

Блок «Введення вихідних даних» виконує задання геометричних даних, фізико-механічних і жорсткісних властивостей, граничних умов, зовнішніх навантажень.

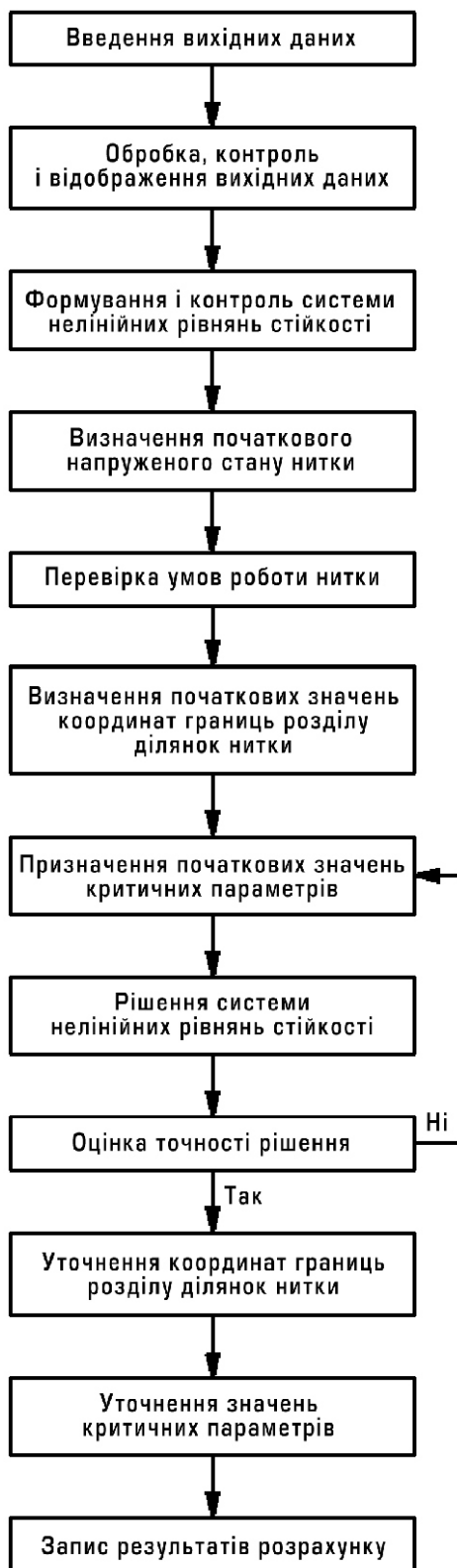


Рис. 1. Укрупнена блок-структура комплексу програм

Блок «Обробка, контроль і відображення вихідних даних» виконує аналіз і пошук помилок. Слід зазначити, що при цьому параметри, які задаються, повинні відповідати області допустимих значень для ниток скінченної жорсткості [12].

Блок «Формування і контроль системи нелінійних рівнянь стійкості» передбачає складання і задання рівнянь у необхідному вигляді, а також їх контроль за допомогою відображення повідомлення про помилку на екрані дисплея.

Блок «Визначення початкового напруженого стану нитки» визначає початкову величину розпору в нитці, необхідну для розв’язання системи нелінійних рівнянь. Початкове значення розпору визначається за формулою

$$H_0 = \frac{M^{\phi}(z^{\phi} - z_0)}{z^{\phi} z_0},$$

де M^{ϕ} – балковий згинальний момент; z^{ϕ} – балковий прогин; z_0 – початкова стріла провисання.

Блок «Перевірка умов роботи нитки» забезпечує перевірку умов стійкості і пластичності нитки, тобто перевіряє її на відсутність втрати стійкості і пластичних деформацій під впливом початкового навантаження.

Блок «Визначення початкових значень координат границь розділу ділянок нитки» здійснює визначення координат між пружними і пружнопластичними ділянками нитки скінченної жорсткості. При цьому у випадку завантаження нитки рівномірно розподіленим навантаженням значення координати визначається рівнянням

$$\frac{6EI(l^2 - z^2)^2}{l^3 H (l^3 - 2l^3 - 4z^4) - 12EI^2(l^2 - z^2)} - \frac{H}{H_{zp}} - 1 = 0,$$

де ql^2/M_{zp} ; q – інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження; l – прогин нитки; H – розпір; H_{zp} – граничний розпір; E – модуль пружності; I – момент інерції поперечного перерізу нитки; z – координата границі розділу ділянок нитки; M_{zp} – граничний згинальний момент.

Необхідні величини початкових значень шуканих параметрів задаються блоком «Призначення початкових значень критичних параметрів».

Блоком «Рішення системи нелінійних рівнянь стійкості» визначаються невідомі параметри з використанням процесу ітераційного рішення заданої системи рівнянь із наступним

відображенням результатів на дисплеї. Рішення виконується за допомогою обчислювального блока Given-Find програми MathCAD, в основу якого покладений градієнтний метод Ньютона-Рафсона. При цьому величина параметра точності рішення приймається стандартною $STOL = 0,001$, яка забезпечує розв’язок системи нелінійних рівнянь. Останнє дозволяє не зменшувати параметр $STOL$ і таким чином не збільшувати час рахунку.

Блок «Оцінка точності рішення» забезпечує точність рішення задачі в цілому. При недостатній точності рішення передбачається задання нових початкових значень критичних параметрів.

У випадку досягнення необхідної точності визначення шуканих параметрів за формулами

$$q = \frac{q_1 - q_0}{q_0} 100\% \quad 1\%$$

та
$$H = \frac{H_1 - H_0}{H_0} 100\% \quad 1\%$$

блок «Уточнення координат границь розділу ділянок нитки» уточнює значення координат між ділянками нитки, після чого здійснюється уточнення значень критичного навантаження і розпору блоком «Уточнення значень критичних параметрів» із урахуванням уточнених величин координат між ділянками нитки.

Блок «Запис результатів розрахунку» здійснює запис результатів розрахунку на диск.

Застосування наведеної методики розглянемо на прикладі роботи пружнопластичної

нитки скінченної жорсткості прогоном $l = 150$ м із ідеальним поперечним перерізом площею $F = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ і матеріалом із модулем пружності $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Нитка шарнірно підвішена до двох розміщених на одному рівні опор і завантажена початковим рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю $q_1 = 0,942 \text{ кН/м}$. Стріла її провисання при початковому навантаженні складає $z_0 = 6$ м. Нитка завантажена додатковим рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю q_2 по всій її довжині. Ексцентриситети прикладання початкового і додаткового навантажень e_1 і e_2 дорівнюють нулю.

На рис. 2 показана залежність переміщень пружнопластичної нитки скінченної жорсткості в середині прогону від інтенсивності додаткового рівномірно розподіленого навантаження при різних значеннях границі текучості матеріалу нитки σ_T . У пружній стадії роботи нитка в середині прогону підіймається вгору, що пов’язано зі зміною форми кривої провисання – від заданої до параболічної. З появою пластичності знак переміщень змінюється на протилежний і нитка в середині прогону починає опускатися. Зазначимо, що границя текучості матеріалу нитки помітно впливає на її роботу під навантаженням. За інших рівних умов нитки з меншим параметром σ_T є більш деформативними. При цьому збільшення значення границі текучості матеріалу лише на 3,7 % (з 216 до 224 МПа) призводить до зменшення згину середини прогону нитки в 2,8 раза і збільшення критичного навантаження в 1,1 раза. Крім цього, збільшення пара-

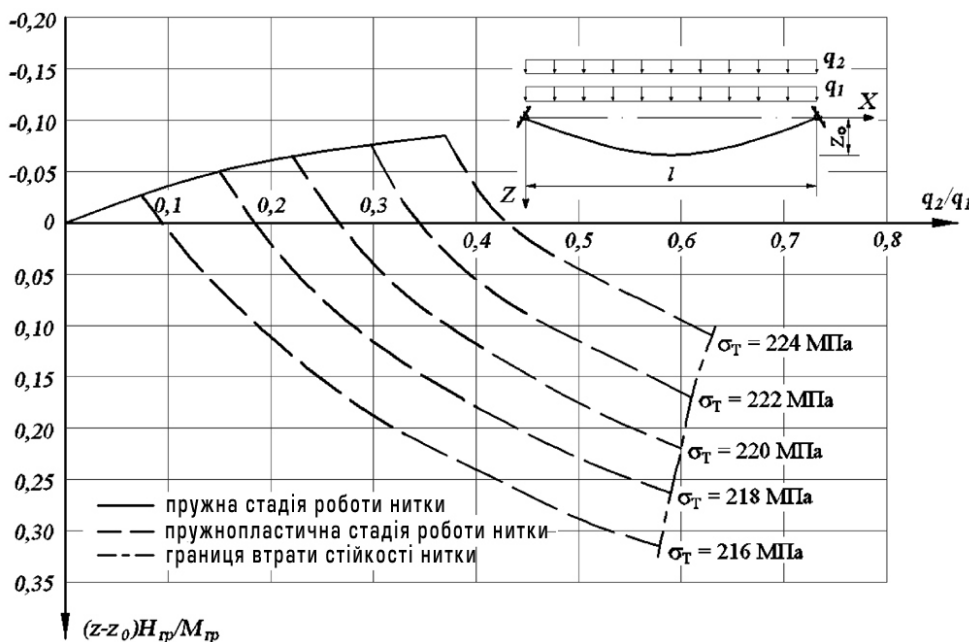
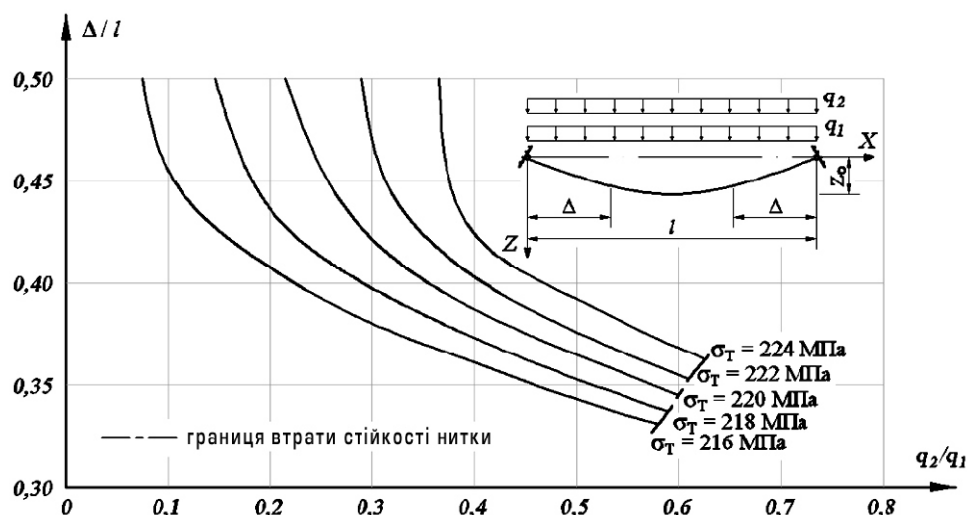


Рис. 2. Залежність переміщень пружнопластичної нитки скінченної жорсткості в середині прогону від інтенсивності додаткового рівномірно розподіленого навантаження

Рис. 3.
Залежність координати
границі розділу ділянок нитки
від інтенсивності додаткового
рівномірно розподіленого
навантаження



метра текучості матеріалу призводить до настання пружнопластичної стадії роботи нитки і втрати нею стійкості при більших значеннях інтенсивності додаткового навантаження. При цьому, зі збільшенням σ_T критичне навантаження зростає майже прямо пропорційно.

На рис. 3 наведені графіки залежності координати границі розділу ділянок нитки від інтенсивності додаткового рівномірно розподіленого навантаження, яка має яскраво виражений нелінійний характер.

Зазначимо, що границя текучості матеріалу σ_T впливає тільки на розмір ділянок нитки, але залишає незмінною якість картини їх зміни.

Наприклад, збільшення параметра σ_T на 2 МПа призводить до збільшення відношення q_2/q_1 , яке відповідає моменту виникнення перших пластичних деформацій, приблизно на 0,08. Зі зростанням додаткового навантаження криві наближаються одна до одної. Це свідчить про те, що для ниток із різними величинами σ_T відмінність у розмірах ділянок зі зростанням навантаження поступово зменшується. Також відзначимо, що збільшення значення σ_T на 3,7 % (з 216 до 224 МПа) призводить до зменшення розміру пластичної ділянки в момент втрати стійкості нитки в 1,1 раза.

- [1] Беленький Л. М. Расчет судовых конструкций в пластической стадии. – Л.: Судостроение, 1983. – 448 с.
- [2] Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – М.: Наука, 1967. – 984 с.
- [3] Гудьер Дж. Н., Ходж Ф. Г. Упругость и пластичность. – М.: ИЛ, 1960. – 190 с.
- [4] Дикович И.Л. Статика упругопластических балок судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1967. – 264 с.
- [5] Ильющин А.А. Пластичность. – М.: – Л.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.
- [6] Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Гостехиздат, 1956. – 324 с.
- [7] Качанов Л.М. Устойчивость плоской формы изгиба за пределом упругости // Прикладная математика и механика. – 1951. – Т. XV, № 2. – С. 195 – 206.
- [8] Качурин В.К. Теория висячих систем. – М.: – Л.: Госстройиздат, 1962. – 224 с.
- [9] Москалев Н.С. Конструкции висячих покрытий. – М.: Стройиздат, 1980. – 331 с.
- [10] Постнов В.А. Теория пластичности и ползучести. – Л.: ЛПИ, 1975. – 266 с.
- [11] Шимановский А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния нитей конечной жесткости при активном нагружении и разгрузке // Прикл. механика. – 1991. – 27, № 11. – С. 110 – 117.
- [12] Шимановский А.В., Оглобля А.И. Теория и расчет несущих элементов большепролетных пространственных конструкций. – К.: Издательство «Сталь», 2002. – 372 с.
- [13] Шимановський О.В., Шалінський В.В. Стійкість плоскої форми вигину пружно-пластичних ниток скінченної жорсткості з несиметричним поперечним перерізом // Будівництво України. – 2007. – № 4. – С. 25 – 27.
- [14] Шалінський В.В. Особенности работы упругопластических нитей конечной жесткости с несимметричным поперечным сечением при потере устойчивости // Тезисы докладов коллоквиума «Расчет и проектирование пространственных большепролетных конструкций». – К.: Изд-во «Сталь», 2007. – С. 46 – 47.

Надійшла 26.05.09

ВПЛИВ АСИМЕТРІЇ ФОРМИ БУДИНКУ ТА ПРУЖНОЇ ОСНОВИ НА РОБОТУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

У теперішній час важко собі уявити сучасну архітектуру без висотних будинків. При цьому їх поверховість постійно збільшується, що обумовлено високою вартістю земельних ділянок і обмеженою кількістю придатних для забудови зон. Одним із прикладів такої забудови є 20-поверховий житловий будинок з підвалом і технічними надбудовами в два поверхи, розташований на перетині вулиць Вересневої та Рудневої у м. Києві (рис. 1).

Для його будівництва був відведений будівельний майданчик трикутної форми, що надихнуло проектувальників до асиметричного рішення фасаду будинку, який має трапецієподібний план. На першому поверсі розташовані вбудовані приміщення, інші 19 поверхів призначені для житлових приміщень. Основними вертикальними несучими конструкціями будинку є внутрішні і зовнішні стіни. Стіни підвалу, першого і другого поверхів виконані з монолітного залізобетону, стіни верхніх поверхів – із цегли, а міжповерхові перекриття із збірних залізобетонних плит. Монолітна залізобетонна фундаментна плита будинку спирається на буроін'єкційні висячі палі. Ядро жорсткості містить вертикальні несучі елементи шахти ліфтів і сходових кліток. Розмір будинку вздовж цифрових осей змінюється уступами від 9,7 до 34,7 м, а вздовж літерних осей дорівнює



П.В. Лайкін

технічний директор
ТОВ «Акме-Євросервіс»



О.В. Якімкін

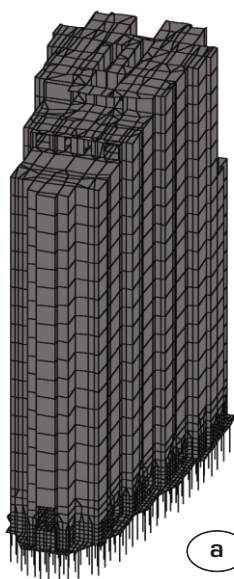
завідувач групи ВАТ
«УкрНДІпроектстальконструкція
ім. В.М. Шимановського», к.т.н.

37,25 м. Зміна форми будинку за висотою в рівнях 18–20 поверхів відбувається уступами. Позначка верху покриття двадцятого поверху розташована на висоті 61,6 м, технічної надбудови – 72,2 м.

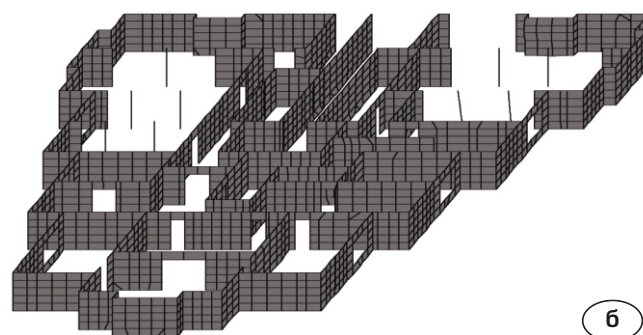
Для перевірки прийнятності проектного рішення було виконано чисельне моделювання будинку. Його скінченно-елементна модель виконана у тривимірній постановці. Значна частина конструктивних елементів будинку: стіни, огорожі ліфтових шахт і сходових кліток, міжповерхові перекриття, а також фундаментна плита – моделювалися трикутними і чотирикут-



Рис. 1. Загальний вигляд будинку



а



б

Рис. 2. Скінченно-елементна модель будинку:
а – загальний вигляд; б – підвальні приміщення

ними оболонковими скінченими елементами (СЕ). Моделювання багатопустотних плит перекриття виконувалося шляхом зменшення їхньої розрахункової товщини. Ділянки стін, що містять вікна, враховувалися у розрахунку зниженням товщини СЕ у відповідних зонах. Залізобетонні колони і палі моделювалися двовузловими стержньовими СЕ. Вплив пружної основи враховувався за допомогою спеціального типу СЕ-в'язів скінченної жорсткості. На рис. 2 наведена скінченно-елементна модель будинку і фрагмент підвального приміщення.

Значення жорсткості пружної основи пропорційно зменшено з урахуванням результатів досліджень роботи паль, оскільки осідання пального поля приблизно у 2,5 раза більше осідання окремої палі при однаковому навантаженні (кущовий ефект).

Основні несучі елементи – фундаментна плита, стіни, міжповерхові перекриття – у скінченно-елементній моделі з'єднані між собою жорстко. Ділянки сполучення оголовків паль із фундаментною плитою, а також примикання колон до перекриттів у моделі прийнято шарнірно-нерухомим. Умови закріплення, що прийняті в розрахунковій схемі, дозволяють нижнім кінцям паль переміщуватись тільки по вертикалі, що регламентовано жорсткістю пружно-піддатливих в'язей. Навантаження і їх розрахункові сполучення приймалися відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Аналіз результатів виконаних досліджень свідчить, що найбільш не вигідним є варіант, при якому вітрове навантаження діє на бічну поверхню будинку, розташовану уздовж цифрових осей. При цьому зусилля і напруження, що виникають у несучих елементах будинку, не перевищують допустимих значень для прийнятих матеріалів, а деформації не перевищують визначених нормами величин.

Несиметричність будинку призводить до нерівномірності деформацій у вертикальній площині, а дія вітрового навантаження – додатково до незначного їхнього перерозподілу в горизонтальній площині. У цілому характер розподілу і величини лінійних переміщень характеризують високу жорсткість запропонованого конструктивного рішення будинку (рис. 3).

У вертикальних несучих елементах при дії прийнятих сполучень навантажень спостерігаються стискальні напруження. Максимальні значення напружень розташовані у межах вхідних груп і являють собою локальні зони. На ділянках надвіконних і дверних перемичок спостерігаються розтягувальні напруження. Характер розподілу нормальних напружень N_z у стінах підвальної частини будинку показано на рис. 4.

Використання в несучих елементах будинку різномірних матеріалів: залізобетону (стіни підвалу і першого поверху) та цегли – з рівня другого поверху, а також збільшення площі

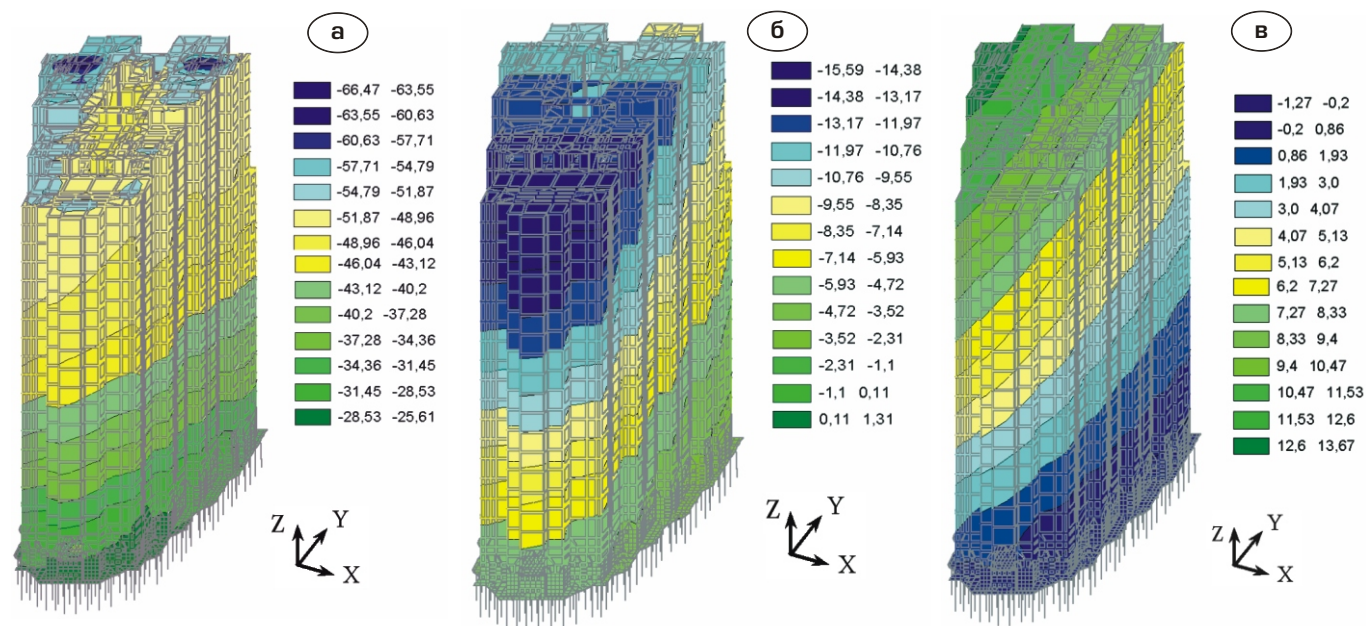


Рис. 3. Ізополя переміщень (10^{-3} м) уздовж:
а – осі OZ; б – осі OX; в – осі OY

вікон у зовнішніх стінах надземних поверхів, призводить до якісної зміни характеру розподілу напружень у конструкціях ядра жорсткості. Так максимальні напруження у несучих стінах на рівні восьмого поверху складають $N_x = -2,41$ МПа, $N_y = -2,42$ МПа.

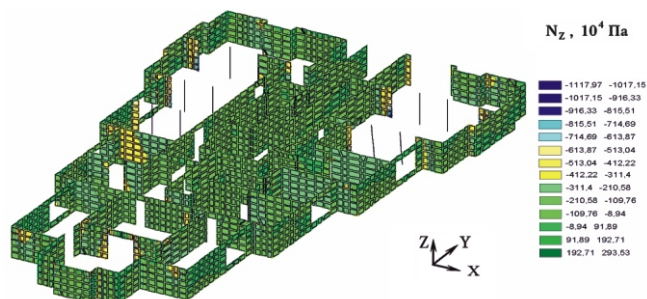


Рис. 4. Ізополя напружень N_z

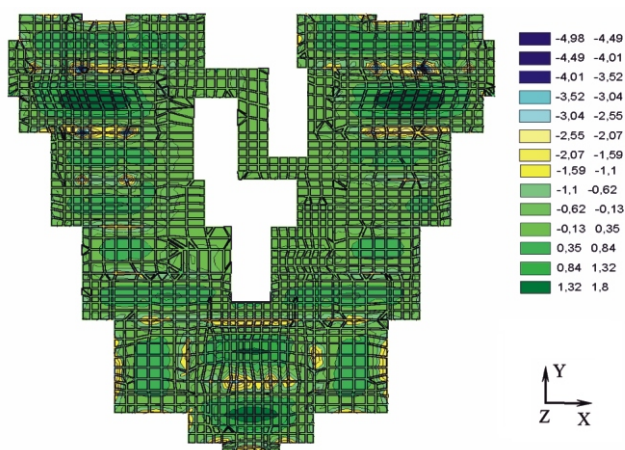


Рис. 5. Ізополя згинальних моментів M_y (10^4 Нм/м) у перекритті першого поверху будинку

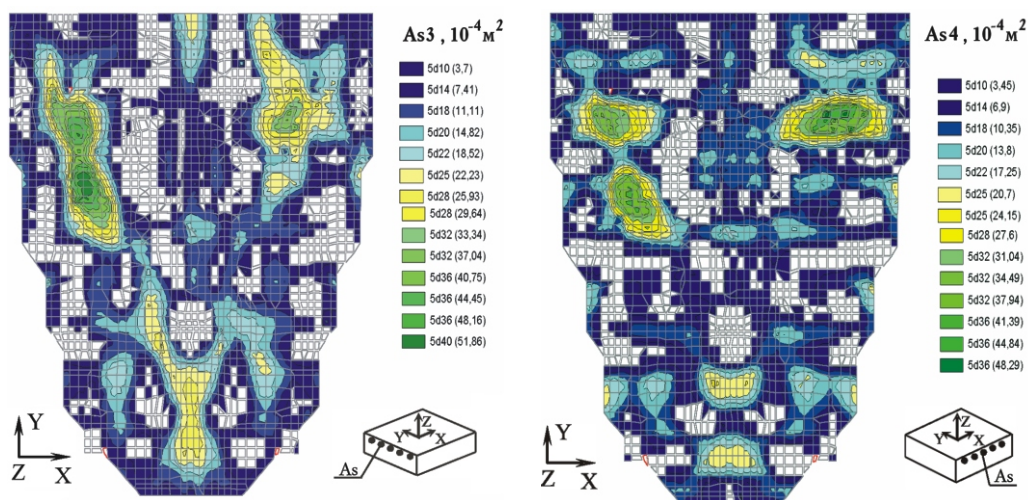


Рис. 6. Ізополя армування верхньої зони плити фундаменту

Отримані результати дозволили дійти висновку про необхідність встановлення непрямого армування при виконанні цегляного мурування на рівні 2–8 поверхів.

Найбільші значення напружень у плитах перекриттів відзначені на рівні перекриття першого поверху. Характер розподілу згинальних моментів M_y у перекритті першого поверху показано на рис. 5.

Врахування спільної роботи несучих конструкцій будинку і пружної основи дозволило раціонально розташувати палі і забезпечити більш рівномірний розподіл переміщень і напружень у конструкціях.

Пальовий фундамент забезпечує нормальну експлуатацію будинку при всіх сполученнях навантажень. Усі палі працюють на стиск, причому різниця мінімальних і максимальних зусиль, що виникають у них, складає не більше 20 %. Через асиметричну форму будинку найбільш навантаженими виявилися палі, розташовані безпосередньо під ядром жорсткості та у кутах будинку.

Моделювання основних несучих конструкцій будинку дозволило уточнити форму і товщину фундаментної плити та зменшити концентрацію напружень у місцях зміни форми і, у кінцевому підсумку, більш раціонально виконати її армування (рис. 6).

Аналіз додаткових досліджень свідчить, що врахування пружності ґрунтової основи трохи зменшує зусилля в палях, а площа робочої арматури у фундаментній плиті та стінах підвалу збільшується на 5,5 %.

Таким чином, комплексний підхід до розрахунку будівельних конструкцій, при якому моделювання об'єкта виконується в тривимірній постановці з урахуванням пружної основи, дозволяє враховувати особливості геометричної форми будинку, визначати найбільш навантажені зони конструкцій, підбирати раціональну форму фундаментної плити і розташування паль.

Надійшла 24.05.2007 р.

ПРИМЕНЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ФИРМЫ «ДАРНИЦА»

Календарное планирование строительного производства – один из основных этапов организационно-технологического проектирования и производства строительно-монтажных работ. Выполняется оно в виде проектного документа, регламентирующего потребность во времени и в пространстве живого труда, строительных машин, материально-технических и энергетических ресурсов, транспортных средств, временных зданий и сооружений, а также поставку технологического оборудования и комплектующих изделий, разработку проектно-сметной документации, распределение капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ.

Основной задачей календарного планирования строительного производства является поиск организационно-технологических вариантов с рациональной взаимосвязью элементов производства с целесообразной очередностью и взаимоувязкой работ в производстве и во времени при условии непрерывности их выполнения, потребления ресурсов или загрузки пространства производства (фронта работ). В некоторых случаях решение данных задач позволяет достичь непрерывности использования двух факторов производства, например непрерывности загрузки фронта работ и потребления ресурсов. Непрерывное использование всех факторов производства одновременно представляется весьма сложной и практически неразрешимой задачей.

Календарные планы являются основой как для организации строительного производства, так и для управления проектами и разрабатываются в составе следующих проектов:

- бизнес-план инвестиционного строительного проекта;
- проект организации строительства (ПОС), (рис. 1);
- проект обоснования инвестиций;
- проект производства работ (ППР), (рис. 2);
- проект годовой организации работ строительной организации, технологических карт и др.



Н.Д. Черномыз

директор по техническому сопровождению комплекса по изготовлению и монтажу металлических конструкций ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского»



А.В. Тимошук

студентка факультета автоматизации информационных технологий КНУБА

Кроме этого, календарный план также является основой для формирования графика финансирования строительства и графика денежного потока, связанного с оценкой экономической эффективности проекта.

В соответствии с календарными планами строительства разрабатываются календарные планы обеспечения: график потребности в рабочих кадрах и материально-технических ресурсах.

Структура, состав и степень детализации основных данных календарного плана зависят от назначения проектной документации, в состав которой входит календарный план, и, следовательно, определяются периодом работ, которому он посвящен, уровнем руководства, для которого предназначен, и временем, когда он разрабатывается. Основным параметром, определяющим весь остальной состав календарного плана, является период времени, на который он рассчитан.

Широкое распространение в календарном планировании строительного производства получили комплексный укрупненный сетевой график в составе проекта организации строительства (ПОС) и комплексный сетевой график в составе проекта производства работ (ППР).

Календарный план может быть представлен в различных формах, из которых наиболее наглядной является графическая, широко применяющаяся в виде линейного календарного (диаграмма Ганта) и сетевого графиков (графа).

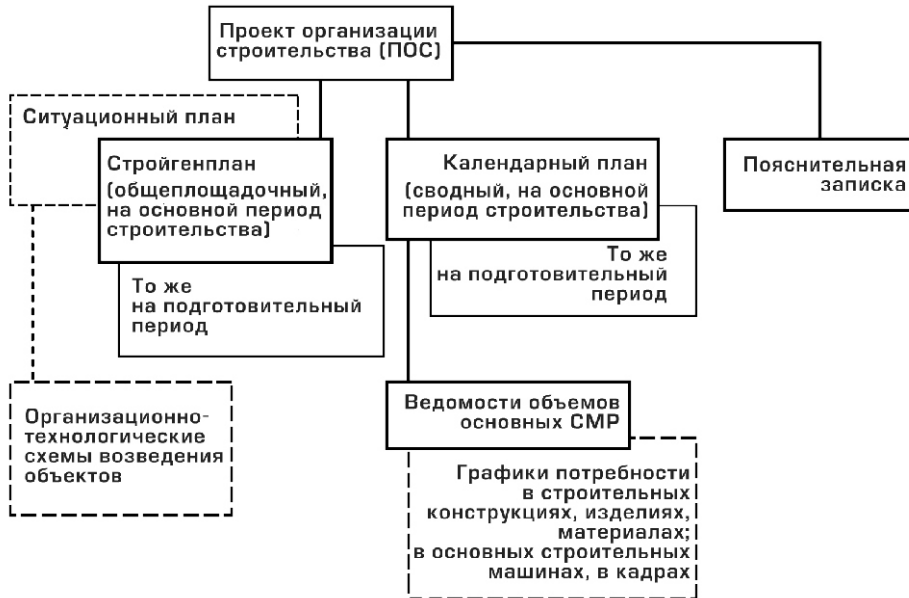


Рис. 1. Календарный план в составе ПОС

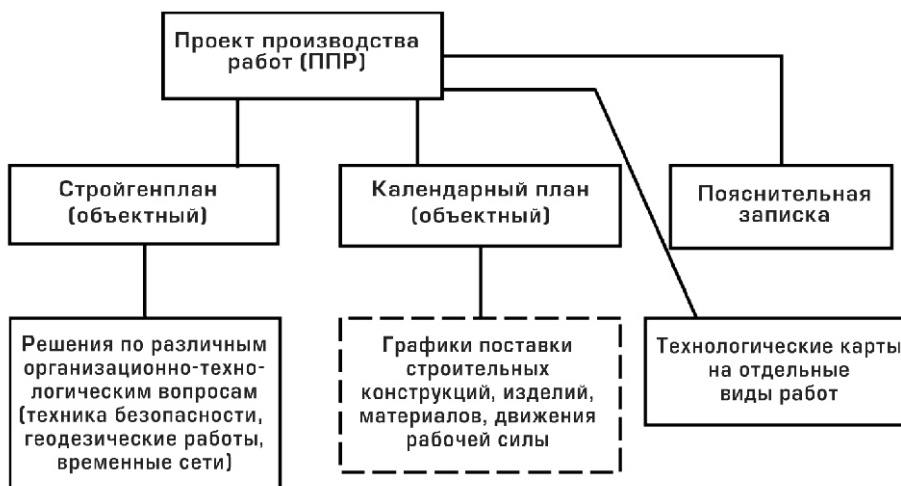


Рис. 2. Календарный план в составе ППР

Линейные календарные графики (предложены в конце XIX в. Г.Л. Гантом) определяют взаимосвязь объемов строительно-монтажных работ и времени их выполнения. На оси ординат указывается перечень видов работ, расположенных в технологической последовательности их выполнения, характеристики работ (объемы, стоимость, трудоемкость, машиноёмкость, состав исполнителей), а на оси абсцисс – принятые порядковые или календарные единицы времени, охватывающие весь период производства работ. На сетку осей ординат – абсцисс наносятся горизонтальные линии, характеризующие взаимосвязь указанных величин, т.е. ход и

сроки выполнения каждого вида работ. Под сеткой строятся эпюры потребности в исполнителях, строительных машинах, финансах и т.д. Линейные календарные графики – это наглядная модель, легко усваивающая происходящие события, но консервативна в своем исполнении и отражает одну возможную ситуацию хода строительства. При возникающих отклонениях во времени и во взаимосвязи по факторам производства модель должна быть скорректирована или построена заново.

Сетевые графики (модели, предложенные Дж.Е. Келли и Р.М. Уолкером) представляют собой ориентированную граф-сеть, образуемую стрелками (работами и связями) и кружками (событиями), обозначающими начало и окончание каждой работы или связи. Внедрение сетевых графиков позволило автоматизировать календарное планирование строительного производства и оптимизировать организационно-технологические решения при изменении ситуации строительства под действием его дина-

мизма и интенсификации, а также охватывать практически беспредельное количество событий и их взаимосвязей. Применение сетевых графиков при календарном планировании строительного производства способствует улучшению качества планов и их технических решений; повышению точности и обоснованности расчета продолжительности работ; упрощению процесса управления работами; созданию возможности прогнозировать ход работ, объективно оценивать влияние возникающих отклонений на отдельных работах, их последующее влияние на другие виды работ, на отклонение общего срока строительства объекта и на этой основе



Рис. 3. Монтаж здания складского помещения фирмы «Дарница»

принятию организационно-технологических решений; а также точному и своевременному планированию и управлению работами на самых сложных и крупных объектах, имеющих большие массивы информации, за счет использования электронно-вычислительной техники.

Рассмотрим применение календарных планов на примере фармацевтической фирмы «Дарница», проведшей модернизацию складского хозяйства по проекту немецкой фирмы SCHAFER, которая специализируется на внедрении роботизированных складских комплексов (рис. 3). Каркасом для складских комплексов служат стеллажные системы на основе специальных профилей.

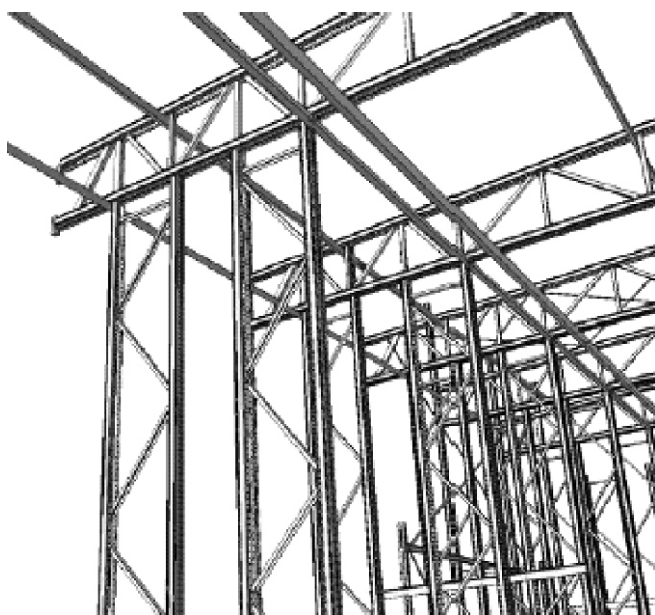


Рис. 4. Соединенные рамы с фермами крыши и верхним направляющим рельсом

Управление осуществляется с центрального компьютера, которому задаются параметры продукта, которые в свою очередь управляют роботами-штабелерами, а те производят автоматическое складирование, доставку и получение продукции.

Габаритные размеры склада для хранения продукции составляют приблизительно 80,3 22,3 27,9 м.

Стеллажная система и нагрузки на здание хранилища. Стеллажная система выполнена в виде здания каркасного типа, т.е. ветровую и снеговую нагрузки должна воспринимать каркасная конструкция. Элементы стен и крыши крепятся непосредственно к каркасным конструкциям, это обстоятельство необходимо учитывать при выполнении расчетов. Система имеет три продольных прохода, по которым перемещаются роботы (краны-штабелеры), перевозящие паллеты с продукцией.

Краны передвигаются вдоль нижнего и верхнего направляющих рельсов, причем нижний рельс прикреплен непосредственно к плитам пола и заделан в бетон, не дающий усадки, что позволяет скомпенсировать неровности укладки плит пола, а верхний рельс укреплен под нижним поясом фермы крыши.

Горизонтальные усилия возникают в результате работы кранов с поддонами.

При подъеме, загрузке и выгрузке поддона возникает горизонтальное усилие в направлении поперек прохода. Эта сила передается на две рамы через верхний направляющий рельс и фермы крыши.

Конструктивные особенности. Рамы состоят из вертикальных стоек шириной 120 мм, имеющих поперечное сечение в -подобной форме, и швеллерных связей, которые крепятся болтами к стойкам (рис. 4). Каждая рама скрепляется в двух местах с помощью специального соединителя – холодноформованной стальной ленты с горячим гальваническим покрытием, имеющей различный предел текучести: S250GD+, S350GD+ and S400GD+.

Балки опоры для паллет выполнены из профилей -Sigma, которые имеют специальную конструкцию и обладают большим сопротивлением на скручивание по сравнению с обычным С-профилем (рис. 5).

На обоих концах каркаса имеются консольные выступы для обеспечения безопасной уста-

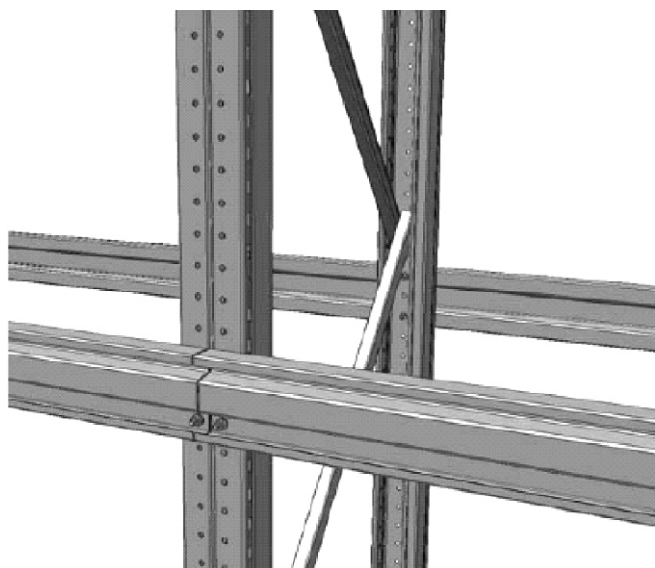


Рис. 5. Опорная балка для паллет из профиля CS

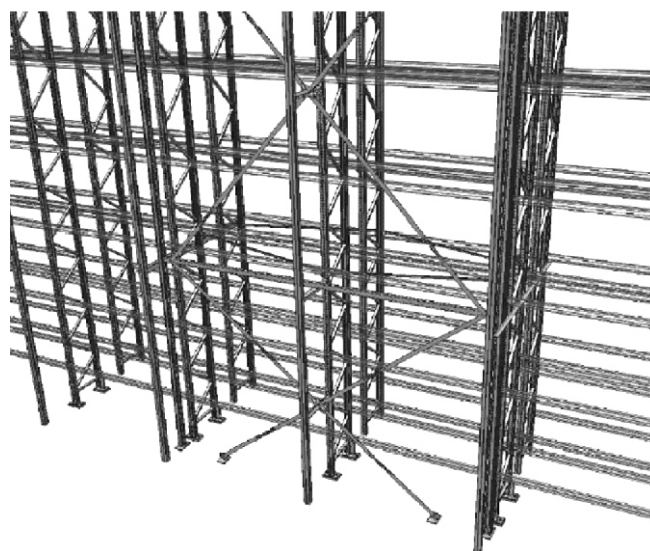


Рис. 6. Общая система связей с опорной башней

новки паллет. В этих местах выполняется усиление с помощью второго профиля с целью уменьшения деформации. Для исключения взаимного смещения профилей и их изгиба концы соединяются друг с другом.

Балки привинчиваются к вертикальной стойке с помощью 4 болтов М10 класса 8.8.

Фермы крыши и вертикальные рамы имеют аналогичную конструкцию, соединения выполнены на болтах. На внутренней стороне рамной

Таблица 1

Календарный график выполнения монтажных работ металлической высокостеллажной конструкции

№	Наименование работ	Количество	Продолжительность, чел.-дней	Состав бригады на 1 смену	Срок выполнения, недели
1	Геодезические измерения, м ²	2000	16	1 геодезист, 1 монтер, 2 подсобника	23–26
2	Висверливание анкерных отверстий, шт	750	90	1 монтер, 2 подсобника	23–30
3	Монтирование анкеров, шт	750	90	2 монтера, 2 подсобника	23–30
4	Предварительный монтаж боковин конструкции, шт	329	200	4 монтера	23–30
5	Предварительное монтирование конструкции крыши, пролетов	27	200	4 монтера	23–30
6	Предварительное монтирование соединительных элементов, шт	8	150	2 монтера	23–35
7	Монтирование блоков, шт	96	750	4 монтера-высотника, 6 монтеров	23–35
8	Монтирование основ, компл.	1	200	4 монтера	23–30
9	Монтирование переходных решеток, компл.	1	75	3 монтера-высотника	32–35
10	Монтирование ограждения, компл.	1	75	2 монтера-высотника, 1 монтер	32–35
11	Дополнительные конструкции, компл.	1	75	2 монтера-высотника, 2 монтера	32–35

Таблиця 2

График Ганта по модернизации складского хозяйства фармацевтической фирмы «Дарница»

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Количество	Продолжительность, дней	Исполнитель	2007 год																				
						месяц, неделя																				
						VI			VII			VIII			IX			X								
						23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
1	Возведение стеллажных систем	осн	X1-X27	85	SCHAFER	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 27.06]																				
2	Проектирование и согласование чертежей «АР»			30	УПСК	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 25.06]																				
3	Разработка и согласование ППР, ПОС			20	ЗРБ	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 27.06]																				
4	Выделение площадки складирования профнастила, кассет и минваты	м ²	630	1	ДАРНИЦА	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 20.06]																				
5	Выделение площадки размещения офиса ЗРБ	м ²	30	1	ДАРНИЦА	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 21.06]																				
6	Завоз и выгрузка материалов и комплектующих	м ²	4528	20	УПСК	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 20.08]																				
7	Передача по Акту стеллажных конструкций в осях X1-X9	осн	X1-X9	2	ДАРНИЦА	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 01.07]																				
8	Установка г/п механизмов, лесов и др.	шт/м	3/2100	3	ЗРБ	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 04.07]																				
9	Монтаж кассет	м ²	4528	56	УПСК	[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 30.08]																				
10	Монтаж обшивки стен профлистом + минвата	м ²	4528	52	УПСК	[Гант-график: работы выполняются с 23.07 по 15.08]																				
11	Монтаж профнастила кровли	м ²	1900	35	УПСК	[Гант-график: работы выполняются с 23.07 по 15.08]																				
12	Монтаж фасонных элементов стен и кровли	м.п.	771	13	УПСК	[Гант-график: работы выполняются с 23.07 по 26.08]																				
13	Сдача по Акту 50% выполненных работ					[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 10.08]																				
14	Сдача по Акту 50% выполненных работ					[Гант-график: работы выполняются с 23.06 по 20.09]																				

системы использованы С-профили, а на концах применены прямоугольные секции, которые обеспечивают повышенное сопротивление напору ветра.

Фермы крыши соединяются с рамами болтами через уголок, расположенный между ними, и через продольный прогон, расположенный в направлении параллельно проходу.

Устойчивость каркасной системы в направлении вдоль проходов обеспечивается опорными балками.

Спроектированная система (рис. 6) может сохранять устойчивость и имеет минимальные величины отклонений, что очень важно для обеспечения безаварийной работы роботов-штабелеров.

В составе ППР был также разработан детальный календарный график срока выполнения монтажных работ металлической высокостеллажной конструкции (табл. 1) и линейный календарный график (график Ганта) совместной работы ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского» и других организаций по модернизации складского хозяйства фармацевтической фирмы «Дарница» (табл. 2).

Кроме того, учитывая жесткие сроки монтажа каркаса и параллельного монтажа оборудования, ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского» были составлены промежуточные графики поставки материалов от польской фирмы «BALEX-METAL» и других поставщиков.

В результате календарного планирования всех работ ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского» досрочно выполнило договорные обязательства по проектированию и монтажу роботизированного комплекса на фармацевтической фирме «Дарница».

Надійшла 10.02.2009 р.

КАТАЛОГ ПОМИЛОК, ВИЯВЛЕНИХ У ПЕРЕЛІКУ ЧИННИХ В УКРАЇНІ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ У ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА (станом на 1 січня 2009 року)

Каталог помилок створений у результаті перевірки відповідності змісту Переліку чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва (станом на 1 січня 2009 року) реєстру нормативних документів будівельної галузі, який входить до складу професійної нормативно-правової бібліотеки «НОРМАТИВ PRO».

У Каталогі вказані тільки ті помилки, що не викликають сумніву, наприклад, помилкова назва документа або наявність документів, що втратили чинність, тощо.

До Каталогу помилок не внесені деякі посібники до відмінених або замінені іншими документами СНиП, оскільки питання щодо чинності цих посібників достатньо суперечливі з юридичної точки зору. Відповідними наказами відміняються саме СНиП, але не відміняються посібники до них. Якщо СНиП замінений новими ДБН, то юридичний статус посібника до відміненого або заміненого СНиП чітко не визначений.

Також не має практичної цінності для фахівців наступна інформація у Переліку: «діє в частині, що не суперечить вимогам...» без вказівки яким саме вимогам суперечить законодавству документ та які саме розділи (параграфи, частини) документа є дійсно чинними.

Досить суперечливим, нерозкритим законодавчо і невідомим для користувачів є критерій відбору документів до Переліку. Кількість нормативних документів, що мають відношення до будівельної галузі, згідно з інформацією «НОРМАТИВ PRO» (розділ будівництво) повинна бути значно більшою. В цілому, загальна кількість документів, що містить «НОРМАТИВ PRO», збільшена за рахунок діючих на території України стандартів і відомчих документів, які мають безпосереднє відношення до проектування, будівництва та виробництва і нормування будівельних матеріалів, які відсутні у Переліку.

Зважаючи на те, що Перелік чинних в Україні нормативних документів має включати абсолютно усі документи будівельної галузі, незрозумілою є відсутність у ньому досить значного розділу кошторисних будівельних документів, які безумовно відносяться до будівництва.

Слід звернути увагу також на декілька десятків нормативних документів, які не були скасовані або замінені протягом останнього року, і вказувалися в Переліку чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва (станом на 1 січня 2008 року), а у зазначеному Переліку відсутні.

У Каталогі помилок не вказані наявні синтаксичні помилки в позначеннях або назвах документів та помилки макетування (як, наприклад, безпідставне вживання букв різного регістра в назвах документів (стор. VII Переліку, документ – ВСН 51-5-85/МиннеФтегазпром, хоча слід відзначити, що на сторінці опису документа назва вже виправлена).

На думку спеціалістів «НОРМАТИВ PRO», дуже спірною є практика формування назв та позначень документів, що застосована в Переліку. Назва та позначення документа повинні співпадати з текстом оригіналу цього документа. У Переліку позначення документів не співпадають з позначенням документів, що містяться в самому тексті документа. Мають місце аббревіатури та скорочення. Як приклад можна навести позначення в документах Переліку «ММСС» (стор. 45), а в оригінальних текстах вони позначені «Минмонтажспецстрой». Ці документи не перелічені в Каталогі помилок, тому що назва організації в позначенні нібито і присутня, але звернути увагу на таку невідповідність все ж потрібно.

При створенні даного Каталогу помилок не аналізувалась відсутність або наявність помилок у «додаткових даних» до документів Переліку та правильність назви організації-розробника по кожному документу, ця тема очевидно буде розкрита в нових каталогах помилок або в «режимі реального часу» в бібліотеці «НОРМАТИВ PRO» чи на офіційному сайті проекту www.normativ.ua.

Перевірка відповідності Переліку чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва (станом на 1 січня 2009 року) чинному законодавству України та реєстру нормативних документів будівельної галузі, що входить до складу професійної нормативно-правової бібліотеки «НОРМАТИВ PRO», здійснюється щорічно під керівництвом наукового керівника проекту «НОРМАТИВ PRO», к.т.н. Т.І. Власюка.

Замовити виправлений Перелік із Каталогом помилок можна за телефонами: (044) 361-32-38, 537-15-89, 537-15-79 або знайти на сайті document.ua. Користувачам професійної нормативно-правової бібліотеки «НОРМАТИВ PRO» він надається безкоштовно відразу після виходу та обробки.



А.В. Мар'ян
керівник проекту
професійної
нормативно-правової
бібліотеки «НОРМАТИВ PRO»

**Невідповідності Переліку чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва
(станом на 1 січня 2009 року) реєстру нормативних документів будівельної галузі,
що входить до складу професійної нормативно-правової бібліотеки «НОРМАТИВ PRO»**

Назва та позначення документа в Переліку, виданому ТК Будтехнормування	Стор.	Виявлені помилки	Підстави
ДСТУ Б В.2.7-140:2008	117	Помилка в позначенні документа. Правильно: ДСТУ Б В.2.7-140:2007	Наказ Мінрегіонбуду України від 21 січня 2008 року № 22: 1. Прийняти з наданням чинності з 1 липня 2008 року ДСТУ Б В.2.7-140:2007 «Труби з поліпропілену та фасонні частини до них для внутрішньої каналізації будинків і споруд. Технічні умови» (EN 1451-1:1998, MOD)...
ДСТУ Б В.2.7-141:2008	117	Помилка в позначенні документа. Правильно: ДСТУ Б В.2.7-141:2007	Наказ Мінрегіонбуду України від 21 січня 2008 року № 21: 1. Прийняти з наданням чинності з 1 липня 2008 року ДСТУ Б В.2.7-141:2007 «Труби з непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови» (EN ISO 1452:1999, MOD)...
ДСТУ Б В.2.7-142:2008	117	Помилка в позначенні документа. Правильно: ДСТУ Б В.2.7-142:2007	Наказ Мінрегіонбуду України від 21 січня 2008 р. № 18: 1. Прийняти з наданням чинності з 1 липня 2008 року ДСТУ Б В.2.7-142:2007 «Труби з хлорованого полівінілхлориду та деталі з'єднувальні до них для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення. Технічні умови» (ISO/DIS 15877:2006, EN ISO 1452:1999, MOD)...
ДСТУ Б В.2.7-143:2008	117	Помилка в позначенні документа. Правильно: ДСТУ Б В.2.7-143:2007	Наказ Мінрегіонбуду України від 21 січня 2008 року № 25: 1. Прийняти з наданням чинності з 1 липня 2008 року ДСТУ Б В.2.7-143:2007 «Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення. Технічні умови» (EN ISO 15875-2:2003, MOD)...
ДСТУ Б В.2.7-144:2008	117	Помилка в позначенні документа. Правильно: ДСТУ Б В.2.7-144:2007	Наказ Мінрегіонбуду України від 21 січня 2008 року № 26: 1. Прийняти з наданням чинності з 1 липня 2008 року ДСТУ Б В.2.7-144:2007 «Труби для мереж холодного та гарячого водопостачання із поліпропілену. Технічні умови» (EN ISO 15874-2:2003, MOD)...
ВСН-05-06/Минэнерго СССР	101	Помилка в позначенні документа. Правильно: ВСН-05-06/ГПКЭиЭ СССР	Документ «ВСН-05-06/ГПКЭиЭ СССР Рекомендации по учету влияния возраста бетона на его основные технические свойства» Орган, що його видав: Государственный производственный комитет по энергетике и электрификации СССР Перевірено згідно з текстом документа.

Назва та позначення документа в Переліку, виданому ТК Будтехнормування	Стор.	Виявлені помилки	Підстави
НАОП 0.00-1.02.99	181	Документ названий діючим. Насправді він замінений новим документом НАОП 0.00-1.02.08	НПАОП 0.00-1.02-08: Затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 01.09.2008 р. № 190; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 жовтня 2008 р. за № 937/15628
НАПБ Б.06.004-2005	182	Документ названий діючим. Насправді він замінений новим документом НАПБ Б.06.004-2007	Наказ МНС № 531 від 03.08.2007 р., зареєстровано № 947/14214 16.08.2007 р.
НАПБ 06.006-81	184	Документ названий діючим. На цей час діючим є документ НАПБ В.01.034-2005/111 «Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України» Незважаючи про втрату чинності, НАПБ 06.006-81 є в Переліках станом на 2006, 2007, 2009 рр. та відсутній у Переліку 2008 р.	Наказом Міненергетики України від 25.01.1999 р. № 27 затверджені «Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України», що відміняють НАПБ 06.006-81. В свою чергу, НАПБ В.01.034-2005/111 замінює НАПБ 06.006-99 [наказ Міністерства палива та енергетики України від 26.07.2005 р. № 343; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 19 жовтня 2005 р. за № 1230/11510]
ВНТП 06-85/ Минлеспром СССР ВНТП 06-85/ Гослесхоз СССР	173 174	Очевидно це один і той же документ	Обидва документа мають однакову назву «Нормы технологического проектирования деревообрабатывающих производств по выпуску столярных изделий и паркетных щитов при объеме переработки пиломатериалов до 10 тыс. кв. м в год» На цей час немає повного тексту цього документа для підтвердження даного припущення
ВНТП 532/739-85	168	Незрозуміле віднесення документа до діючих саме в 2009 р.	Документ 1985 р. відсутній у Переліку 2008 р. Був присутній у Переліках 2006 та 2007 рр., але під назвою «ВНТП 532/739-87» Знову з'явився в Переліку 2009 р.
ВБН Г.1-218-006-96	143	Документ названий діючим. Насправді діє документ – ВБН Г.1-218-006:2006 ВБН Г.1-218-006-96 був відмінений ще в 2006 р.	Державна служба автомобільних доріг України. Наказ від 31.10.2006 р. № 500 «Про затвердження відомчих норм природних втрат ВБН Г.1-218-006:2006»
ВБН Г.1-218-007-96	143	Документ названий діючим. Насправді діє документ ВБН Г.1-218-007:2004. ВБН Г.1-218-007-96 був відмінений ще в 2004 р.	
СНиП 2.05.09-90	55	Документ названий діючим. Насправді діє документ ДБН В.2.3-18:2007	ДБН В.2.3-18:2007 замінює СНиП 2.05.09-90, наказ Мінрегіонбуду України від 28 грудня 2007 р. № 401

Назва та позначення документа в Переліку, виданому ТК Будтехнормування	Стор.	Виявлені помилки	Підстави
ДБН В.2.3-18:2007	—	Документ відсутній у Переліку	Має відношення до будівельних нормативів
ГОСТ 23668-79	127	Зазначений документ не є діючим	Скасовано без заміни наказом Держспоживстандарту України від 12.10. 2006 р. № 300 (ІПС № 10, 2006 р.)
ДСТУ Б В.2.5-36:2008	72	Помилка в позначенні документа. Правильно: ДСТУ Б В.2.5-36:2007	Наказ Мінрегіонбуду України від 21.01.2008 р. № 17 про прийняття національного стандарту ДСТУ Б В.2.5-36:2007 «Номенклатура показників при підтвердженні відповідності трубопровідної продукції для будівництва мереж гарячого водопостачання та опалення будинків і споруд та методи випробувань» (EN ISO 15874-7:2003, EN ISO 15875-7:2003, MOD)
ГНД 34.20.176-2004/ Мінпаливенерго України	81	Документ не є діючим	Відмінений главами 2.4, 2.5 ПУЕ редакції 2006 р.
ВСН 190-79/ Минтрансстрой СССР	59	Помилка в назві документа. Правильно: ВСН 190-78/Минтрансстрой СССР	Згідно з текстом документа
ВСН 006-88/ Миннефтегазстрой СССР Ведомственные строительные нормы. Строительство магистраль- ных и промысловых трубопроводов. Сварка	60	Помилка в назві та позначенні документа. Правильно: ВСН 006-89/ Миннефтегазстрой СССР Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка	Згідно з текстом документа
ВСН 51-3-85/ Миннефтегазпром	61	Помилкова або неповна назва документа	Згідно з текстом документа: «Проектирование промышленных стальных трубопроводов ВСН 51-3-85 Мингазпром ВСН 51-2.38-85 Миннефтепром»
ВСН 51-5-85/ Миннефтегазпром	30	Помилка в назві документа. Правильно: ВСН 51-5-85/Мингазпром СССР	Згідно з текстом документа
ВСН 41-88/ Миннефтегазпром СССР Проектирование ледостойких стационарных платформ	64	Незрозуміле віднесення документа до діючих саме в 2009 р.	Документ 1988 р. відсутній у Переліку 2008 р.
ВСН 411-80/ММСС СССР	79	Документ названий діючим. Насправді діє документ – ВСН 411-88/ММСС СССР	З тексту ВСН 411-88/ММСС СССР: «С введением в действие ВСН 411-88 Минмонтажспецстрой СССР «Монтаж смазочных, гидравлических и пневматических систем общепромыш- ленного назначения» утрачивают силу ВСН411-80/ММСС СССР»
ВСН 385-77/ММСС СССР «Инструкция по намыву территории на торфах ВНИИГС»	45	Документ названий діючим. Насправді діє документ ВСН 385-88 «Устройство оснований под гражданское и промышленное строительство гидромеханизированным способом»	З тексту ВСН 385-88: «С введением в действие ВСН 385-88 «Устройство оснований под гражданс- кое и промышленное строительство гидромеханизированным способом» утрачивают силу ВСН 385-77 «Инструкция по намыву территории на торфах»

Назва та позначення документа в Переліку, виданому ТК Будтехнормування	Стор.	Виявлені помилки	Підстави
РСТ УССР 1951-84 «Картоны тепло-, теплозвукоизоляционные на основе стеклянных штапельных волокон из горных пород. Технические условия»	131	Документ названий діючим. Насправді діє документ ТУ У 88.023.018-95 «Картоны тепло-, теплозвукоизоляционные на основе стеклянных штапельных волокон из горных пород. Технические условия»	З тексту ТУ У В.2.7-88.023.018-95 «взамен РСТ УССР 1951-84» Згідно з текстом документа
РСТ УССР 1970-86 «Холсты из микро-, ультра-, супертонких и стекломикростеклянных штапельных волокон из горных пород. Технические условия»	131	Документ названий діючим. Насправді діє документ ТУ У В.2.7-88.023.025-96 «Холсты из микро-, ультра-, супертонких и стекломикростеклянных штапельных волокон из горных пород. Технические условия»	З тексту ТУ У В.2.7-88.023.025-96 «взамен РСТ УССР 1970-86» Згідно з текстом документа
ВСН 64-86/Минхимпром СССР	39	Не діючий. Його замінює галузевий нормативний документ «Технические требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов контроля взрывоопасных и предельно допустимых концентраций химических веществ в воздухе производственных помещений и открытых установок химических производств»	«Технические требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов контроля взрывоопасных и предельно допустимых концентраций химических веществ в воздухе производственных помещений и открытых установок химических производств», затверджений Мінпромисловості України 02.10.1995 р., узгоджений Держнаглядохоронпраці України 28.09.1995 р.
ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2008	72	Помилка в позначенні документа Правильно: «ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007»	Наказ Мінрегіонбуду України від 21.01.2008 р. № 19 про прийняття національного стандарту ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007 «Теплові мережі та мережі гарячого водопостачання з використанням попередньо теплоізолюваних трубопроводів. Настанова з проектування, монтажу, приймання та експлуатації»

Професійна нормативно-правова бібліотека «НОРМАТИВ PRO» – провідна компанія українського ринку з комплексного забезпечення нормативами.

Використання професійної нормативно-правової бібліотеки «НОРМАТИВ PRO» рекомендовано листом Міністерства будівництва, архітектури і житлово-комунального господарства України № 11/9-500 від 28.04.2007 р.

На «НОРМАТИВ PRO» отриманий позитивний висновок від секції з питань технічного регулювання у будівництві науково-технічної ради Мінбуду.

Впровадження електронної нормативної бази серед суб'єктів підприємництва, підприємств, установ і організацій рекомендоване листом Держпромгірнагляду № 03/3638 від 12.07.2006 р.

Застосування «НОРМАТИВ PRO» рекомендовано для нормативного забезпечення закладів держсанепідслужби МОЗ України, інших установ та організацій, зокрема суб'єктів підприємницької діяльності, які у межах своєї компетенції повинні виконувати вимоги санітарного законодавства згідно з листом Центральної СЕС № 03/921 від 06.05.08 р.

Офіційний сайт «НОРМАТИВ PRO»: www.normativ.ua,

Надійшла 31.03.2009 р.

ПРИЧИНИ І НАСЛІДКИ ВИЗНАННЯ ДОГОВОРІВ НЕУКЛАДЕНИМИ

(З ДОГОВІРНОЇ ПРАКТИКИ)



А.М. Шабас

провідний юрисконсульт
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція
ім. В.М. Шимановського»

Останнім часом у господарських судах почастишали випадки визнання договорів неукладеними, правовою підставою для цього є неузгодження сторонами всіх істотних умов договору: *предмета, строку дії договору та ціни*. Відсутність подібної згоди між сторонами (незалежно від причин) і є головною правовою підставою для визнання договору неукладеним. На практиці здебільшого йдеться про наступні ситуації: з наявних документів неможливо зрозуміти, про що саме домовились сторони; досягнуті домовленості неможливо виконати саме через невизначеність умов і вимог до виконавця.

Характерним прикладом зазначених випадків може слугувати справа з судової практики ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», за якою інститут було залучено у якості третьої особи.

Українське державне підприємство «А» (далі – Позивач) звернулося до Господарського суду Донецької області з позовом до закритого акціонерного товариства «Б» (далі – Відповідач) про розірвання договору на виконання проектних робіт (далі – Договір), а також про стягнення збитків у сумі 257940 грн. Позивач висунув позовні вимоги стосовно повернення безпідставно отриманих коштів у зв'язку з тим, що Договір є неукладеним, оскільки сторони (замовник – Позивач та виконавець – Відповідач) не погодили ані предмета Договору, ані строку його дії, ані календарного плану виконання робіт, який за погодженням сторін має бути невід'ємною частиною Договору.

Дослідивши матеріали справи та оцінивши Договір, із яким сторони пов'язують власні позовні вимоги та заперечення, суд виніс рішення, що сторони не дійшли обопільної згоди щодо суттєвих умов Договору.

Зокрема, Договором та Календарним планом до нього передбачено, що предметом правочину є розроблення проектно-кошторисної документації на індивідуальне виготовлення та монтаж радіовежі заввишки 100 та більше метрів. Водночас інші документи, які визначені як додатки до Договору (технічне завдання на розробку та завдання на проектування), містять посилання на те, що предметом Договору має бути розроблення проектно-кошторисної документації на виготовлення та монтаж антенної радіощогли заввишки 98 метрів радіорелейної лінії зв'язку.

Як відомо, технічні поняття радіовежа заввишки 100 і більше метрів та радіощогла заввишки 98 метрів є несумісними, оскільки вони суттєво відрізняються з технічної та конструкційної точки зору. Виходячи з цього, суд дійшов висновку, що сторони не погодили при укладанні Договору його предмет.

Що стосується строків виконання робіт, то Договір містить умову: «...строк виконання робіт у повному обсязі – _____ місяці від дати підписання цього Договору...». Наданий Позивачем примірник Календарного плану у графі «Строк виконання початок/закінчення» передбачає, що: «...Закінчення __ . __ . 2004...». Враховуючи вказане, суд визначив, що сторони окрім предмета Договору не погодили також і строки виконання підрядних робіт, які безумовно є істотною умовою Договору на підставі закону та самого правочину.

Нарешті, окремі пункти Договору визначають Календарний план як його невід'ємну частину, яка передбачає істотні умови Договору – загальний строк виконання робіт, термін виконання кожного етапу робіт, а також склад і обсяг підрядних робіт. Оцінивши Календарний план, суд дійшов висновку, що він не містить дати його підписання, поетапного складу та обсягу робіт і строку їх закінчення. До того ж, зазначений Календарний план зі сторони Відповідача підписаний невідомою особою, посада та ім'я якої не вказані, а також не завірений печаткою Відповідача, що суперечить нормам Господарського кодексу України.

З огляду на наведене, суд дійшов висновку, що Договір між сторонами є неукладеним, тобто таким, що не відбувся як юридичний факт.

Рішенням Господарського суду Донецької області від 31.01.08 р. позов було задоволено, Договір визнано неукладеним, а на Відповідача покладено обов'язок повернути Позивачу безпідставно набуте майно у вигляді грошових коштів у сумі 257940 грн.

Відповідач не погодився з цим рішенням і звернувся до Донецького апеляційного господарського суду з апеляційною скаргою.

Розглянувши матеріали справи, апеляційну скаргу, заслухавши у судовому засіданні представників сторін, апеляційна інстанція дійшла висновку, що оскаржуване рішення підлягає скасуванню. У постанові зазначено, що Договір на виконання проектних робіт є укладеним, сторони узгодили всі істотні умови Договору, приступили до його виконання та виконали усі зобов'язання згідно з Договором. Тому і підстави, з якими Позивач пов'язував повернення сплачених грошових коштів за розроблення проектно-кошторисної документації, відсутні.

Таким чином, на сьогодні остаточне рішення відсутнє, бо Позивач, як впливає з вищенаведеного, обов'язково звернеться до суду вищої інстанції. Яким буде наступне рішення суду щодо даної справи в касаційній інстанції передбачити дуже важко.

Однак, наперед можна зазначити, що якщо договір буде визнаний неукладеним, то наслідком цього буде таке:

1. Сторони будуть позбавлені можливості взаємного спонукання до виконання умов Договору, що визнаний неукладеним.

2. Сторони Договору не зможуть його доповнювати, змінювати чи розірвати, оскільки подібні дії можливі тільки по відношенню до укладеного Договору.

3. Потерпіла сторона позбавляється можливості вимагати від винної сторони стягнення грошової заборгованості, повернення втраченого майна тощо на підставі норм права, що регулюють договірні відносини, оскільки договірних відносин у даному випадку не існує.

4. Потерпіла сторона позбавляється можливості стягнення встановлених Договором або нормативно-правовим актом штрафу, пені, відсотків тощо через відсутність порушення зобов'язань за неукладеним Договором.

5. Не існує можливості відшкодування збитків з винної сторони, пов'язаних із невиконанням чи неналежним виконанням Договору, через те, що неукладений Договір не може встановити обов'язку виконання його умов, що, у свою чергу, позбавляє можливості залучення винної сторони до відповідальності за невиконання Договору.

Отже, загальною рекомендацією сторонам, які укладають Договір підряду, є чітке і неухильне дотримання вимог законодавства при визначенні умов Договору, а також його чітка деталізація. Чим більше нюансів та аспектів таких правовідносин буде визначено завчасно і врегульовано в Договорі, тим менша вірогідність виникнення судового спору між сторонами. І тим більше шансів, що у випадку судового розгляду справи добросовісна сторона зможе швидко та ефективно захистити свої права.

Надійшла 29.09.2008 р.

ОФІЦІЙНА ІНФОРМАЦІЯ

У ДЕРЖАВНІЙ КОРПОРАЦІЇ «УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»

23 квітня ц.р. року відбулося засідання правління державної корпорації «Укрмонтажспецбуд», на якому були підведені підсумки роботи її організацій і підприємств протягом першого кварталу поточного року. У прийнятому рішенні затверджені додаткові заходи, спрямовані на подолання кризових явищ у галузі монтажного виробництва, в тому числі щодо виходу на нові підрядні ринки за межами України, збереження виробничого та людського потенціалу, активне залучення підрозділів корпорації до спорудження об'єктів ЄВРО-2012 та інші.

Відповідно до рішення ради корпорації в першому півріччі 2009 р. розпочалася робота із створення на базі організацій і підприємств корпорації чотирьох консорціумних об'єднань з будівництва «під ключ» об'єктів енергетики, промбудматеріалів, транспорту та нафтогазового комплексу. До складу цих об'єднань ввійдуть провідні проектні і будівельні організації та промислові підприємства України.

У березні-травні поточного року корпорацією були проведені переговори з представниками компаній Алжиру, Тунісу, Гвінеї, Нігерії, Індії, Лівану, Лівії, Малі стосовно участі вітчизняних будівельних організацій у спорудженні об'єктів промислового та цивільного призначення у цих країнах.

Вітаємо з 80-річчям

ВАЛЕРІЯ ТРОХИМОВИЧА ТРОЩЕНКА

**академіка НАН України, видатного українського вченого
у галузі механіки деформівного твердого тіла і міцності у машинобудуванні,
члена міжнародної редакційної ради журналу
«Промислове будівництво та інженерні споруди»**

Творчий шлях Трощенко В.Т. нерозривно пов'язаний із колективом фахівців у галузі міцності. Він був одним із перших учнів наукової школи з міцності матеріалів і елементів конструкцій в екстремальних умовах, створеної академіком Г.С. Писаренком на початку 50-х років у КПІ та Інституті металоцераміки і спеціальних сплавів АН УРСР.

У 1966 р. Валерій Трохимович очолив відділ втомних матеріалів у новоствореному Інституті проблем міцності АН УРСР, а пізніше був призначений заступником директора з наукової роботи. З 1988 р. і по теперішній час він обіймає посаду директора Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка.

Наукові інтереси вченого охоплюють широке коло фундаментальних і прикладних проблем механіки деформівного твердого тіла. Однак основну увагу він зосереджує на вивченні проблеми втомних металів у різних її проявах.

Валерій Трохимович зробив вагомий внесок у розробку енергетичних і деформаційних критеріїв руйнування і статистичних теорій міцності металів і сплавів, у дослідження взаємозв'язку процесу накопичення втомного пошкодження металів із циклічною непружністю, у дослідження міцності матеріалів при ізотермічному і неізотермічному малоцикловому навантаженні, у встановлення закономірностей розвитку втомних тріщин і обґрунтування моделі переходу від втомного до крихкого руйнування.

Трощенко В.Т. автор понад 500 наукових праць, серед яких 20 монографій і довідників.



Результати його наукових досліджень узагальнені у фундаментальних колективних монографіях із міцності матеріалів при високих температурах (1966), двотомній монографії з проблем міцності матеріалів і конструкцій в екстремальних умовах (1980), двотомних довідниках із опору втомі металів і сплавів (1987) і опору матеріалів деформуванню і руйнуванню (1993), двотомній монографії з циклічних деформацій і опору металів (1985).

Валерій Трохимович – лауреат Державних премій у галузі науки і техніки України (1969, 1997) і СРСР (1982), премії АН СРСР і Чехословацької АН (1987), заслужений діяч науки і техніки України (1998), лауреат премії імені Г.С. Писаренка НАН України (2008).

Трощенко В.Т. – почесний доктор Національного технічного університету України «КПІ», головний редактор міжнародного науково-технічного журналу «Проблеми прочності», член редакційних рад провідних міжнародних журналів: «Structural Integrity» (Великобританія), «International Journal of Fatigue» (спільний англо-американо-японський журнал), який видається видавництвом «Elsevier Science LND» (Великобританія), а також журналів «Journal of Protection Materials» (Китай), «Journal of Materials Science and Technology» (Болгарія), «Mechanika» (Литва), «Механіка машин, механізмів и матеріалов» (Білорусь).

Нагороджений орденами «Знак Пошани» (1971), «Трудового Червоного Прапора» (1979), «Жовтневої Революції» (1991), Почесною грамотою Президії Верховної Ради УРСР (1982), орденом князя Ярослава Мудрого V ступеня (2004), медалями.

Вітаємо з 75-річчям

АЛЬБЕРТА ІВАНОВИЧА ЛАНТУХА-ЛЯЩЕНКА

**доктора технічних наук, професора кафедри мостів та тунелів
Національного транспортного університету,
члена редакційної колегії журналу
«Промислове будівництво та інженерні споруди»**

Лантух-Лященко А.І. член науково-координаційної та експертної ради з питань ресурсу та безпеки експлуатації конструкцій, споруд і машин при президії Національної академії наук України, голова секції «Мости і транспортні тунелі» Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки України, член експертної ради ВАК України, академік Транспортної академії України, голова секції споруд ТАНУ, член Національного комітету України з теоретичної та прикладної механіки, член Української державної делегації в Міжнародній дорожній асоціації (PIARC), член Міжнародної асоціації інженерів мостів і споруд (IABSE), член трьох спеціалізованих рад із присудження вчених ступенів.

Альберт Іванович закінчив Київський автомобільно-дорожній інститут за фахом інженер шляхів сполучення. Протягом 1957–1961 років працював у тресті «Київміськгідрогорміст».

У 1964 р. закінчив аспірантуру КАДІ. З 1964 р. – асистент, доцент, професор кафедри «Мости і тунелі» Національного транспортного університету.

У 1965 р. захистив кандидатську дисертацію «Дослідження напруженого стану і несучої здатності нерозрізних балок-стінок», у 1992 р. – докторську на тему «Розвиток дискретно-континуальних методів розрахунку комбінованих систем».

Лантух-Лященко А.І. є автором і співавтором 11 підручників, навчальних посібників і монографій і біля 100 наукових статей. Він



керівник наукового напрямку «Розвиток і удосконалення теорії і методів експлуатації транспортних споруд». Впровадження в практику експлуатації мостів новітніх моделей оцінки залишкового ресурсу дало змогу оптимізувати видатки на ремонт і реконструкцію мостів, підвищити їх надійність і безпеку.

Під керівництвом Лантуха-Лященко А.І. тільки протягом останніх трьох років розроблено та підготовлено до затвердження ряд нормативних та відомих документів: ДБН «Мости і труби»; ВБН В.31-218-174-2002 «Мости і труби. Оцінка технічного стану

автодорожніх мостів, що експлуатуються»; ДСТУ «Автодорожні мости. Терміни та визначення»; Настанови з визначення технічного стану мостів.

У 2007 р. вийшов з друку навчальний посібник колективу авторів за редакцією А.І. Лантуха-Лященко «Розрахунки і проектування мостів» том 1. Готується до друку том 2.

Альберт Іванович Лантух-Лященко займався викладацькою та дослідною діяльністю у вищих навчальних закладах таких зарубіжних країн, як Гвінея, Туніс, Лаос.

Протягом 1984–1985 років він був експертом Міжнародної Організації Праці (МОП) ООН.

Лантух-Лященко А.І. є науковим керівником Українського міжгалузевого науково-практичного семінару «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення», який проводиться кожні два роки.

Під науковим керівництвом А.І. Лантуха-Лященко підготовлено та захищено 8 кандидатських дисертацій.

ДО ВІДОМА ДОПISУВАЧІВ 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 Corel DRAW, Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – bmp, tif, eps, jpg – 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.

ДО ВІДОМА РЕКЛАМОДАВЦІВ !

Вартість розміщення реклами (з урахуванням ПДВ та податку на рекламу)

Формат	Розміри, мм		Одноколірна, ціна ум. од.	Двоколірна, ціна ум. од.	Багатоколірна, ціна ум. од.
A4	185 x 270		150	300	450
1/2 A4	85 x 270	185 x 130	75	150	240
1/4 A4	85 x 130	185 x 60	40	75	130
1/8 A4	85 x 60		20	40	

ОБКЛАДИНКА (190 x 220 мм):

- 1-а сторінка – 700 ум. од.
- 2-а сторінка – 600 ум. од.
- 3-я сторінка – 500 ум. од.
- 4-а сторінка – 500 ум. од.

**ЖУРНАЛ НА 2010 р. МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ**

Видавець ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» (протокол № 3 від 04.06.2009 р.)

Адреса редакції та видавця: просп. Визволителів, 1, Київ, 02660,
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція 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 – **Цапро Т.І.**

Дизайн обкладинки – **Кучер А.В.**

Підписано до друку 05.06.2009 р. Формат 60 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.

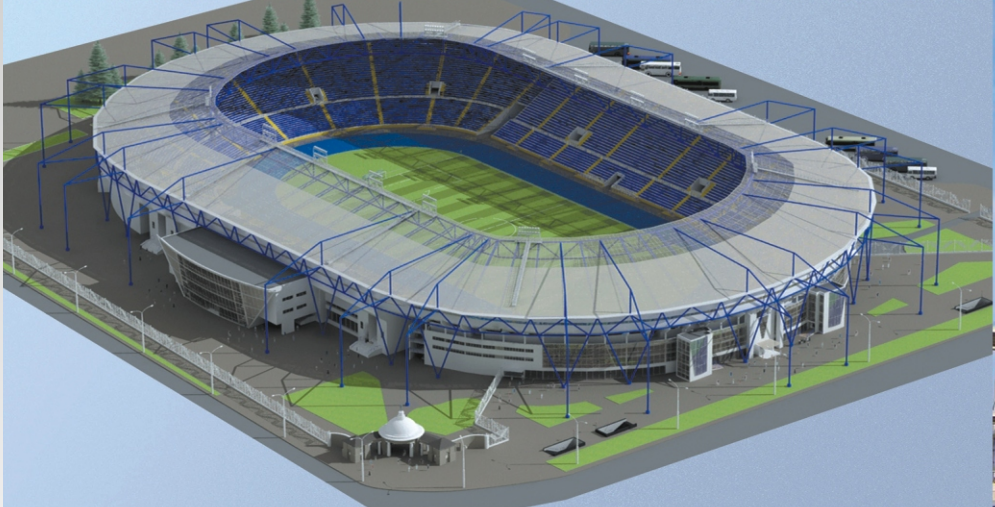
Тираж 300 прим.

Віддруковано ПП «Видавництво «Досконалий друк», вул. Академіка Заболотного, 20-А, м. Київ, тел. 490-33-12

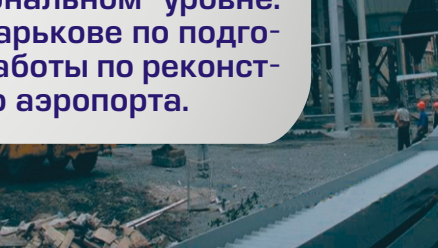
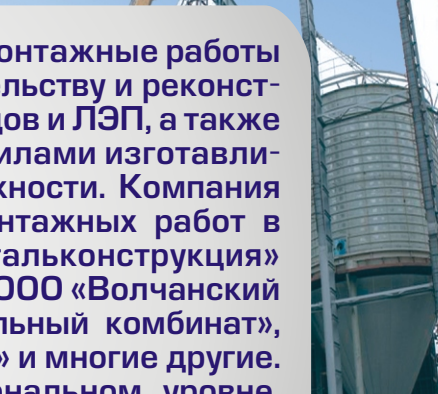
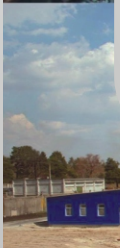
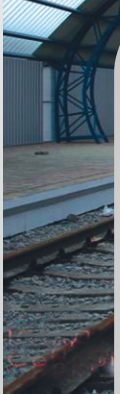
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1587 від 02.12.2003 р.

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

ООО «СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ»



ООО «Стальконструкция» выполняет строительно-монтажные работы по всем типам и видам зданий и сооружений, строительству и реконструкции промышленных объектов, мостов, путепроводов и ЛЭП, а также проектные работы повышенной сложности; своими силами изготавливает и монтирует металлоконструкции любой сложности. Компания имеет огромный опыт проведения строительно-монтажных работ в различных регионах Украины. Заказчиками ООО «Стальконструкция» являются Южная железная дорога, завод «Балцем», ООО «Волчанский мясокомбинат», ОАО «Полтавский горно-обогатительный комбинат», ЗАО «Харьковский плиточный завод», ООО «АВТОАРТ» и многие другие. Все работы выполняются на высоком профессиональном уровне. ООО «Стальконструкция» – ведущая компания в г. Харькове по подготовке к проведению «EURO 2012» – активно ведет работы по реконструкции спорткомплекса «Металлист» и харьковского аэропорта.



ООО «СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ»



ООО «Стальконструкция»
Украина, г. Харьков, пр. Московский, 283
Тел.: 8 (0572) 94-67-60, 94-68-32
Факс: 8 (057) 719-38-44

