ЗАСНОВНИКИ

ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ «УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»

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

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

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
Адріанов В.П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР
Лукашевич Т.І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА на 2014 — 2015 роки

Абель Д., д.т.н., проф. (США)
Агощ З., д.т.н., проф. (Словаччина)
Бєлоєв 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 НАНЕ, д.т.н., проф. (Естонія)
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)
Новак А., д.т.н., проф. (США)
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Тулєбаєв К.Р., д.т.н. (Казахстан)
Шугаєв В.В., д.т.н., проф. (Росія)
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

3'2014

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

МОСТОВІ КОНСТРУКЦІЇ

В.В.Шалинский
ОБСЕДОВАНИЕ И РЕМОНТ ЭСТАКАДЫ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗЫ АВТОДОРОЖНОГО ПЕРЕХОДА ПО СООРУЖЕНИЯМ ДНЕПРОГЭС 2

НАУКА – ВИРОБНИЦТВУ

В.І. Колчунов, М.Г. Мар'єнков, К.В. Омельченко, Т.В. Тугай
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ПЛОСКОНАПРУЖЕНИХ І СТРИЖНЕВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СКЛАДЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВАХ 9

О.І. Сіянов
РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ ЦИЛІНДРИЧНИХ СТЕРЖНЕВИХ ПОКРИТТІВ 11

Я.С. Гук
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОГО МАКСИМУМУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ ЗА ВИСОТНО-ТЕМПЕРАТУРНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ТА ПАРАМЕТРАМИ ЛІТНЬОГО АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ, РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ 14

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРУБОПРОВОДІВ

А.Ю. Герасимчук, В.В. Тихенко, М.С. Киреев
БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ 20

ПРОСТОРОВІ КОНСТРУКЦІЇ

И.З. Шульман
РАБОТА СТАЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОЙ СМЕСИ 28

НОРМАТИВНА БАЗА

В.З. Кліменко
ІДЕОЛОГІЯ ТЕОРІЇ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ПЕРШИМ ГРАНИЧНИМ СТАНОМ (на прикладі конструкцій із клеєної деревини) 34

БУДІВЕЛЬНІ МЕХАНІЗМИ

С.В. Бондарєв, Ю.П. Горбатенко, О.В. Закора
ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАНЦЮГОВОГО ТЯГОВОГО ОРГАНА 40

МОНТАЖ ВИСОТНИХ СПОРУД

Л.О. Кагановский
СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОНТАЖА ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВЕРТОЛЕТАМИ 44

ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

Л.М. Рабер, А.Е. Червинский
ПОВЫШЕНИЕ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ 46

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

Київ 2014

© Промислове будівництво та інженерні споруди, 2014

ОБСЛЕДОВАНИЕ И РЕМОНТ ЭСТАКАДЫ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗЫ АВТОДОРОЖНОГО ПЕРЕХОДА ПО СООРУЖЕНИЯМ ДНЕПРОГЭС

В.В. Шалинский
заместитель заведующего отдела мостов и специальных сооружений ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», к.т.н., старший научный сотрудник

В последние годы в Украине наблюдается тенденция к увеличению количества чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Главным образом это обусловлено высокой степенью изношенности конструкций зданий и сооружений, а также низкой культурой их эксплуатации практически во всех отраслях хозяйства. В частности это касается и транспортных сооружений: мостов, эстакад, путепроводов и др. Причем неудовлетворительное техническое состояние транспортных сооружений становится особо опасным в случае их расположения в непосредственной близости от ответственных объектов класса СС3 [1] – электростанций, объектов промышленности, связанных с вредным производством и пр. В качестве примера рассмотрим автодорожный переход по сооружениям ДнепроГЭС (рис. 1), состоящий из комплекса следующих сооружений:

- эстакада через шлюзы длиной 352,00 м;
- эстакада сопряжения плотины с левым берегом длиной 111,50 м;
- расширение автопроезда на плотине длиной 666,00 м;
- мост через аванкамеру длиной 319,75 м;
- земляная вставка длиной 136,57 м.

В соответствии с поручением Президента Украины № 1-1/1445 от 06.07.2010 г. в рамках программы проектных работ «ГЭС «Укргидроэнерго». Реконструкция. II очередь. Автодорожный переезд филии «Днепровская ГЭС» институтом ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского» проведено обследование конструкций перечисленных выше сооружений, в т.ч. и эстакады через шлюзы (рис. 2, 3).

Рис. 1. Автодорожный переход по сооружениям ДнепроГЭС

Конструкция обследованного сооружения. Эстакада через шлюзы представляет собой криволинейную в плане, пространственно работающую, неразрезную шестипролетную раму по схеме: 2 56+2 64+2 56 = 352 м с гибкими промежуточными стойками опор и массивными устоями. Ригель рамы состоит из криволинейной в плане главной балки замкнутого коробчатого трапецеидального сечения и стальной ортотропной плиты проезжей части. Промежуточные стойки опор металлические, жестко прикрепленные к главной балке и фундаментам. Крайние опоры – массивные железобетонные устои. Все горизонтальные усилия и крутящие моменты, возникающие при эксцентричном расположении временной нагрузки, а также вызванные кривизной сооружения в плане, передаются на устои и воспринимаются шарнирно закрепленными концами пролетного строения и широко разнесенными опорными частями. Все конструкции выполнены цельносварными. Материал конструкций пролетного строения и стоек промежуточных опор – низколегированная сталь марки 09Г2С по ГОСТ 5058-65*.

Результаты обследования и устранение дефектов. По результатам обследования эстакады было установлено наличие ряда дефектов.

Пролетное строение. Наиболее опасным и требующим немедленного устранения из числа обнаруженных дефектов была трещина и частичный разрыв стенки тяги на опоре № 0 (рис. 4).

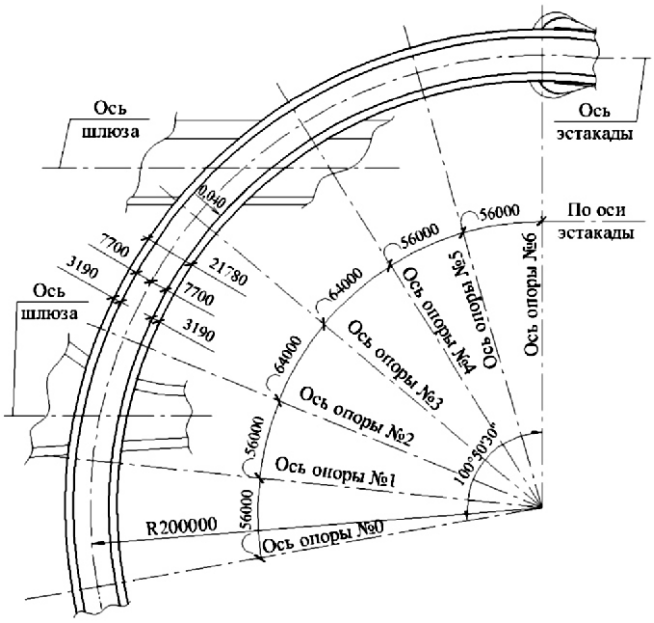


Рис. 2. План эстакады через шлюзы

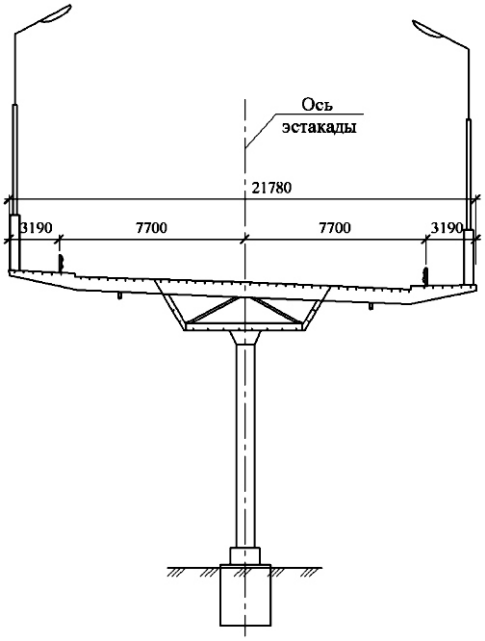


Рис. 3. Поперечное сечение эстакады через шлюзы

Рис. 4.
Трещина и смещение кромок в стенке тяги

Следует отметить, что основным назначением указанной и остальных тяг, размещенных в крайних блоках пролетного строения эстакады (рис. 5), является передача продольных усилий от пролетного строения через звенки на устои. Выход из работы хотя бы одной из тяг привел бы к изменению характера работы всего сооружения, перераспределению внутренних усилий в нем и значительному увеличению усилий и напряжений в крайних металлических опорах по осям № 1 и № 5.

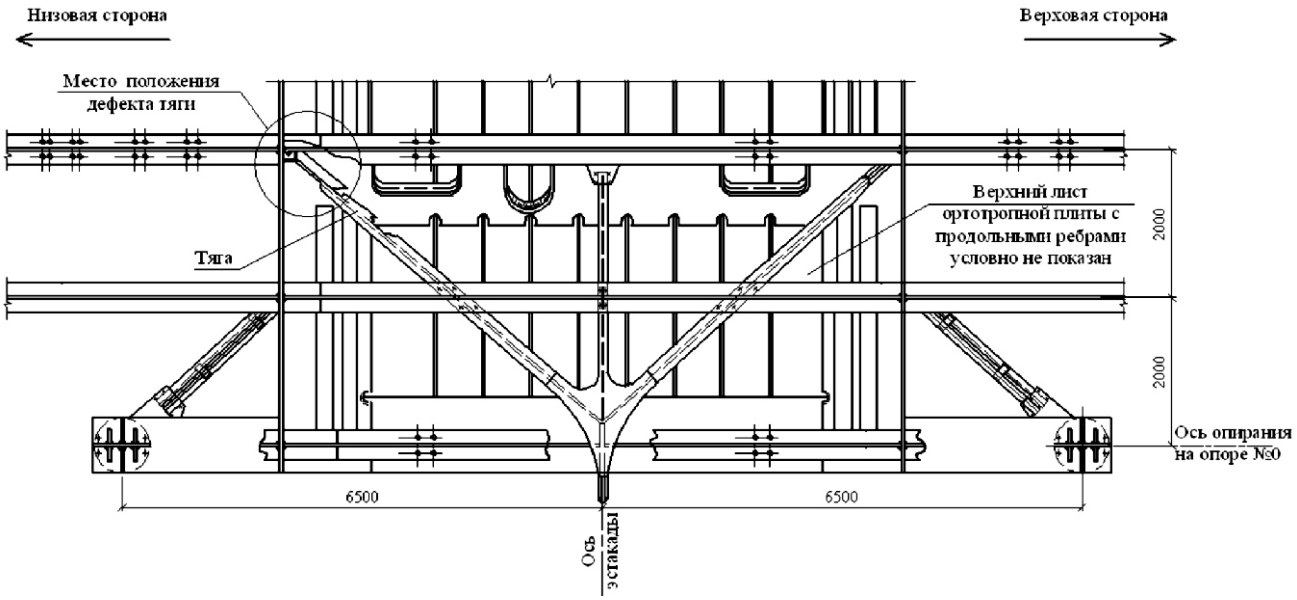


Рис. 5. Фрагмент плана пролетного строения эстакады

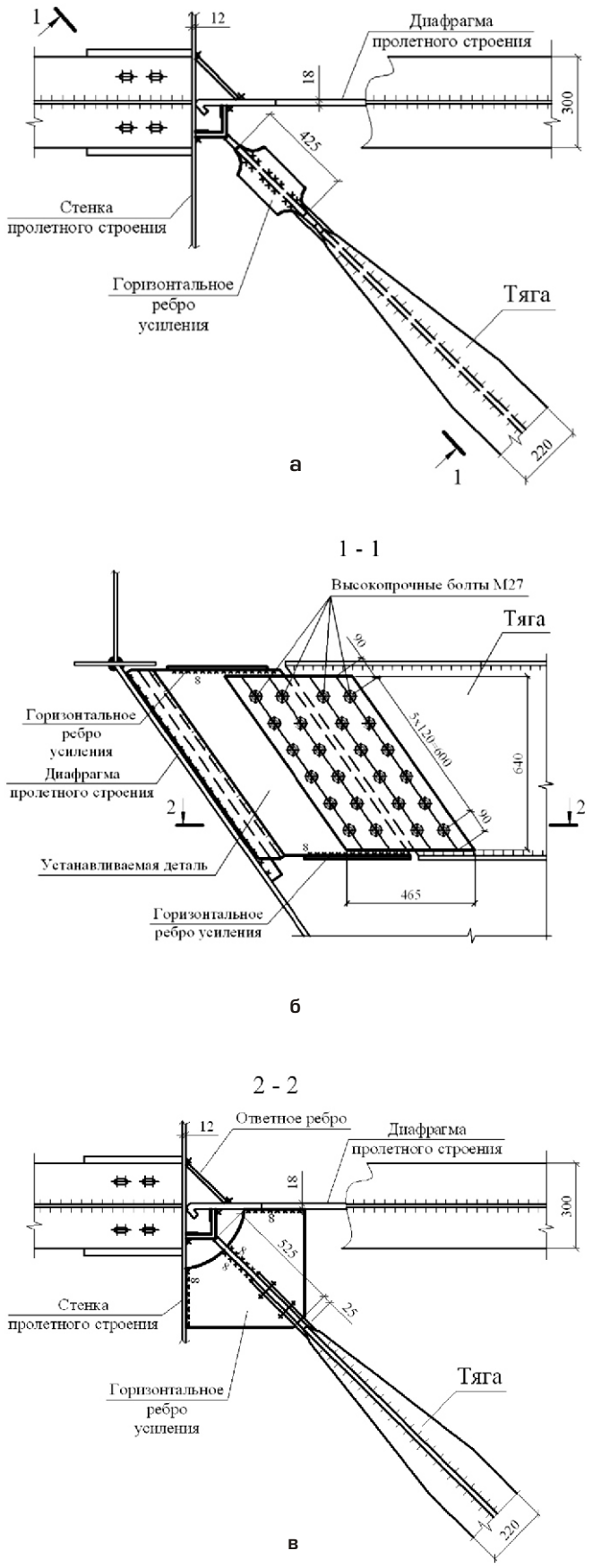


Рис. 6. Узел усиления тяги:
а – вид сверху; **б** – разрез 1 – 1; **в** – разрез 2 – 2

Во избежание этого в срочном порядке было разработано решение по устранению данного дефекта путем вырезания поврежденного участка тяги и установке на его место новой детали (рис. 6). При этом, присоединение новой детали к стенке и диафрагме пролетного строения предусматривалось через уголок с помощью сварки с последующим выполнением ультразвукового контроля качества сварных швов. Такое решение обусловлено значительными действующими нормальными усилиями в элементе, достигающими 350 тс, и невозможностью восстановления изначального проектного решения ввиду характера повреждения тяги. Кроме того, во избежание возможной потери устойчивости вертикального листа устанавливаемой детали, который является продолжением стенки существующей тяги, было решено повысить жесткость указанного листа дополнительными горизонтальными ребрами. Соединение новой детали с тягой предусмотрено выполнить с помощью накладок на высокопрочных болтах.

В результате обследования также было выявлено, что антикоррозионное покрытие наружной поверхности пролетного строения находится в неудовлетворительном состоянии (рис. 7). Следы поверхностной коррозии, площадь которой составила около 15 % общей площади поверхности пролетного строения, обнаружены главным образом на консольной части ортотропной плиты, что стало следствием протекания агрессивной воды через незагерметизированные отверстия плиты под болты ранее демонтированного барьерного ограждения. Длительное воздействие коррозии в указанных местах привело к ослаблению сечений поперечных балок консольной части ортотропной плиты (рис. 8). Для восстановления несущей способности поперечных балок последние были усилены (рис. 9). С целью защиты металлоконструкций пролетного строения от коррозии принято решение о выполнении антикоррозионных работ по их защите путем применения системы покрытий производства «Weles Gard» компании «Йотунгард». Данная антикоррозионная система покрытий наносится на поверхность металлоконструкций после предварительной очистки, обезжиривания и обеспыливания и при этом состоит из трех слоев:

1-й слой – WG-Ferrogalvanic – однокомпонентная полиуретановая антикоррозионная грунтовка на основе растворителя, твердеющая при соединении с атмосферной влагой (толщина сухой пленки – 80 мкм);

Рис. 7. Разрушение антикоррозионного покрытия пролетного строения

Рис. 8. Ослабленные сечения поперечных балок

2-й слой – WG-Weleflex – однокомпонентное полиуретановое покрытие, твердеющее при соединении с атмосферной влагой (толщина сухой пленки – 100 мкм);

3-й слой – WG-Welesilver – однокомпонентное отверждаемое влагой полиуретановое покрытие (толщина сухой пленки – 60 мкм).

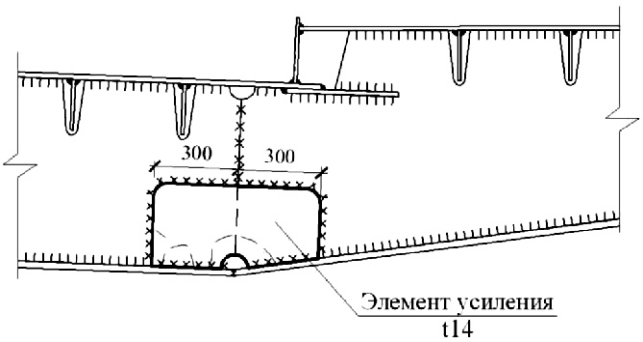


Рис. 9. Узел усиления поперечных балок

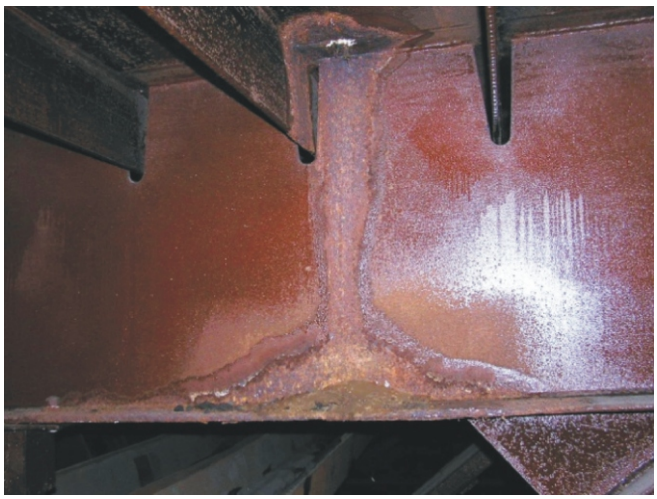


Рис. 10. Место разрушения грунтовки, поверхностная коррозия

Также отметим, что из-за разрушения гидроизоляции проезжей части, вода и мусор через технологические отверстия в ортотропной плите попали внутрь коробки пролетного строения. По всей его длине в указанных местах обнаружены места разрушения грунтовки, следы ржавчины (рис. 10). На участках пролетного строения между опорами № 0 и № 1, а также № 5 и № 6 выявлено разрушение антикоррозионного покрытия металла внутренней поверхности коробки главной балки, а именно: нижнего пояса, продольных ребер и нижней части стенок, что обусловлено попаданием воды внутрь коробки через короба для коммуникаций в местах деформационных швов (рис. 11). Причиной этому послужило отсутствие водоотводных лотков под деформационными швами (рис. 12). Антикоррозионную защиту металлоконструкций внутри коробки пролетного строения предусмотрено выполнить выше упомянутой системой покрытий производства «Weles Gard».

Опоры. Из дефектов опор отметим незначительную коррозию (менее 3 % сечения) металла основания колонн в местах их заделки в бетон фундаментов в виде коррозионной шейки (рис. 13). Также установлено, что вся поверхность колонн, как и пролетного строения, нуждается в обновлении антикоррозионной защиты (рис. 14). С целью антикоррозионной защиты колонн также предусмотрено использование покрытий производства «Weles Gard».

Проезжая часть и тротуары. Выявлено, что уравнительные приборы деформационных швов находятся в расстроенном состоянии:

Рис. 11. Разрушение антикоррозионного покрытия, мусор

Рис. 12. Отсутствие водоотводных лотков под деформационным швом

Рис. 13. Коррозия металла основания колонн

Рис. 14. Разрушение антикоррозионной защиты колонн и пролетного строения

Рис. 15. Разрушение уравнительных приборов деформационных швов

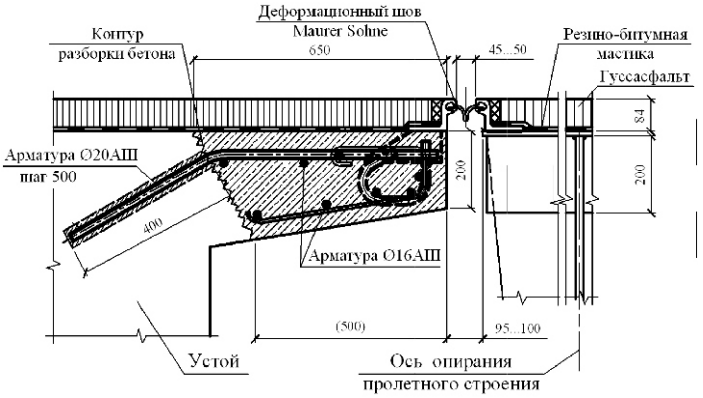


Рис. 16. Узел установки деформационных швов Maurer Sohne

Рис. 17. Дефекты асфальтобетонного покрытия проезжей части

Рис. 18. Разрушение асфальтобетонного покрытия тротуаров

Рис. 19. Коррозионные дыры в нижней тетиве перильного ограждения

пружины не выполняют свои функции – некоторые разрушены коррозией, а у остальных нет возможности прижимать скользящие листы (рис. 15), вследствие чего возникает высокая динамическая нагрузка от транспорта на опорные узлы пролетного строения. Ввиду того, что данная конструкция деформационных швов физически и морально устаревшая, их было решено заменить на современные хорошо зарекомендовавшие себя в мировой практике мостостроения деформационные швы фирмы Maurer Sohne (рис. 16). Указанные швы в полной мере решают две основные задачи функционирования деформационных швов: передачи нагрузок и водонепроницаемости.

Что же касается покрытия проезжей части, то оно находится в неудовлетворительном состоянии: обнаружены множественные продольные и поперечные трещины, наплывы и колейность у бордюров, сдвиг асфальтобетонного покрытия в сторону тротуара с внешней стороны кривой (рис. 17). При этом, толщина асфальтобетонного покрытия на 3–5 см превышает проектную, что приводит к дополнительной нагрузке на эстакаду. После проведенных многочисленных ремонтов состав асфальтобетона не соответствует проектному, который с добавками эпоксидной смолы должен обладать гидроизоляционными и сдвигоустойчивыми свойствами. Покрытие тротуаров также не выполняет свои защитные функции: асфальтобетон пористый, с разрушениями, имеются участки с разобранными до металла плитами при ремонте барьерного ограждения на всем протяжении тротуаров (рис. 18). Исходя из этого, было принято решение о полной замене существующего асфальтобетонного покрытия проезжей части и тротуаров на покрытие из гуссасфальта – очень плотного водонепроницаемого литого асфальта, поразительная долговечность которого связана с оптимальным соотношением жесткости и упругости материала. Это покрытие в настоящее время должным образом оценено в Европе. Согласно рекомендациям разработчиков гуссасфальта, использование последнего предусмотрено совместно с метакрилатной гидроизоляцией «Eliminator». В таком сочетании покрытие должно работать на стальной плите эстакады не менее 20–25 лет.

Также обнаружено, что нижняя тетива перильного ограждения, состоящая из гнутого профиля, по всей её длине имеет коррозионные дыры, а в отдельных местах находится в аварийном состоянии – разрушено крепление

перильного ограждения к пролетному строению (рис. 19). Поэтому для устранения аварийного состояния перил их нижнюю тетиву было решено полностью заменить.

Согласно проекту эстакады водоотвод с проезжей части предусматривался через отверстия в бортовом листе тротуаров со стороны верхнего бьефа со сбросом воды непосредственно на территорию шлюзов. Однако в настоящий момент отверстия забиты асфальтобетоном. Здесь следует отметить, что согласно действующим нормам [2] неорганизованный сброс воды с пролетных строений не допускается. При этом рекомендуется выводить воду через водоотводные трубки к магистральной трубе или открытому лотку. В связи с этим было разработано проектное решение по устройству организованного сброса воды.

Выводы. Исходя из изложенного можно сделать следующие выводы:

- эксплуатация мостовых сооружений без надлежащего контроля состояния конструкций путем проведения плановых обследований согласно требованиям [3] и [4], а также своевременных текущих и капитальных ремонтов по результатам проведенных обследований приводит к снижению показателей, характеризующих эксплуатационную возможность мостовых сооружений и их конструкций выполнять проектные функции, а также требует дополнительных затрат для восстановления проектных характеристик мостов;
- при разработке проектных решений по восстановлению исходных эксплуатационных характеристик мостовых сооружений рекомендуется использовать современные более совершенные конструкции и материалы, хорошо зарекомендовавшие себя в мировой практике мостостроения.

[1] ДБН В.1.2-14:2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – 2009. – 37 с.

[2] ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування, 2009. – 73 с.

[3] ДБН В.2.3-6:2009 Мости та труби. Обстеження і випробування. – 2009. – 63 с.

[4] ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – 2009. – 54 с.

Надійшла 24.09.2013 р.

Книжковий огляд

ВИСОТНІ СПОРУДИ. ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

У книзі з єдиних методологічних позицій викладені елементи статичного й динамічного розрахунку та оптимального проектування висотних споруд, а також принципи вибору конструктивних параметрів сталевих веж і щогл. Описана побудова основних розв'язних співвідношень, методи й алгоритми теорії оптимального проектування. Наведений великий огляд конструктивних рішень веж, щогл, веж спеціального призначення (димарів, витяжних і водонапірних веж), антенних систем і монументів. Представлені різні практичні приклади, реальні оптимізаційні задачі та методи їх розв'язку.

Для науковців, інженерів, викладачів, аспірантів, магістрів і студентів технічних вузів.

Книгу можна придбати у ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського».

Контактні телефони: (044) 501-87-71, 362-26-40.

Шимановський О.В., Кондра М.П., Кондра С.М.
Висотні споруди. Теорія та практика / Під загальною редакцією Шимановського О.В. – К.: Вид-во «Сталь», 2014. – 392 с., рис. 151, табл. 60.

УДК 624.012.045

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ПЛОСКОНАПРУЖЕНИХ І СТРИЖНЕВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СКЛАДЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВАХ

Розглянуто альтернативний метод одиничних вертикальних смужок, що зводиться до схеми складеного стрижня для визначення жорсткості залізобетонних конструкцій на ділянках з похилими тріщинами, та запропоновано новий варіант моделювання похилих тріщин при сейсмічних впливах.

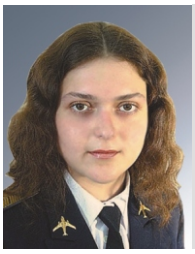
It is considered an alternative method of single vertical bars, which reduces to the scheme composite rod to determine the stiffness of reinforced concrete constructions in areas with inclined cracks, and it is proposed a new model of the inclined crack when seismic effects.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, похилі тріщини, складений стрижень, жорсткість, сейсмічний вплив.

В.І. Колчунов
професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету, д.т.н., проф.

М.Г. Мар'єнков
завідувач лабораторії теорії сейсмостійкості та динамічних випробовувань ДП «Державного науково-дослідного інституту будівельних конструкцій», к.т.н.

К.В. Омельченко
асистентка кафедри комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету



Т.В. Тугай
асистентка кафедри комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету

Виконуючи оцінку сейсмостійкості будівель і споруд, що проектуються і експлуатуються, та враховуючи їх фактичний технічний стан, жорсткість плосконапружених стінових і стрижневих залізобетонних конструкцій з урахуванням тріщин або тих, що приймаються за схемою конверта, допускається визначати методом одиничних смужок згідно з теорією складених стрижнів О.Р. Ржаніцина [1].

Кількість вертикальних смужок може бути повною (в межах всієї конструкції) або неповною – достатньо використовувати три – шість вертикальних смуг, а проміжні значення b_k визначають за лінійною інтерполяцією.

Методика дозволяє також визначати жорсткість конструкцій поверхів будівель і споруд, складених із залізобетонних плосконапружених і стрижневих конструкцій із тріщинами, за двома варіантами.

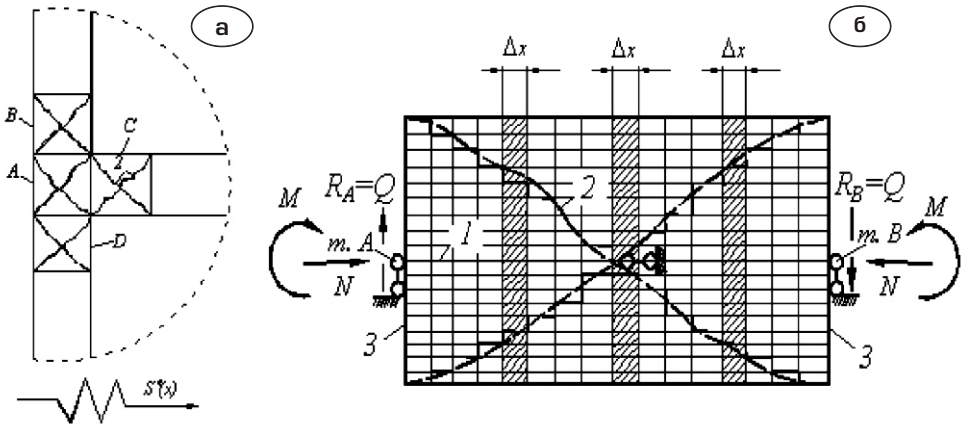
Перший варіант виконується без зміни заданого на початку порядку і номерів плоских кінцевих елементів (КЕ), на які розбивається плосконапружена конструкція для розрахунку за МКЕ. При цьому, в КЕ, прилеглих до тріщин, зменшується їх товщина, яка визначається за умови рівності робіт у спеціально виділених одиничних смужках за моделлю складеного стрижня, а для стрижневих конструкцій – з використанням моделі еквівалентної плосконапруженої конструкції (див. рисунок).

Алгоритм розрахунку передбачає наявність ітераційного процесу, регульованого досягнутою точністю товщини зазначених КЕ, що прилягають до тріщин, і динамічних характеристик будівлі та споруди.

Для практичних розрахунків допускається визначати товщину КЕ, прилеглих до тріщин, із використанням різниці робіт тільки двох КЕ, прилеглих до горизонтальних і вертикальних відрізків модельованої тріщини.

Робота кожної пари КЕ обчислюється двічі з використанням двоелементної консольної моделі: монолітне з'єднання двох КЕ (W_1) і після їх розшивання (W_2) (при цьому польове армування замінюється двома стрижневими КЕ, розташованими по краях плоских КЕ).

© Колчунов В.І., Мар'єнков М.Г., Омельченко К.В., Тугай Т.В.



До розрахунку плосконапружених та стрижневих залізобетонних конструкцій на сейсмічні впливи:

а – виділення характерних зон і схем тріщин; **б** – розрахункова модель для уточнення жорсткості виділених зон; **1** – межі горизонтальних смужок; **2** – тріщини; **3** – абсолютно жорсткі торцеві вставки

Усереднені зусилля у вузлах в горизонтальному і вертикальному напрямках двоелементної консольної моделі визначаються з нелінійного розрахунку всієї плосконапруженої конструкції. Для цього використовуються напруження в кінцевих елементах бетону та арматури.

Переміщення вузлів визначаються з розрахунку двоелементної консольної моделі з доданими у вузлах навантаженнями. При цьому опорне закріплення двох вузлів консолі (шарнірно рухливе і шарнірно нерухоме) в цілях усереднення необхідно задавати як ліворуч, так і праворуч.

У місцях переходу горизонтальної ділянки модельованих тріщин до вертикальної робота кутових плоских КЕ визначається шляхом усереднення. В результаті нова товщина КЕ, прилеглих до тріщини, знаходиться за формулою

$$b_i \quad \frac{W_1}{W_i} \; b_1 \; . \qquad (1)$$

Другий варіант визначає жорсткість будівель і споруд із плосконапруженими і стрижневими конструкціями з використанням спеціального прийому моделювання тріщин-щілин, які розташовуються по діагоналях конструкції (див. рисунок). При цьому арматурні стрижні плосконапружених конструкцій моделюються додатковими КЕ, а також береться до уваги розкриття і закриття тріщин із урахуванням наявних можливостей обчислювальних комплексів на основі МКЕ.

Жорсткість стрижневих конструкцій на ділянках із похилими тріщинами, у т.ч. тими, що перетинаються (характерними при сейсмічних впливах для опорних ділянок і вузлів сполучень), визначається за допомогою спеціальної розрахункової моделі плосконапружених конструкцій.

Жорсткість зазначених ділянок (смуг) замінюється еквівалентною жорсткістю

$$B(\;\;) \quad \frac{M^2 \quad x}{2W_3} \, , \qquad (2)$$

де W_3 – робота зусиль виділеної ділянки (смуги).

Ітераційний процес закінчується при досягненні заданої похибки $B_1(\;\;)$.

Для практичних розрахунків також допускається визначати товщину КЕ, прилеглих до тріщин, із використанням різниці робіт тільки двох КЕ, прилеглих до горизонтальних і вертикальних відрізків модельованої тріщини.

На ділянках із нормальними тріщинами жорсткість стрижневих залізобетонних конструкцій визначається з використанням значення згинального моменту M і радіуса кривизни за нормативною методикою згідно з ДБН В.2.6-98 для відповідної розглянутої i-ї зони (ділянку рекомендується поділити на 4–6 зон):

$$B_i(\;\;) \quad M_i \quad {}_i \; . \qquad (3)$$

Таким чином, спираючись на запропонований у роботі новий варіант моделювання формування похилих тріщин із їхніми розрахунковими параметрами, для визначення жорсткості залізобетонних конструкцій на ділянках із похилими тріщинами також доцільно використовувати метод одиничних вертикальних смужок, який зводиться до схеми складеного стрижня.

[1] *Ржаницын А.Р.* Составные стержни и пластинки / А.Р. Ржаницин. – М. : Стройиздат, 1986. – 316 с.

[2] *Колчунов В.И.* Метод определения жесткостных характеристик железобетонных конструкций при сейсмических воздействиях / *В.И. Колчунов, Н.Г. Марьенков* // Будівництво України. – 2008. – Вип. 3. – С. 24–29.

Надійшла 24.12.2013 р.

УДК 624.074.5

РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ ЦИЛІНДРИЧНИХ СТЕРЖНЕВИХ ПОКРИТТІВ

Визначено раціональні параметри і їх співвідношення в рамках безпечної роботи розкісної сіткової області циліндричних стержневих покриттів. Сформульовано принципові положення і методологічну основу створення конструкцій. Проаналізовано закономірності зміни силового стану та геометричної форми розрахункових моделей.

Rational parameters and their correlations are certain within the framework of safe work of раскосной net area of the cylindrical core coverings. Fundamental positions and methodological basis of creation of constructions are formulated. Conformities to law of change of the power state and geometrical form of calculation models are analyzed.

Ключові слова: циліндричні стержневі покриття, розкісна сіткова область, раціональні параметричні залежності, силовий стан, геометрична форма.

Робота циліндричних стержневих покриттів під дією навантаження супроводжується процесами, які призводять до зміни початкової геометрії, заданої проектом. Конструкція перебудовується внутрішньо, підлаштовуючись під зовнішній вплив, та набуває нової якості. Оскільки всі елементи покриття розташовано на циліндричній сітчастій поверхні, то кожен стержень так чи інакше задіяний в роботі. Проте, як правило, конструкція спирається в опорних точках на контурні лінії, де можлива істотна реакція елементів на зовнішні дії. В такому сенсі розумно виділити основні ділянки покриття за критерієм використання міцності матеріалу. Проблема виявлення проблемних ділянок, де виникають великі зусилля в елементах, що спричиняє появу концентраторів напружень, розглядається в [1–3]. У наукових працях [4, 5] схеми сіток проаналізовані з позиції раціональності роботи елементів, на підставі яких у [6] запропоновано використовувати варіант розташування стержнів у чарунках за трьома напрямками у просторі (рис. 1).

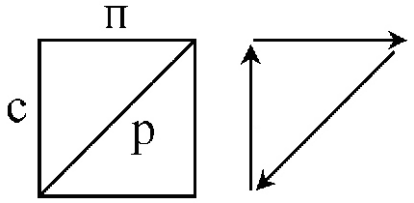


Рис. 1. Орієнтація стержнів у чарунках покриття за напрямками:
п – поясів;
с – стійок;
р – розкосів

Такий принцип дозволив сформулювати мету, яка полягала в отриманні раціональних параметричних залежностей циліндричних стержневих покриттів [7] щодо їхнього впливу на силовий стан і переміщення вузлів розкісної сіткової області.

Процес дослідження передбачав наступне:

О.І. Сіянов
доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету, к.т.н., доцент

- створення комп'ютерних моделей для визначення ступеня чутливості розрахункових схем на зміну геометричної форми покриття;
- виявлення раціональних співвідношень формотвірних параметрів і аналіз реальних розмірів конструкції;
- встановлення показників роботи сіткової області та оброблення отриманих даних.

Відомо, що основними формотвірними параметрами, які істотно впливають на зусилля в елементах і переміщення вузлів, є довжина L, ширина B, висота (стріла підйому) f, кут описаного кола і радіус R кривизни покриття [8–10]. Причому одні параметри за етапами побудови є вихідними, а інші похідними. Крім того, істотним показником формоутворення конструкції є ступінь заповнення сітки стержнями на всій циліндричній поверхні.

Тому для оцінки відносного зниження несучої здатності конструкції за умови перевищення ключових геометричних показників доцільно ввести безрозмірний параметр

$$c \quad N \; U/iK ,$$

де N – величина зовнішнього розподіленого навантаження, що призводить до критичного стану системи; U – формотвірний параметр, який характеризує ступінь підняття і заповнення сітки; i – коефіцієнт врахування розмірів чарунки циліндричної поверхні; K – мембранна жорсткість елементів покриття.

© Сіянов О.І.

Оцінюючи критичний стан конструкції та беручи до уваги квадратний розмір чарунки, можна записати:

$N \quad q;\ U \quad aR;\ i \quad s;\ K \quad EA,$

де q – критичне навантаження; a – розмір чарунки; R – радіус кривизни; s – коефіцієнт заповнення сітки; E – модуль пружності матеріалу; A – площа поперечного перерізу елементів.

Тоді, враховуючи наявність діагонального елемента, який поділяє кожну чарунку на два однакових трикутника, введений коефіцієнт жорсткості потрібно приймати більшим одиниці, а саме: $s = 1{,}5$, оскільки одна половина жорсткості розкосу відноситься до пояса, а друга – до стійки.

Звичайно заповнення сітки істотно впливає на згинальну EJ і мембранну EA жорсткість циліндричної поверхні, а в цілому – і на несучу здатність покриття. Але не менш значущими є також параметри, які відповідають за габаритні розміри конструкції.

Очевидно, що в реальній практиці будівництва найбільший інтерес викликає ширина B покриття або критерій, який визначає інші розміри та можливості їх застосування.

Ґрунтуючись на досвіді проектної діяльності циліндричних стержневих покриттів у нашій країні та за кордоном, за вихідний параметр можна прийняти досить поширений розмір $B = 18$ м. Тоді параметри формоутворення (кут описаного кола і радіус R кривизни) будуть визначальними, а приймаючи за основу квадратну форму чарунки, легко знайти розмір a. Безумовно ширина B покриття в даному випадку стає орієнтиром для визначення меж зміни довжини L і стріли підйому f. Після визначення реальних габаритів покриття з'являються всі підстави отримати розміри перерізів елементів.

Використовуючи сучасний підхід до вирішення подібних задач, виконано побудову і розрахунок комп'ютерних моделей, що дало змогу досить швидко оцінити ступінь чутливості розрахункових схем на зміну силового стану та геометричної форми покриття.

В основу моделювання покладено принципові положення:

- використання раціональних профілів і мінімальної кількості типорозмірів елементів;
- формування покриття із однакових граней уздовж твірної циліндра;
- забезпечення стійкості конструкції через накладання нормативних обмежень на переміщення вузлів;
- зменшення витрат на можливий обігрів приміщення під покриттям.

Кожна комп'ютерна модель сформована стержневими скінченними елементами методом обертання поверхонь.

Обпирання покриття здійснено в контурних вузлах і реалізовано шарнірними в'язями з урахуванням забезпечення геометричної незмінності конструкції.

Власну вагу моделей отримано після попереднього призначення характеристик жорсткості стержням шляхом використання базових типів перерізу сталевих профілів.

Зовнішній силовий вплив розраховано з урахуванням сучасних нормативних вимог і прикладено у вигляді повного та несиметричного навантаження до вузлів сітчастої поверхні.

На підставі аналізу результатів, отриманих за даними комп'ютерного моделювання і виконаних розрахунків, виявлено межі зміни формотвірних показників

$L/B \quad 1\ldots1{,}5;\ B/f \quad 3\ldots4;\quad 120^{\circ}\ldots150^{\circ}.$

Знайдені параметри та їх співвідношення розташовано в достатньо прийнятних межах, а подальше збільшення співвідношення ширини B до стріли підйому $f(B/f \quad 4)$ та зростання кута описаного кола покриття за величину 150° призвело до небезпечного зменшення висоти f конструкції та спричинило різке збільшення зусиль у багатьох елементах. Особливо відреагували поясні елементи нижніх ребер і окремі поздовжні елементи граней, розташованих на схилах покриття. Відчутних змін зазнала також форма сітчастої поверхні. Так, істотно зросли переміщення вузлів у вертикальному напрямку, а найбільшу небезпеку виявлено в області опорних ділянок внаслідок значних прогинів центральної частини покриття. Інші горизонтальні відхилення вузлів збільшено меншою мірою, ніж вертикальні та зафіксовано в нижніх розтягнутих ребрах покриття.

Оцінюючи роботу комп'ютерних моделей, встановлено межі раціональних геометричних параметрів конструкції, які наведено в таблиці.

Формотвірні параметри моделювання циліндричних стержневих покриттів

Параметр	Позначення	Величина, м
Ширина	B	18 – 24
Довжина	L	24 – 30
Стріла підйому	f	5,2 – 7,6
Радіус кривизни	R	9,3 – 13,3
Сторона чарунки	a	3 – 5

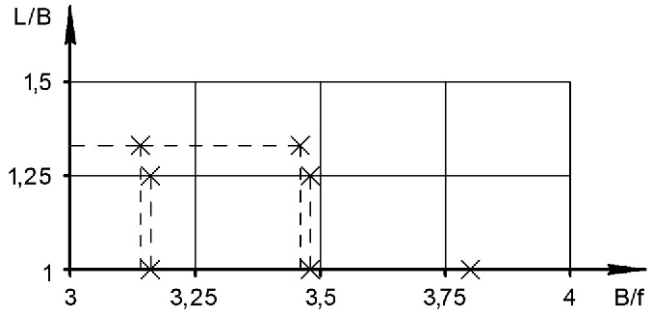


Рис. 2. Графік раціональних співвідношень габаритних розмірів моделей покриття

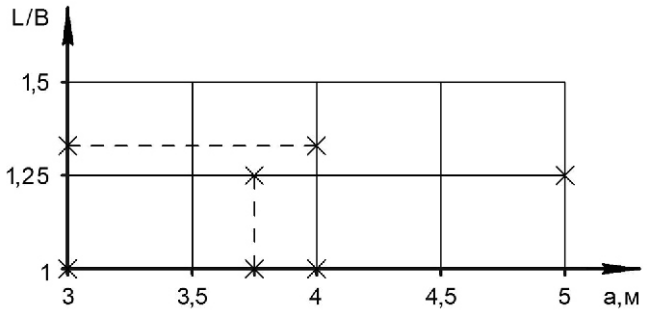


Рис. 3. Графік раціональних співвідношень габаритних розмірів моделей покриття з параметром чарунки

Графічне співвідношення габаритних розмірів покриття показано на рис. 2.

Як бачимо, наведені на графіку результати мають більш уточнювальний характер, ніж отримані раніше в рамках пошуку оптимальних геометричних параметрів [5]. Раціональні співвідношення L/B виявлено на 3-х рівнях (1; 1,25 і 1,33), що відповідають 5-м значенням B/f (3,14; 3,16; 3,46; 3,48; 3,8).

Аналізуючи дані таблиці і беручи до уваги, що реальні розміри покриття в плані залежать від габаритів чарунки, побудовано графік раціональних співвідношень із параметром a (рис. 3).

Із наведених показників випливає, що графічна залежність $L/B - a$ містить 4 значення розміру чарунки (3; 3,75; 4; 5), яким відповідає та ж сама кількість рівнів, що й на рис. 2.

Отриманий в обох графіках порядок розташування маркерів свідчить, що більшість значень зафіксовано на рівні однакових розмірів B і L. Такий факт не викликає здивування, адже рівень $L/B = 1$, якому відповідає квадрат у плані, є проміжним на шляху до збільшення габаритів покриття.

Таким чином, можна дійти висновку, що істотний вплив на силовий стан сформованих моделей циліндричних стержневих покриттів порівняно з іншими параметрами спричиняє кут описаного кола сітчастої поверхні. Як наслідок змінюється стріла підйому f, радіус R кривизни і ширина B покриття. Різкі зміни довжини L конструкції також призводять до підвищеної чутливості елементів, особливо в уразливих ділянках покриття.

Висновки.

1. Отримано параметричні залежності циліндричних стержневих покриттів із позицій їхнього впливу на силовий стан і переміщення вузлів розкісної сіткової області.

2. Здійснено аналіз формотвірних параметрів, визначено основні показники і їх співвідношення та встановлено раціональні межі їх можливого використання.

3. Виконано оцінку ступеня чутливості розрахункових моделей на зміну геометричної форми покриття і знайдено граничний кут описаного кола сітчастої поверхні, за межею якого неможлива експлуатація конструкції.

[1] *Трущев А.Г.* Пространственные металлические конструкции: учеб. пос. для вузов. / А.Г. Трущев. М. : Стройиздат, 1983. – 215 с.

[2] *Пшеничнов Г.И.* Теория тонких упругих сетчатых оболочек и пластинок / Г.И. Пшеничнов. М. : Изд-во «Наука», 1982. – 352 с.

[3] *Попов И.Г.* Цилиндрические стержневые системы / И.Г. Попов. Л.; М.: Гос. изд-во лит. по стр-ву и арх-ре, 1952. – 112 с.

[4] *Свердлов В.Д.* Исследование пространственных цилиндрических стержневых систем покрытий : дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук 05.23.01 / Свердлов Владимир Деонисович. К., 1977. – 174 с. Библиогр.: С. 153–161.

[5] *Рюле Г.* Пространственные покрытия. Конструкции и методы возведения / Г. Рюле ; пер. с нем. Том 2. М. : Стройиздат, 1974. – 247 с.

[6] Инженерные конструкции : [учеб. для вузов] / *В.Н. Голосов, В.В. Ермолов, Н.В. Лебедева [и др.]* ; под ред. В.В. Ермолова. М. : Высш. школа, 1991. – 408 с.

[7] *Сіянов О.І.* Металеві циліндричні стержневі покриття: конструювання та розрахунок : монографія / О.І. Сіянов. Вінниця : ВНТУ, 2012. – 141 с.

[8] *Сіянов О.І.* Визначення силових факторів і параметрів деформування металевих циліндричних стержневих покриттів / О.І. Сіянов // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2012. – № 1. – С. 20–25.

[9] *Сіянов О.І.* Згинальна і мембранна жорсткості та параметр форми втрати стійкості як фактори впливу на величину критичного навантаження одношарових циліндричних стержневих покриттів / О.І. Сіянов // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. науч. тр. Одесса: ОГАСА, 2008. – Ч. 2. – С. 19–25.

[10] *Гоцуляк Е.А.* Устойчивость и нелинейное деформирование цилиндрических сетчатых оболочек покрытия/Е.А. Гоцуляк, А.И. Сиянов//Прикл. механика. – 2004. – 40. – № 4. – С. 78–83.

Надійшла 14.03.2014 р.

УДК 624.012

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОГО МАКСИМУМУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ ЗА ВИСОТНО-ТЕМПЕРАТУРНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ТА ПАРАМЕТРАМИ ЛІТНЬОГО АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ, РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Температура абсолютного максимуму зовнішнього повітря на перехідних станціях Закарпатської області вивчена недостатньо. Вперше запропонована методика зміни температури абсолютного максимуму зовнішнього повітря від зміни літнього атмосферного тиску. Також вперше проведено районування території регіону.

Absolute maximum temperature of outside air for transition stations Transcarpathian region studied enough. The proposed method changes the absolute maximum temperature of outside air from atmospheric pressure changes lyatnoho presented for the first time. Also for the first time held zoning area.

Ключові слова: абсолютний максимум температури зовнішнього повітря, висотні коефіцієнти абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря, висотно-атмосферні коефіцієнти абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря, літній атмосферний тиск, барична ступінь висот, ізотерми.

Я.С. Гук
старший викладач кафедри міського будівництва і господарства Ужгородського національного університету, к.т.н.

Параметри абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря визначають за висотно-температурними коефіцієнтами на 23 напрямках між 9 метеостанціями і 18 перехідними станціями, дані для яких визначені за 2-ма напрямками між базовими станціями (рис. 1) та формулами:

$$t_{\max,X} \quad t_{\max,1} \quad K_{\max,1\ 2}\ (H_1 \quad H_X), \qquad (1)$$

$$K_{\max,1\ 2} \quad \frac{t_{\max,1} \quad t_{\max,2}}{H_1 \quad H_2} \qquad (2)$$

або $t_{\max,X} \quad t_{\max,2} \quad K_{\max,1\ 2}\ (H_2 \quad H_X)$, (3)

де $t_{\max,X}$, $t_{\max,1}$, $t_{\max,2}$ – абсолютний максимум температури зовнішнього повітря на ст. X, 1, 2, (°С); H_X, H_1, H_2 – висота над рівнем Балтійського моря станцій X, 1, 2, м; $K_{\max,1-2}$ – висотний коефіцієнт абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря між ст. 1 і 2, °С/м.

Абсолютний максимум температури зовнішнього повітря і літній атмосферний тиск на 9 метеостанціях за спостереженнями у 1955–2005 рр. наведено в таблиці 1.

Для обчислення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря на 18 перехідних станціях і 5 вершинах використані параметри літнього атмосферного тиску на 9 метеостанціях Закарпатської обл. (див. табл. 1).

Параметри літнього атмосферного тиску [1–13] для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської обл. обчислені за формулами висотних коефіцієнтів та коефіцієнтів баричної ступені висот за літніми параметрами атмосферного тиску на 23 напрямках між 9 метеостанціями і додатково введеними в розрахунок 18 умовними перехідними станціями, параметри яких визначені за даними 2 і більше напрямків між метеостанціями (рис. 1):

Таблиця 1

Дані спостережень у 1955–2005 рр. на 9 метеостанціях Закарпатської обл. за абсолютним максимумом температури зовнішнього повітря та атмосферним тиском у липні

№ з/п	Назва метеостанцій	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Параметри абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря, °С	Параметри атмосферного тиску у липні, ГПа
1	Берегово	113,0	38,30	1005,0
2	Ужгород	114,6	38,60	1003,0
3	Хуст	166,0	37,70	995,6
4	Великий Березний	209,0	37,60	990,5
5	Рахів	438,0	36,13	968,2
6	Міжгір'я	456,0	34,20	966,4
7	Нижні Ворота	500,0	34,50	962,0
8	Нижній Студений	615,0	33,10	950,5
9	Плай	1330,0	26,10	867,1

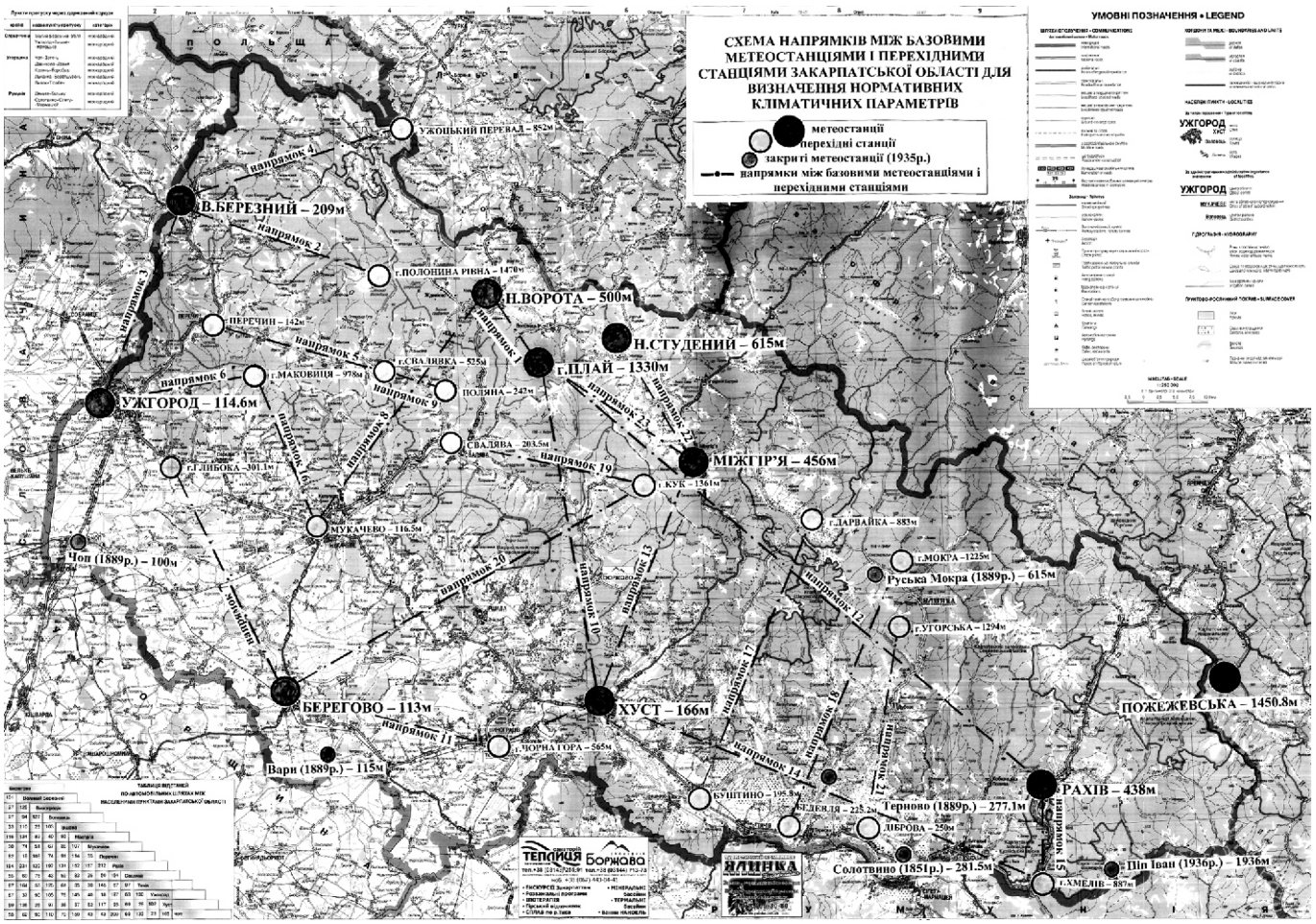


Рис. 1. Схема напрямків між базовими метеостанціями і перехідними станціями Закарпатської обл. для визначення нормативних кліматичних параметрів

а) за висотними коефіцієнтами і формулами

$$P_X \quad P_1 \quad K_{H(1\ 2)} \quad H_{X\ 1} \tag{4}$$

або $P_X \quad P_2 \quad K_{H(1\ 2)} \quad H_{X\ 2}$, (5)

де P_X, P_1, P_2 – літні параметри атмосферного тиску на станціях X, 1, 2 напрямку 1–2, ГПа; $K_{H(1\ 2)}$ – висотний коефіцієнт літнього атмосферного тиску напрямку 1–2, ГПа/м;

$$H_{X\ 1} \quad H_X \quad H_1 \tag{6}$$

– різниця висот над рівнем Балтійського моря між станцією X і станцією 1 напрямку 1–2, м;

$$H_{2\ X} \quad H_2 \quad H_X \tag{7}$$

– різниця висот над рівнем Балтійського моря між станціями 2 і X напрямку 1–2, м;

$$K_{H(1\ 2)} \quad \frac{P_1 \quad P_2}{H_2 \quad H_1}, \tag{8}$$

де $H_2 - H_1$ – різниця висот над рівнем Балтійського моря між станціями 2 і 1, напрямку 1–2, м;

б) за коефіцієнтами баричної ступені висот для літнього атмосферного тиску і формулами

$$P_X \quad P_1 \quad \frac{(H_X \quad H_1)}{H_{\text{напр.}}} \tag{9}$$

або $P_X \quad P_2 \quad \dfrac{(H_2 \quad H_X)}{H_{\text{напр.}}}$, (10)

де $H_{\text{напр.}}$ – літній коефіцієнт баричної ступені висот напрямку 1–2, який визначається за формулою

$$H \quad \frac{Q}{\frac{1}{2}(P_1 \quad P_2)} \quad 1 \quad 0{,}003665\frac{t_1 \quad t_2}{2}, \tag{11}$$

або при $Q = 8000$

$$H_{\text{напр.}} \quad \frac{29{,}304(t_1 \quad t_2) \quad 16000}{P_1 \quad P_2}, \tag{12}$$

де $Q = 8000$ – стала величина, що регулює густину повітря і ртуті; 0,003665 – коефіцієнт розширення повітря; t_1, t_2 – середня температура липня на станціях 1, 2 напрямку 1–2, °С; P_1, P_2 – середній атмосферний тиск у липні на станціях 1, 2 напрямку 1–2, ГПа.

Таблиця 2

Результати обчислення параметрів літнього атмосферного тиску для 18 перехідних станцій та 5 вершин Закарпатської обл. за висотними коефіцієнтами і коефіцієнтами баричної ступені висот

№ з/п	Назва станцій, вершин	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Параметри літнього атмосферного тиску, ГПа		
			за висотними коефіцієнтами	за коефіцієнтами баричної ступені висот	середні значення
1	Мукачево	116,5	1000,12	1000,10	1000,11
2	Перечин	142,0	997,46	997,29	997,38
3	Буштино	195,8	992,36	991,35	991,86
4	Свалява	203,5	991,45	990,49	990,97
5	Бедевля	225,2	989,17	988,10	988,64
6	Поляна	248,0	987,62	985,58	986,60
7	Діброва	250,0	986,48	985,37	985,93
8	г. Глибока	301,1	979,83	979,73	979,78
9	г. Свалявка	525,0	955,56	955,00	955,28
10	г. Чорна Гора	565,0	951,55	950,58	951,07
11	Ужоцький перевал	852,0	917,85	918,90	918,38
12	г. Дарвайка	883,0	914,38	915,45	914,92
13	г. Хмелів	887,0	913,93	915,03	914,48
14	г. Маковиця	978,0	905,48	904,98	905,23
15	г. Дахманів	1017,0	899,40	900,67	900,04
16	г. Мокра	1228,0	879,00	877,36	878,18
17	г. Угорська	1294,0	871,18	870,10	870,64
18	г. Кук	1361,0	863,58	862,70	863,14
19	г. Полонина Рівна	1470,0	851,09	850,74	850,92
20	г. Унгаряска	1707,0	825,10	824,50	824,80
21	г. Сивуля	1818,0	812,73	812,22	812,48
22	г. Піп Іван	1936,0	799,20	799,60	799,40
23	г. Говерла	2061,0	785,17	785,40	785,29

Зведені розрахунки літнього атмосферного тиску для 18 перехідних станцій і 5 вершин Закарпатської обл. наведені в таблиці 2.

Для обчислення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря на 18 перехідних станціях і 5 вершинах використано дані літнього атмосферного тиску на станціях та формули:

$$t_{\max,X} \quad t_{\max,1} \quad K_{\max,1\ 2}\ (P_1 \quad P_X) \qquad (13)$$

або

$$t_{\max,X} \quad t_{\max,2} \quad K_{\max,1\ 2}\ (P_X \quad P_2), \qquad (14)$$

$$K_{\max,1\ 2} \quad \frac{t_{\max,1} \quad t_{\max,2}}{P_1 \quad P_2}, \qquad (15)$$

де $t_{\max,X}$, $t_{\max,1}$, $t_{\max,2}$ – абсолютний максимум температури зовнішнього повітря на ст. X, 1, 2, (°C); P_X, P_1, P_2 – літній атмосферний тиск на станціях X, 1, 2 напрямку 1–2, ГПа; $K_{\max,1-2}$ – літній висотно-атмосферний коефіцієнт абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря між ст. 1 і 2, °C/ГПа.

Для обчислення параметрів абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря для 18 перехідних станцій і 5 вершин Закарпатської обл. за формулами (1–15) вибрані напрямки, які наведені в таблиці 3.

Результати обчислення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря за формулами 1–15 наведені в таблиці 4.

На базі таблиць 1, 4 побудовані графіки залежностей абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря від зміни літнього абсолютного тиску (рис. 2) та від висоти розміщення станцій над рівнем Балтіського моря (рис. 3).

Таблиця 3

Розподіл напрямків для визначення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря на 18 перехідних станціях і 5 вершинах Закарпатської обл.

№ з/п	Назва станцій, висота над рівнем Балтійського моря, м	Назва найближчих двох напрямків, висота над рівнем Балтійського моря, м
1 2 3	Мукачево –116,5 м Глибока – 301,1 м г. Дахманів – 1017 м	1. Ужгород – 114,6 м — Плай – 1330 м 2. Берегово – 113 м — Плай – 1330 м
4 5	Перечин – 142 м г. Маковиця – 978 м	1. В. Березний – 209 м — Плай – 1330 м 2. Ужгород – 114,6 м — В. Березний – 209 м
6 7	Буштино – 195,8 м Бедевля – 225,2 м	1. Хуст – 166 м — Рахів – 438 м 2. Хуст – 166 м — Плай – 1330 м
8 9	Свалява – 203,5 м Поляна – 242 м	1. Берегово – 113 м — Плай – 1330 м 2. Берегово – 113 м — Н. Ворота – 500 м
10	Діброва – 250 м	1. Хуст – 166 м — Рахів – 438 м 2. Хуст – 166 м — Плай – 1330 м
11 12 13	Свалява – 203,5 м Ужоцький перевал – 852 м г. Полонина Рівна – 1470 м	1. В. Березний – 209 м — Плай – 1330 м 2. Ужгород – 114,6 м — Плай – 1330 м
14 15	г. Чорна Гора – 566 м г. Кук – 1361 м	1. Берегово –113 м — Плай – 1330 м 2. Хуст – 166 м — Плай – 1330 м
16 17	г. Дарвайка – 883 м г. Хмелів – 887 м	1. Рахів – 436 м — Плай – 1330 м 2. Хуст – 166 м — Плай – 1330 м
18 19 20 21 22 23	г. Мокра – 1225 м г. Угорська – 1294 м г. Сивуля – 1818 м г. Піп Іван – 1936 м г. Унгаряска – 1707 м г. Говерла – 2061 м	1. Хуст – 166 м — Плай –1330 м 2. Рахів – 438 м — Плай – 1330 м

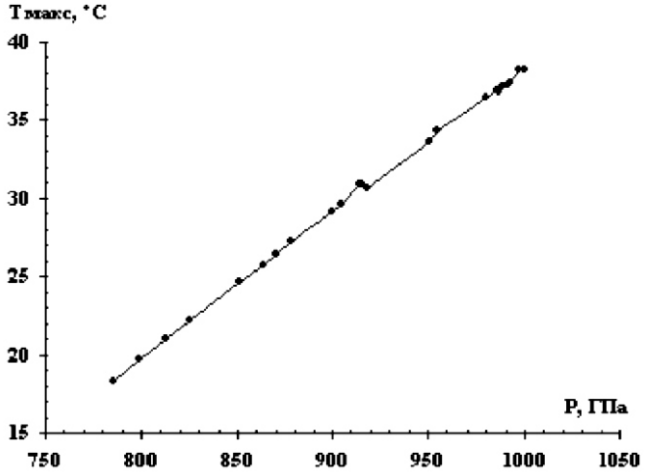


Рис. 2. Залежність абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря від зміни параметрів літнього атмосферного тиску на 18 перехідних станціях і 5 вершинах Закарпатської обл.

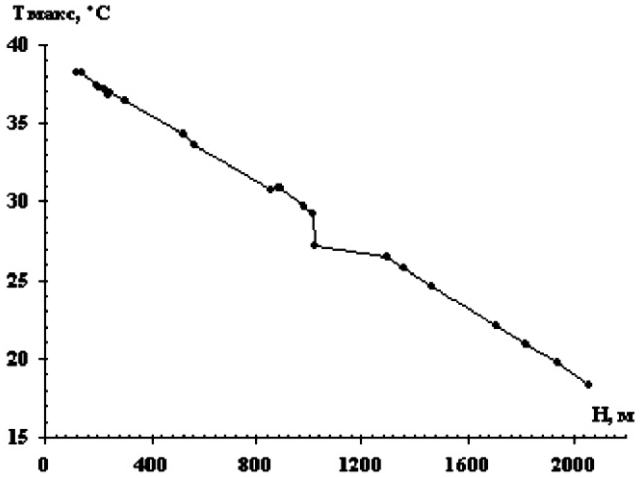


Рис. 3. Залежність абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря від висоти розміщення 18 станцій і 5 вершин Закарпатської обл. над рівнем Балтійського моря

Таблиця 4

Результати обчислення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря на 18 перехідних станціях і 5 вершинах Закарпатсьої обл.

№ з/п	Назва станцій і вершин	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Абсолютні максимуми температури зовнішнього повітря, °С, обчислені:		
			за висотними коефіцієнтами	за коефіцієнтами літнього висотно-атмосферного тиску	середні значення
1	Мукачево	116,5	38,27	38,09	38,18
2	Перечин	142,0	38,31	38,20	38,25
3	Буштино	195,8	37,43	37,42	37,42
4	Свалява	203,5	37,41	37,07	37,24
5	бедевля	225,2	37,16	37,19	37,18
6	Поляна	248,0	37,04	36,68	36,86
7	Діброва	250,0	36,94	36,94	36,94
8	г. Глибока	301,1	36.69	36,29	36,49
9	г. Свалявка	525,0	34,37	34,31	34,34
10	г. Чорна Гора	566,0	33,72	33,61	33,66
11	Ужоцький перевал	852,0	30,64	30,85	30,74
12	г. Дарвайка	883,0	31,21	30,63	30,92
13	г. Хмелів	887,0	31,17	30,60	30,88
14	г. Маковиця	978,0	29,73	29,63	29,68
15	г. Дахманів	1017,0	29,26	29,07	29,16
16	г. Мокра	1228,0	27,30	27,15	27,22
17	г. Угорська	1294,0	26,51	26,44	26,47
18	г. Кук	1361,0	25,81	25,74	25,77
19	г. Полонина Рівна	1470,0	24,69	24,60	24,64
20	г. Унгаряска	1707,0	22,19	22,09	22,14
21	г. Сивуля	1818,0	21,00	20,92	20,96
22	г. Піп Іван	1936,0	19,70	19,68	19,69
23	г. Говерла	2061,0	18,34	18,30	18,32

На карті Закарпатської обл. (рис. 4) проведені ізотерми абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря, які обчислені за формулами 1–15 і 23 напрямками між 9 метеостанціями і 18 перехідними станціями для населених пунктів, вершин і перевалів.

Згідно з проведеними ізотермами територія регіону поділена на 6 районів за такими абсолютними максимумами температури зовнішнього повітря:

1 район – +39 °С – +35 °С;

2 район – +35 °С – +31 °С;

3 район – +31 °С – +27 °С;

4 район – +27 °С – +23 °С;

5 район – +23 °С – +19 °С;

6 район – +19 °С – +15 °С.

Висновки.

Результати обчислення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря за висотними коефіцієнтами і 23 напрямками між базовими метеостанціями і 18 перехідними станціями та за літніми висотно-атмосферними коефіцієнтами відрізняються між собою в допустимих межах (0 % – 1,5 %).

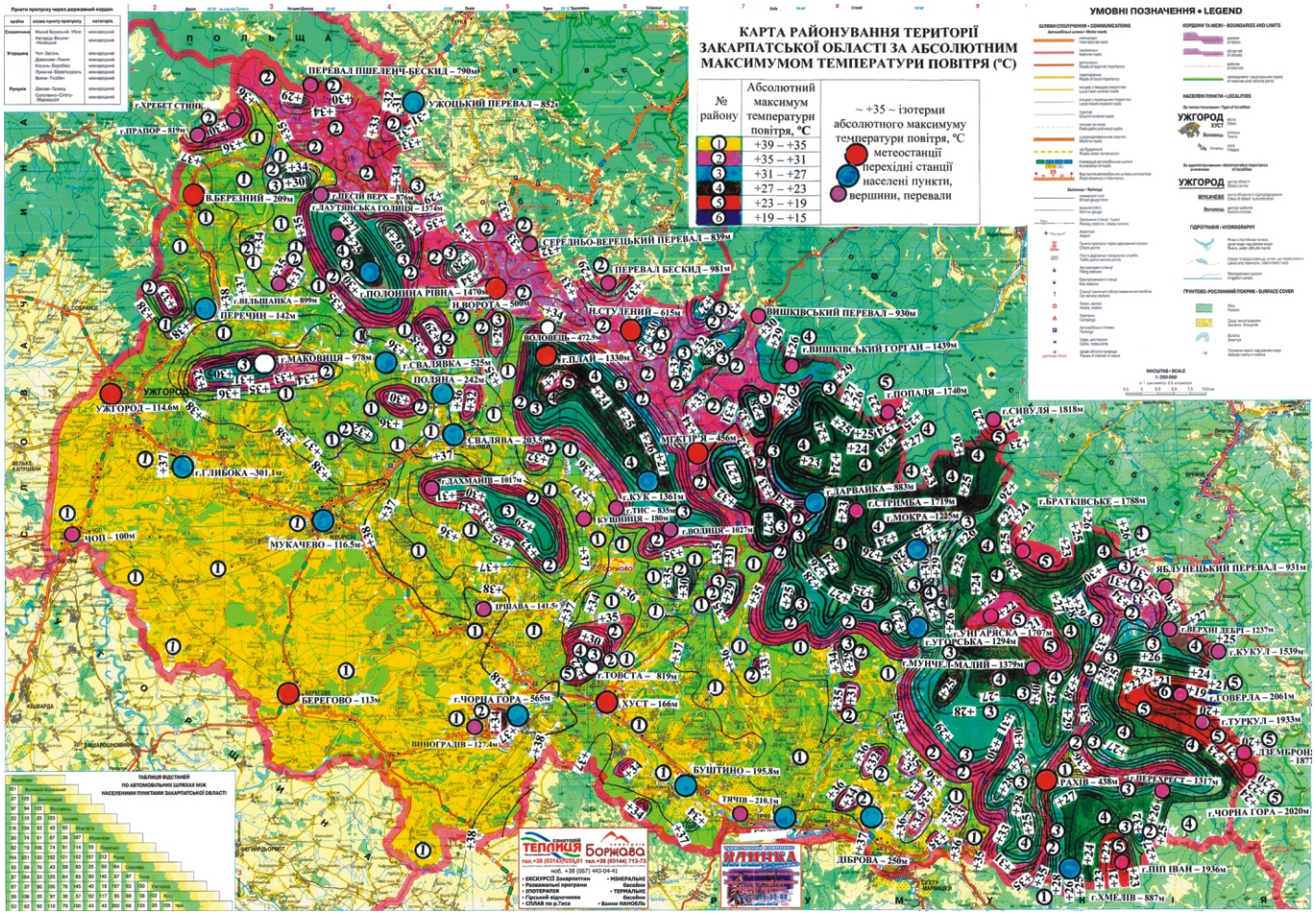


Рис. 4. Карта районування території Закарпатської обл. за абсолютним максимумом температури повітря, °С

Районування території Закарпатської обл. за абсолютним максимумом температури зовнішнього повітря проведено за середніми значеннями наведених методик.

Зміна літнього атмосферного тиску впливає на зміну температури зовнішнього повітря, його вологість і парціальний тиск.

Обчислені дані можуть бути використані при конструктивних розрахунках будівельних конструкцій, проектуванні систем вентиляції, кондиціонування повітря, барометричного нівелювання, синоптичних прогнозах, вивченні атмосфери тощо.

[1] *Андреева Г.К.* Некоторые вопросы построения климатических карт/Андреева Г.К., Бабиченко В.Н.. – К.: Укр НиГМИ. Вып.131. – 1974. – С.106–116.

[2] *Бабиченко В.Н.* Климат Ужгорода / Бабиченко В.Н. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 190 с.

[3] *Будыко М.И.* Климат в прошлом и будущем / Будыко М.И. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 351 с.

[4] *Бучинский И.Е.* Климат Украины / Бучинский И.Е. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 130 с.

[5] *Гук М.І.* Клімат Української РСР / Гук М.І., Половко І.К., Прихотько Г.Ф. – К.: Радянська школа, 1958. – 72 с.

[6] *Гук Я.С.* Визначення рекомендованих нормативних параметрів тиску для населених пунктів, окремих вершин і перевалів Закарпатської області / Гук Я.С. – Ужгород: Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. Вип.19. – 2006. – С. 206–208.

[7] ДСТУ НБ В.1.1-21:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: 2010. – 55 с.

[8] Закарпатська область. Загальногеографічна карта м-б 1 : 250 000 / – К.: АГП. – 2006. – 1 лист.

[9] *Кінаш Р.І.* Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області / Кінаш Р.І., Гук Я.С. – Львів: Problems of the Technical Meteorology, 22-26 may, 2006. – 2006. – P. 50–56.

[10] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування ДБН В.1.2-2:2006 – К.: Мінбуд України, 2006. – 35 с.

[11] СниП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» – М.: Стройиздат, 1985. – 35 с.

[12] СниП 2.01.01.82 «Строительная климатология и геофизика» – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.

[13] *Kinash Roman* Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region / Kinash R.I., Huck J.S. – Canada: Snow Engineering VI, june 1–5, 2008.

Надійшла 12.02.2014 р.

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

А.Ю. Герасимчук
инженер отдела линейных
и станционных сооружений ВЧ связи
ООО «НТЦ Энергосвязь», г. Киев

В.В. Тихенко
ведущий инженер
отдела телемеханики
ООО «НТЦ Энергосвязь», г. Киев

М.С. Киреев
начальник отдела
Государственного предприятия
«Киевский научно-исследовательский
институт гидроприборов»,
канд.воен.наук,
старший научный сотрудник

Обеспечение промышленной и экологической безопасности трубопроводного транспорта углеводородов и продуктов их переработки является одной из приоритетных задач для предприятий, эксплуатирующих трубопроводы.

В настоящее время решение этой задачи особенно актуально в связи с несанкционированными подключениями (врезками) к трубопроводам с целью хищения продуктов перекачки, приобретающими все более широкие масштабы.

Врезки нарушают герметичность трубопроводов, сокращают срок их эксплуатации, наносят значительный экономический ущерб, приводят к утечкам нефти и нефтепродуктов, создают предпосылки для возникновения чрезвычайных экологических ситуаций. Убытки от несанкционированных подключений складываются из стоимости похищенного продукта и затрат на восстановление повреждённых участков трубопроводов, ликвидацию разливов [1].

Использование на магистральных нефтепроводах эффективных систем обнаружения утечек исключает рассматриваемые убытки.

В странах, эксплуатирующих трубопроводы, наличие систем обнаружения утечек (СОУ) регулируется на законодательном уровне [1, 2].

Стандарт API 1130 «Computational Pipeline Monitoring for Liquids» (США) содержит рекомендации по разработке, внедрению, тестированию и эксплуатации СОУ, использующих алгоритмический подход. Документ предназначен для того, чтобы помочь организации, эксплуатирующей трубопровод, выбрать поставщика СОУ, провести настройку и тестирование системы. В документе приводится общая классификация, подразделяющая СОУ на системы на базе процессов, происходящих в трубопроводе и СОУ на базе процессов, происходящих вне трубопровода. Системы первого вида используют контрольно-измерительное оборудование (датчики давления, расходомеры, датчики температуры и т.д.) для мониторинга параметров транспортируемой среды в трубопроводе. Анализ значения этих параметров позволяет сделать вывод о возможном наличии утечки. СОУ на базе процессов, происходящих вне трубопровода, используют специализированные датчики, обнаруживающие специфичные изменения параметров, сопровождающие вытекание продукта из трубопровода.

Технические правила для трубопроводных систем TRFL (Германия) «Technische Regel für Rohrfernleitungen». В TRFL обобщены требования к трубопроводам, подлежащим государственному контролю и регулированию. Данные правила касаются трубопроводов с огнеопасными и ядовитыми жидкостями и большинства газопроводов. В документе предъявляются следующие требования к функциям СОУ:

- наличие двух независимых методов непрерывного обнаружения утечек при стационарном режиме работы, один из которых должен обеспечивать обнаружение утечек при переходных процессах, т.е. при запуске трубопровода;
- наличие метода обнаружения утечек при остановленном трубопроводе;
- наличие метода обнаружения медленно развивающихся утечек;
- наличие метода быстрой локализации утечек.

В настоящее время на трубопроводах эксплуатируется ряд систем, работа которых построена на различных физических принципах [3].

 © Герасимчук А.Ю., Тихенко В.В., Киреев М.С.

Параметрические системы основаны на измерении давления и расхода продукта перекачки. Они получили наибольшее распространение в существующих трубопроводах. К таким системам относятся:

- «Leak Detection System» (компания Process Automation Systems, Чехия);
- «LeakSpy» (фирма «Энергоавтоматика», РФ);
- «Leak Detection System» (компания S.E.I.C., Италия);
- «Pipeline Leak Detection System» (компания Tokyo Keiso – KROHNE Pte. Ltd., Сингапур);
- «ATMOS (TM) Pipe» (компания Atmos Inter-National Limited, Великобритания);
- «Leak detection and location system» (компания Simulation Software Limited, Великобритания).

Акустические системы регистрируют в акустическом диапазоне частот волны, сформированные утечками. К этим системам относятся:

- СНКГН-1, СНКГН-2 (НИИ интроскопии при Томском политехническом университете, РФ);
- «LeakWave» (фирма «Энергоавтоматика», РФ);
- «Капкан» (ООО «Проект-ресурс», РФ);
- «WaveAlert Acoustic Leak Detection System» (компания Acoustic Systems Incorporated, США);
- «Leak and Impact / Shock Detection System L.D.S.» (Франция);
- «Инфразвуковая система мониторинга трубопроводов» (ИСМТ);
- Система обнаружения и контроля утечек, (ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы»).

Виброакустические системы – созданные на основе волоконно-оптического кабеля и волоконно-оптических вибрационных датчиков. Виброакустическая система мониторинга, запущенная в декабре 2009 г. на одном из самых криминогенных по числу врезок нефтепроводе Жанажол–Кенкияк (Актюбинская область), за 3,5 месяца эксплуатации не зарегистрировала ни одной утечки через криминальные врезки [3].

Анализ экономических показателей позволяет условно разделить перечисленные системы на две стоимостные группы (распределенные и протяженные системы), которые отличаются способом монтажа оборудования на трубопроводе:

- в распределенных системах регистрирующие модули устанавливаются на трубопроводе, как правило, на значительном расстоянии друг от друга и используют доступные каналы связи – радиоканал, спутниковый, телемеханический, оптоволоконный. К этой группе относятся акустические и параметрические системы;
- в протяженных системах устанавливаемое оборудование требует прокладки вдоль трубопровода дополнительного канала связи, к которым относятся виброакустические системы.

Для распределенных систем стоимость оборудования, монтажа и текущего обслуживания в расчете на 1 км примерно в 10 раз ниже по сравнению с протяженными системами.

Анализ технических характеристик указанных систем, проведенный в работе [3], показывает, что они обеспечивают регистрацию крупных утечек, сопровождающихся падением давления, и имеют предел чувствительности, который составляет около 1 % производительности трубопровода. При этом утечки с низкой интенсивностью (менее 1 %) такие системы не регистрируют. Так, например, при производительности 2000 м^3/ч система с чувствительностью 1 % способна обнаружить утечку с интенсивностью 333,3 л/мин и более. Актуальность регистрации утечек с низкой интенсивностью чрезвычайно высока, поскольку такие утечки в ряде случаев приводят к масштабным катастрофам. В качестве примера можно привести утечку из Трансаляскинского нефтепровода 2 марта 2006 г., которая привела к одному из крупнейших разливов нефти в США. Установленная на нефтепроводе, эксплуатируемом компанией BP, система обнаружения утечек с чувствительностью 1 % не позволила зарегистрировать утечку. За пять суток разлива нефти экологии был нанесен катастрофический ущерб. Утечки с низкой интенсивностью характерны и для несанкционированных врезок.

Так, например, при производительности трубопровода 2000 м^3/ч достаточно 30 мин чтобы, не превышая предела чувствительности системы обнаружения утечек в 1 %, заполнить автоцистерну вместимостью 10 м^3. К сожалению, в большинстве случаев факт обнаружения утечки при несанкционированном отборе не позволяет предотвратить хищение. Действительно, в тече-

ние нескольких минут отбора служба охраны трубопровода не успевает предпринять защитных мер. В то же время существует возможность раннего обнаружения несанкционированного доступа, поскольку работы, связанные с врезками, сопровождаются механическими воздействиями на трубопровод, которые могут быть зарегистрированы.

Таким образом, для безопасной эксплуатации трубопроводного транспорта, защиты от несанкционированных врезок необходима надежная система непрерывного дистанционного контроля (мониторинга) технического состояния трубопроводов, которая должна обеспечить: обнаружение утечек с чувствительностью к их интенсивности менее 1 % производительности трубопровода; охрану трубопровода (регистрацию механических воздействий); высокое быстродействие (1–2 мин) и высокую чувствительность, т.е. способность обнаруживать слабые утечки и механические повреждения в минимально короткое время, а также предельно малое число ложных срабатываний и относительно низкую стоимость оборудования, его монтажа и обслуживания.

В [3] приведен анализ системы «Инфразвуковая система мониторинга трубопроводов» (ИСМТ), которая, по мнению автора, удовлетворяет указанным выше требованиям (характеристики системы приведены в табл. 1).

Система «ИСМТ» включает [4]:

- модули первичного сбора и обработки данных типа МПП и МОПС, монтируемые на трубопроводе;
- систему транспорта данных;
- программное обеспечение, устанавливаемое на компьютере диспетчера участка трубопровода (компьютере управления);
- систему самодиагностики и дистанционного контроля.

Архитектура построения системы «ИСМТ» позволяет практически неограниченно наращивать число подключаемых участков, обеспечивая контроль разветвлённой сети трубопроводов с помощью одного компьютера управления. На компьютере при этом появляется соответствующая географическая карта сети трубопроводов с индикацией состояний контролируемых функций на каждом из её участков. Такой интерфейс позволяет максимально разгрузить диспетчера. При появлении информации о повреждении трубопровода от одного из контролируемых участков система «ИСМТ» оповещает диспетчера световым и, при необходимости, звуковым сигналом.

Таблица 1

Технические характеристики основных функций Инфразвуковой системы мониторинга трубопроводов (для жидких продуктов транспортировки)

Показатели и технические характеристики	Значение показателей, характеристики
Функция «Обнаружение утечек»	
Порог чувствительности при производительности трубопровода 830 м^3/ч, диаметр отверстия истечения – 3 мм	0,04 %* (6 л/мин)
Точность регистрации, % длины защищаемого участка	± 0,2 %
Время регистрации	1–2 мин
Функция «Охрана трубопровода»	
Время обнаружения механических воздействий	1–2 мин
Точность обнаружения механических воздействий, % длины защищаемого участка	± 0,2 %
Виды регистрируемых воздействий:	
– сверление отверстия	+
– очистка трубы от грунта и изоляции	+
– проход человека	+
– проезд автотранспорта	+
Скорость передачи кадров видеосъемки окрестностей КП с установленным оборудованием ИСМТ	1 кадр/2 мин
Функция «Сопровождение (пассивная локация) внутритрубных устройств»	
Периодичность локации	5 мин
Функция «Регистрация дефектов трубопровода»	
Виды дефектов	Геометрические дефекты стенки трубопровода
Сервисная функция «Охрана и диагностика собственных модулей»	
Число непрерывно измеряемых параметров (выполняется прогноз изменения ряда параметров)	22

Контроллер, модель МОПС-001 обеспечивает [5] настройку и конфигурирование: местное или дистанционное; интерфейсы подключения к каналу связи: все известные, электропитание – от 120 В до 270 В, от 45 Гц до 55 Гц; грозозащиту, защиту от импульсных перенапряжений электропитания, функцию «микроклимат».

Потребляемая мощность: номинальная 40 Вт, максимальная (пиковая) 100 Вт, встроенное резервное электропитание.

Рис. 1. Элементы системы «ИСМТ»:
а – контроллер, модель МОПС-001;
б – инфразвуковая гидроантенна, модель МПП-001

Взрывозащищённое исполнение 1ExibIIIA по ГОСТ Р51330.10199 (МЭК60079111199).

К одному контроллеру подключаются до четырех трубопроводов, датчиков давления и задвижек.

Габариты: 600 600 220 мм. Масса 30 кг. Исполнение IP 20 по ГОСТ 14254 (рис. 1, а).

Инфразвуковая гидроантенна, модель МПП-001 не требует настройки и конфигурирования, обеспечивает [6]: взрывозащищённое исполнение 1ExibIIAT3, –55° С < *ta* < 55° С по ГОСТ Р51330.10199 (МЭК60079111199), монтаж в колодце или герметичном кожухе на кран шаровой *Ру* = 80 атм, *Ду* = 20 мм, подключение к контроллеру кабелем КИПвЭВБВ 4 2 0,78 с максимальной длиной до 1000 м.

Габариты: диаметр 105 мм, высота 62 мм. Масса 1,5 кг. Исполнение IP 67 по ГОСТ 14254 (рис. 1, б).

Система транспорта данных обеспечивает передачу данных от модулей первичного сбора и обработку данных до сервера и компьютеров управления. Система транспорта настраивается на передачу данных по доступному каналу [5], а именно: оптоволоконному каналу связи, радиоканалу (GPRS), телефонной линии, УКВ-радиоканалу и спутниковому каналу.

Программное обеспечение (ПО) ИСМТ состоит из трёх уровней [4]. Первый уровень обеспечивает работу модулей МПП, установленных на трубопроводе, и транспорта данных в модули МОПС, второй – обработку данных и передачу результатов обработки от модулей МОПС до компьютера управления. Третий уровень ПО отвечает за отображение полученной информации на компьютере управления.

Система самодиагностики и дистанционного контроля [5]. Аппаратно-программные средства самодиагностики ИСМТ разработаны для обеспечения надежной и бесперебойной работы оборудования, программного обеспечения, сокращения затрат на его обслуживание. Они позволяют:

- Выполнять непрерывную автоматическую самодиагностику. Анализируя динамику изменения контролируемых параметров, предоставлять прогноз возникновения возможных неисправностей в ближайшем будущем. Ряд наиболее важных параметров сохраняется в энергонезависимой памяти. Интерфейс оператора системы оперативно отображает данные самодиагностики с подробной инструкцией по устранению неисправностей.
- Получать результаты диагностики по запросу.
- Разработчику в рамках гарантийного обслуживания и технической поддержки выполнять диагностику дистанционно с использованием доступных каналов связи без выезда на объект.

Для модуля МПП выполняется непрерывная автокалибровка и проверка независимых параметров, что позволяет локализовать неисправность внутри модуля по отдельным его блокам.

Для модуля МОПС контролируются:

- температура внутри шкафа;
- состояние вентилятора охлаждения шкафа;
- напряжение на выходе блока питания 5 В;
- состояние нагревателя шкафа;
- температура процессора;
- частота вращения вентилятора процессора;
- напряжения платы процессора +5 В, +12 В;
- состояние накопителя данных с прогнозом времени работоспособности;
- состояние аккумуляторной батареи и системы охраны;
- уровень жидкости в колодцах с установленными модулями МПП.

Задача «Диагностика оборудования» имеет инструкцию по устранению неисправностей со свойствами интеллекта: после получения данных диагностики от модулей, установленных

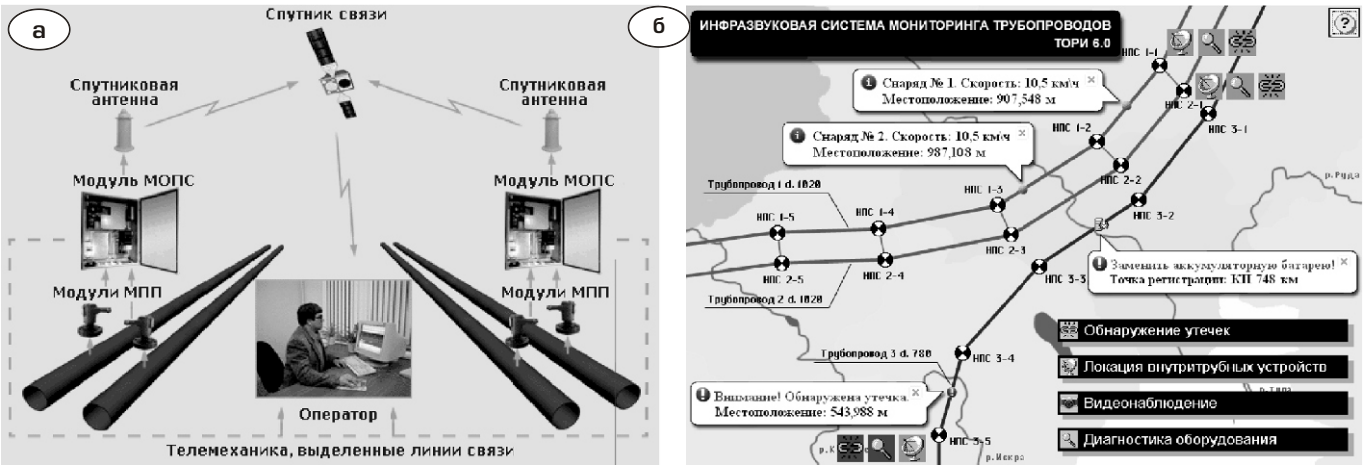


Рис. 2. Структурная схема построения системы «ИСМТ»:
а – для участка с четырьмя трубопроводами; **б** – отображение полученной информации на компьютере управления

на линейной части трубопровода, анализируется причина обнаруженной или прогнозируемой неисправности и предлагаются варианты её устранения.

Встроенные средства самодиагностики и дистанционного контроля позволяют свести к минимуму затраты на текущее обслуживание, повышают надёжность работы, что особенно актуально в связи со значительной удаленностью оборудования от насосных (компрессорных) станций, большой протяженностью трубопроводов, увеличением в последние годы для трубопроводов объёма аппаратно-программных средств диагностики и управления технологическими процессами.

Структурная схема построения системы «ИСМТ» приведена на рис. 2.

Структура программного обеспечения, применяемого в подобных системах, в частности в системе обнаружения утечек Межрегионального ОАО «Нефтеавтоматика», приведена на рис. 3 [7].

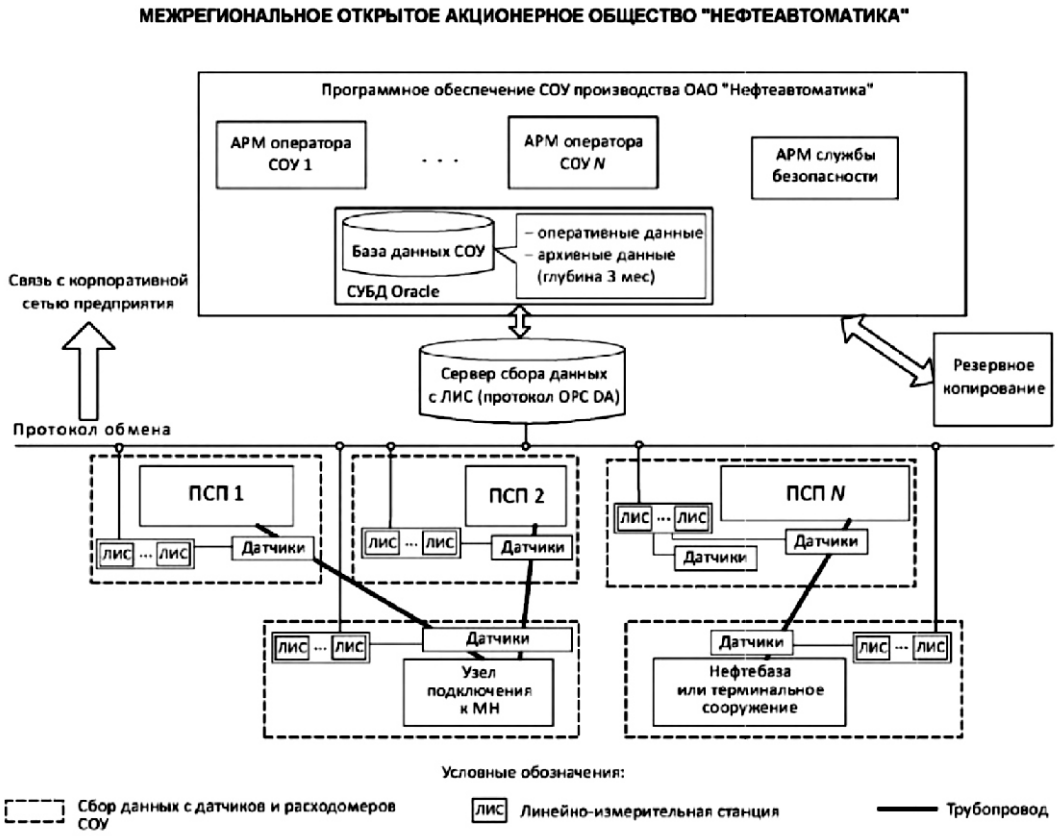
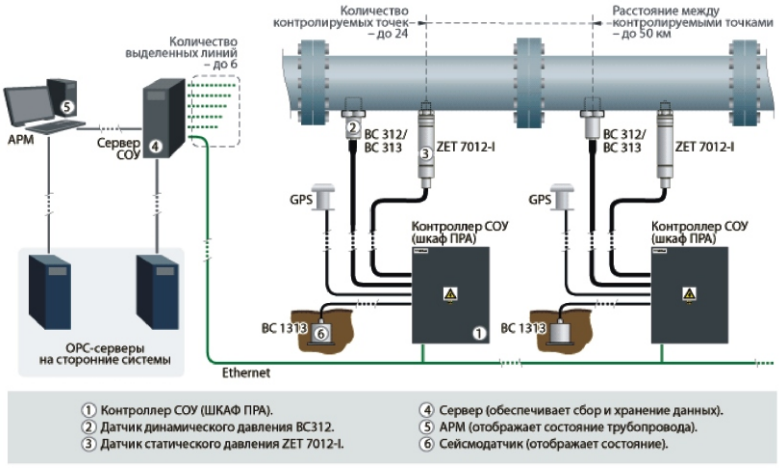


Рис. 3.
Структурная схема ПТК «АРМ оператора СОУ»



Первичные преобразователи (датчики):
Гидрофон (датчик динамического давления) BC 312 или BC 313.
Интеллектуальный датчик избыточного давления ZET 7012-I.
Сейсмоприемник BC 1313

Шкафы приемно-регистрирующей аппаратуры (ПРА):
Сейсмостанция ZET 048, которая обеспечивает цифровую обработку сигналов с датчиков.
Генератор ZET 7090 для бездемонтажной поверки датчиков.
Промышленный компьютер.
Модули искро- и грозозащиты.
Модули защиты от импульсных перенапряжений.
Резервные источники питания.
Антенны GPS/ГЛОНАСС и т.д.

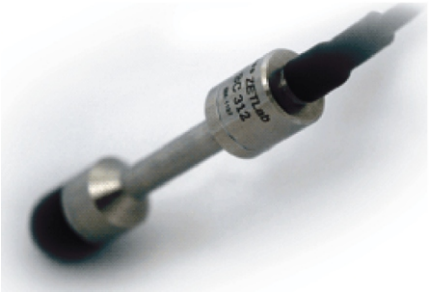
Информационно-вычислительный комплекс:
Сервер, Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора

Рис. 4. Структурная схема и состав системы обнаружения и контроля утечек

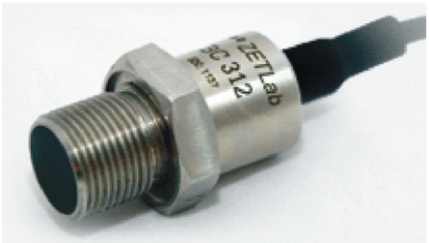
Таблица 2

Первичные преобразователи (датчики)

Врезной гидрофон BC 312 с резьбой M27 2



Погружной гидрофон BC 312



Врезной гидрофон BC 312 с резьбой M20 1,5

Гидрофон (датчик динамического давления) BC 312			
Параметр	**Ед. изм.**	**Значение**	
		погружной	**врезной**
Номинальная чувствительность	мкВ/Па	250	250
Глубина погружения	м	700	700
Диапазон рабочих частот	Гц	20–20000	20–20000
Собственная резонансная частота	Гц	> 50 000	> 50 000
Собственные шумы*, СКЗ	Па	0,02	0,02
Предельное статическое давление	МПа	4	7
Предельное динамическое давление	кПа	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
Выходное сопротивление	Ом	< 500	< 500
Температурный диапазон	°С	–20...+60	–20...+60
Питание		ICP	ICP
Напряжение питания	В	+(18...30)	+(18...30)
Ток питания	мА	3...12	3...12
Уровень постоянного напряжения на выходе	В	10...12	10...12
Материал корпуса		нержавеющая сталь	нержавеющая сталь
Размеры (длина диаметр корпуса)	мм	128 23	56 23 (с резьбой M20 1,5); 64 23 (с резьбой M27 2)
Масса (без кабеля)	г	< 170	< 170
Длина кабеля**	м	2	2
Диаметр пьезоэлемента	мм	15	15

Окончание таблицы 2

Сейсмоприемники пьезоэлектрические ВС 1313 предназначены для преобразования параметров вибраций в пропорциональный электрический сигнал.

Измерения проводятся одновременно по трем взаимноперпендикулярным осям X, Y и Z.

Сейсмоприемники ВС 1313 являются сейсмическими акселерометрами, измеряемый параметр – виброускорение.

Характеристика	Ед. изм	Значение
Измеряемый параметр		виброускорение
Чувствительность	В/(м · с$^{-2}$)	0,5
Частотный диапазон	Гц	0,3 – 400
Нелинейность амплитудной характеристики, не более	%	±10
Основная относительная погрешность, не более	%	±10 (<1,0 Гц) ± 4 (1–100 Гц) ±10 (>300 Гц)
Максимальное значение измеряемого ускорения	м/с^2	20
Собственная частота механического резонанса, не менее	Гц	900
Уровень постоянной составляющей выходного напряжения, не более	мВ	±200
Сопротивление со стороны калибровочного входа, не менее	Ом	600
Электрическое сопротивление изоляции, не менее	МОм	20
Значение напряжения питания (двуполярного) согласующего усилителя	В	±(10–14)
Условия эксплуатации: – диапазон рабочих температур; – относительная влажность воздуха (при 25 °С); – атмосферное давление	 °С % кПа	 –40...70 20...90 84...106,7
Габаритные размеры (без кабеля), не более	мм	80 76
Масса (без кабеля), не более	кг	1,2
Средний срок службы, не менее	лет	10
Степень защиты от попадания пыли и влаги		IP54

Интеллектуальный датчик избыточного давления **ZET 7012-I Pressure-485** состоит из первичного преобразователя и встроенного измерительного модуля. Первичный преобразователь осуществляет преобразование давления в аналоговый сигнал. Измерительный модуль оцифровывает сигнал с преобразователя и выдаёт значения давления в цифровом виде по интерфейсу **RS-485** используя протокол **Modbus**.

Интеллектуальный датчик **ZET 7012-I Pressure-485** – это датчик для простого и быстрого измерения избыточного давления, передающий измеренный значения в цифровом виде по интерфейсу RS-485

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
Частота выдачи данных	Гц	5, 10, 25, 50, 125
Измеряемый параметр		избыточное давление
Область применения		системы контроля и регулирования
Рабочая среда		жидкости и газы неагрессивные к титановым сплавам и нержавеющим сталям
Диапазоны измеряемых давлений	МПа	0–0,16; 0–0,6; 0–6
Интерфейс передачи данных		RS-485
Погрешность (нелинейность, вариация и повторяемость), не более	%	±0,1
Перегрузка	Рном	1,5
Питание устройства	В	от 9 до 24
Потребляемый ток при напряжении 12 В	мА	до 40
Габаритные размеры	мм	30 190

Значительный интерес также представляет Система обнаружения и контроля утечек ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы» (ЗАО «ЭТМС»), РФ [8].

Система обнаружения и контроля утечек предназначена для мониторинга состояния трубопровода и является трехуровневой информационно-измерительной системой: ***верхний*** уровень – информационно-вычислительный комплекс (АРМ, основной и резервный сервера), ***средний*** – контроллеры СОУ (шкафы ПРА), ***нижний*** – первичное оборудование (измерительные датчики, датчики, соединительные линии).

Структурная схема и состав системы приведены на рис. 4 [8].

Характеристики первичных преобразователей приведены в таблице 2.

Система обнаружения и контроля утечек обеспечивает: непрерывный мониторинг герметичности технологического участка трубопровода; определение факта возникновения и координаты утечки; минимальную погрешность определения координат утечки (±5 км); выдачу сообщения об утечке за максимально короткий промежуток времени (от 6 до 30 мин) с момента нарушения герметичности трубопровода.

Таким образом, в настоящее время на трубопроводах эксплуатируются следующие системы.

Параметрические – основанные на измерении давления и расхода продукта перекачки. Они обеспечивают регистрацию крупных утечек, сопровождающихся падением давления, и имеют предел чувствительности, который составляет около 1 % производительности трубопровода. При этом утечки с низкой интенсивностью (менее 1 %) такие системы не регистрируют.

Акустические – регистрирующие в акустическом диапазоне частот волны, сформированные утечками. Они обеспечивают обнаружение утечек с чувствительностью к их интенсивности менее 1 % производительности трубопровода.

Опыт эксплуатации и исследования указанных систем позволяет определить основные требования к перспективным системам обнаружения утечки. Это:

- обнаружение утечек с чувствительностью к их интенсивности менее одного процента производительности трубопровода;
- охрана трубопровода (регистрация механических воздействий);
- высокое быстродействие (1–2 мин) и высокая чувствительность, т.е. способность обнаруживать слабые утечки и механические повреждения в минимально короткое время;
- предельно малое число ложных срабатываний;
- относительно низкая стоимость оборудования, его монтажа и обслуживания.

[1] API RP 1130 (2007): Computational Pipeline Monitoring for Liquids. 1st Edition (September 2007). American Petroleum Institute.

[2] TRFL: Technische Regel für Rohrfernleitungen. Vom 8. März 2010.

[3] *В.В. Супрунчик* // «Безопасность трубопроводного транспорта углеводородов» // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – М.2007.– № 6.– С. 51–54.

[4] *Мишкин Г.Б.* Краткий обзор систем обнаружения утечек российских производителей // Молодой ученый. – 2011. – № 2. Т. 1. – С. 41–47.

[5] «Инфразвуковая система мониторинга трубопроводов». Презентационный материал. – Новосибирск, ООО НПФ «ТОРИ», РФ.

[6] Безопасность эксплуатации трубопроводов в 2010 г. – Новосибирск, ООО НПФ «ТОРИ», РФ.

[7] Программный комплекс «АРМ оператора системы обнаружения утечек в трубопроводах» / *В.Г. Бронников, И.Д. Кизина, Д.В. Гайнуллин, О.Ф. Бакирова* // Автоматизация и метрология в нефтегазовом комплексе. – 2009. – № 4. – С. 55–57.

[8] Система обнаружения и контроля утечек. Презентационный материал. – М.: ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», 2011.

Надійшла 29.05.2014 р.

РАБОТА СТАЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОЙ СМЕСИ

И.З. Шульман
директор Днепропетровского комплексного отделения
ООО «Украинский институт стальных конструкций им. В.Н. Шимановского», к.т.н.

Стальные вертикальные цилиндрические резервуары объемом 20000 м^3 входят в состав технологического комплекса для приема, хранения и сжигания водоугольной смеси (ВУС). ВУС поступает в резервуары по трубопроводам и по мере необходимости отбирается для подачи на горелки котлов ТЭЦ. Для поддержания требуемой консистенции ВУС в каждом резервуаре установлено по четыре смесителя, вращающихся со скоростью 18 об/мин.

Общий вид резервуара представлен на рис. 1.

Резервуары такого назначения на период проведения экспериментальных работ не имели аналогов и являлись уникальными сооружениями по своим конструктивным решениям, особенностям строительства и эксплуатации, а их проектирование и изготовление не были апробированы практикой.

В связи с отсутствием опыта проектирования, строительства и эксплуатации подобных резервуаров, невозможностью отступлений от проекта при строительстве, в т.ч. в части устройства основания резервуара и монтажа металлоконструкций, а также из-за неопределенности динамических нагрузок от работы смесителей единственным способом решить проблему обеспечения эксплуатационной надежности построенного сооружения является выполнение натурных испытаний с заполнением резервуара до проектного уровня. При этом обязательное условие проведения экспериментальных работ – измерение параметров его работы, характеризующих фактическое напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкций.

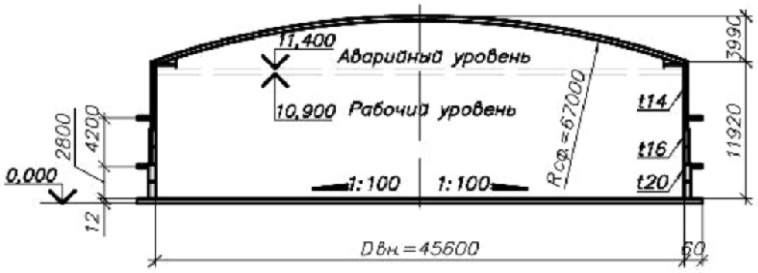


Рис. 1. Общий вид резервуара ВУС

Таким образом, цель проведения экспериментальных работ – оценка эксплуатационной надежности и разработка рекомендаций по эксплуатации резервуара по результатам экспериментального определения фактического напряженно-деформированного состояния конструкций и динамических характеристик, полученных при натурных гидравлических испытаниях.

Для их проведения разработан специальный «Проект и программа испытаний». Программой предусматривается три этапа испытаний и проведения экспериментальных работ.

Первый этап, выполняемый с целью оценки технического состояния резервуара, проводится при заполнении его водой до проектной высоты $H = 10{,}5$ м. При этом определяются начальные геометрические параметры резервуара, общие и местные деформации стенок и днища.

По результатам испытаний, измерений и поверочных расчетов определяются расчетная циклическая долговечность резервуара, а также статические и динамические напряжения в зонах их наибольшего значения.

На *втором этапе* работ, проводимых с целью оценки эксплуатационной надежности конструкций при рабочих режимах работы резервуара, испытания проводятся при заполнении резервуара водоугольной смесью на высоту $H = 7{,}5$ м. При этом измеряются: статические и динамические напряжения в зонах, характеризующих напряженное состояние конструкции, радиальные перемещения стенки в узле сопряжения с днищем, частоты и амплитуды вибрации стенки резервуара.

На *третьем этапе* работ при заполнении водоугольной смесью на проектную высоту измеряются напряжения в днище резервуара (в нишах, устроенных для подвода сливных трубопроводов).

При разработке проекта испытаний резервуара учтены следующие исходные данные, принятые при его проектировании:

- нормативная снеговая нагрузка – 15 МПа;
- нормативная ветровая нагрузка – 4,5 МПа;
- расчетная температура наружного воздуха – минус 39 °С;
- плотность ВУС – 1,28 т/м^3 ;
- максимальная высота наполнения резервуара – 11,4 м;
- срок службы резервуара – 15 лет.

Резервуар установлен на монолитном железобетонном основании с выравнивающим слоем из асфальтобетона толщиной 40...100 мм. В его основании устроены четыре ниши размером в плане 400 600 мм для врезки в днище резервуара сливных трубопроводов диаметром 100 мм.

В нижней части стенки резервуара в технологических люках установлено четыре смесителя (М1...М4) для равномерного распределения температуры ВУС по всем объему резервуара.

Вертикальные стенки резервуара теплоизолированы минераловатными плитами толщиной 100 мм (объемный вес 500 кг/м^3) и облицованы профилированными щитами.

Для окрайка днища t = 12 мм и верхней части стенки t = 14 мм применена сталь марки ВстЗсп5-1 по ТУ 14-1-3023-80 с расчетным сопротивлением 235 МПа, для нижней части стенки t = 16 мм и 20 мм – сталь марки 09Г2С гр.1 по ТУ 14-1-3023-80 с расчетным сопротивлением 320 МПа.

Из всего парка построенных резервуаров для испытания выбран резервуар (см. рис. 1), в рулонах и листах которого обнаружено недовальцовку окрайков прямых участков саблевидностей, перегибы, задиры и вмятины, а в смонтированных конструкциях – хлопуны, винтообразные выпуклости, угловатости сварных стыковых швов, депланации кромок листов в стыках.

Проектом испытаний предусматривается применение следующих методов и приборов, необходимых для определения исходных общих геометрических параметров сооружения и напряженно-деформированного состояния конструкций под нагрузкой.

Измерения геометрических параметров сооружения. Геометрические параметры и общая деформативность выбранных зон конструкций резервуара (стенок в зоне вставки и местах перехода стенки к крышке и др.) при заполнении его водой и ВУС выполняются методами инженерной геодезии и аналитической фотограмметрии.

Для проведения исполнительных съемок на объекте создается планово-высотное обоснование, включающее геодезическую сеть центральных пунктов фотограмметрической и геодезической съемки, а также базисы для стереофотограмметрии. Геодезическое обеспечение фотограмметрических работ включает контрольные измерения и обмеры по опорным точкам и ориентирным направлениям. Для исследования изменения геометрической формы используется грамметрический способ съемки образующих резервуара, выполняемый последовательно с восьми центров проектирования по восьми ориентирным направлениям.

Перемещения стенки резервуара в околошовных зонах, а также в местах перехода крыши к стенке определяются с помощью нормального и равнонаклонного случаев (видов) стереофотограмметрической съемки в пространственной фотограмметрической прямоугольной системе координат.

С помощью геодезических методов выполняются как контрольные измерения, так и измерения в рамках самостоятельной программы съемок. Фотограмметрические и геодезические измерения производятся по маркированным контрольным точкам (маркам). Количество марок, устанавливаемых на резервуаре, выбирается в зависимости от требований полноты и представительности результатов измерений.

Фотограмметрическая съемка выполняется с помощью камеры UMK 20/1318, а геодезические работы – высокоточных нивелира и теодолита. Камеральная обработка снимков производится на прецизионном стереокомпараторе способом координат. Аналитические вычисления осуществляются по специальной программе. Результаты измерений представляются в виде каталогов координат и перемещений определяемых точек, а также в графическом виде (диаграммы, графики и т. п.).

Измерение напряженно-деформированного состояния металлоконструкций резервуара. Резервуар для хранения водоугольной смеси в соответствии с производствоственной технологией имеет два режима работы: статический и динамический. Статический (квазистатический) режим включает технологические операции наполнения, слива и хранения ВУС. Динамическим режимом работы резервуара является перемешивание ВУС с помощью специальных устройств.

При статическом режиме работы параметрами, характеризующими напряженно-деформированное состояние металлоконструкций резервуара, являются: напряжения в стенке резервуара и в его днище, геометрические размеры стенки при различных высотах наполнения.

При динамическом режиме работы к числу параметров, характеризующих работу резервуара, относятся динамические напряжения и виброперемещения стенки резервуара.

Каждому из режимов работы резервуаров соответствует тип проведения испытаний и, соответственно, методы и приборы для измерений напряженно-деформированного состояния и параметров работы конструкции.

При статических испытаниях деформации (напряжения) измеряются с помощью электрических тензометров сопротивления (тензорезисторов), которые обеспечивают относительно недорогой многоточечный дистанционный контроль деформаций в процессе нагружения резервуара статической нагрузкой.

При динамических испытаниях состав измерительной аппаратуры, необходимый для оценки динамических напряжений и параметров вибрации резервуара, определяется исходя из следующих предпосылок:

- Канал измерений динамических напряжений:
– диапазон измеряемых напряжений ±30 МПа;
– чувствительность канала регистрации 0,2 МПа.
- Канал измерений параметров вибрации:
– частотный диапазон измерений 1-20 Гц;
– амплитуда виброперемещений 10–200 мкм.

Динамические испытания проводятся с помощью специально разработанного комплекта аппаратуры, обеспечивающей получение необходимой информации о динамических параметрах работы резервуара.

С целью определения мест максимальных вибраций при установившейся работе смесителей установка вибропреобразователей на конструкцию резервуара осуществлялась с помощью переносного устройства на постоянных магнитах.

Результаты испытаний и расчетно-экспериментальных исследований. Рассмотрим наиболее характерные начальные несовершенства (недопустимые отклонения от проекта) резервуара ВУС и их влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции, а также параметры работы и эксплуатационной надежности резервуара данного типа с учетом способа устранения дефектов изготовления и монтажа (ремонтная монтажная вставка в зоне исправленных монтажных стыков), специфической особенности заполняемого продукта (удельный вес 1,28 т/м^3) и технологического режима работы (работа 4-х смесителей), а также влияние динамических напряжений и вибрации стенки на циклическую долговечность сооружения.

По данным измерений геометрических параметров конструкции, до заполнения резервуара водой максимальная разность начальных диаметров от правильной геометрической формы, измеренных на отм. 4,5 м, находится в пределах 45560 – 45531 = 29 мм; максимальная разность высотных отметок наружного контура днища составляет 81 мм.

После заполнения резервуара его геометрическая форма изменяется в зависимости от высоты налива продукта (нагрузки) и принимает по сечению его горизонтальной плоскости на отметке +5,0 м и высоте налива воды 9,0 м форму неправильного эллипса, характеризуемого наличием общих и местных выпучиваний и вмятин стенок.

Изменение геометрической формы резервуара (рис. 2.) характеризуется отклонениями стенки от вертикали по восьми образующим при полной высоте налива на величины от –4 мм до +74 мм, а также наличием значительных перемещений стенки по отношению к исходному (ненагруженному) положению, превышающих по двум из восьми контролируемых образующих допустимые величины, регламентируемые СНиП III-18-75.

Деформативность стенки резервуара в зоне вставки, характеризуемая перемещениями мар-

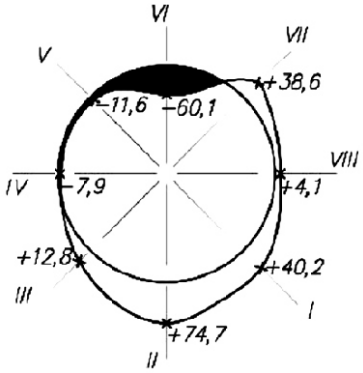


Рис. 2. Диаграмма изменения геометрии резервуара при наливе h = 9 м по сечению на отм. +5,0

кированных точек по радиальным направлениям, достигает величины до 95 мм при высоте налива 10,3 м. Определение диаметров резервуара по четырем направлениям (ориентирные направления I–V; II–VI; III–VII; IV–VIII) на отметке H = +11,92 м свидетельствует о наличии отклонений от проектного значения на величины 20…48 мм; динамические напряжения в стенке резервуара не превышают 2 МПа; размахи виброперемещений незначительны и не превышают величины 0,05 мм в диапазоне частот 5...19 Гц.

Согласно результатам выполненных расчетов минимальное количество циклов полного наполнения до появления трещины с учетом данных измерений местных деформаций составляет 3680. Максимальные динамические напряжения в стенке резервуара от работы смесителя не превышают 18 МПа. Максимальные расчетные напряжения в окрайке днища при различных коэффициентах постели основания и заполнении резервуара ВУС на высоту 11,4 м приведены в таблице 1.

На втором и третьем этапах испытаний, выполняемых при заполнении резервуара водоугольной смесью, в программу вносились изменения в части дислокации (размещения) зон контроля и измерений статических напряжений. Критерием определения зон измерений являлось такое расположение тензорезисторов, при котором по показаниям приборов можно оценить общее напряженно-деформированное состояние, а, следовательно, и прочность конструкции резервуара. Всего в описываемом эксперименте статические напряжения измерялись в 149 точках. При этом, для определения кольцевых и меридиональных составляющих напряжения в каждой точке измерялись прямоугольными розетками тензорезисторов, наклеиваемых в направлении действия этих напряжений. Более подробная характеристика мест измерений и максимальная высота заполнения резервуара при испытаниях приведены в таблице 2.

Таблица 1

Максимальные расчетные напряжения в окрайке днища

Элемент	Вид напряжения	Напряжения в МПа при коэффициенте постели, кгс/см^3				
		5	20	100	500	1000
Стенка	Меридиональные	–89,7 79,1	–124,5	–173,8	–224,8	–240,4
	Кольцевые		–37,3	–52,7	–67,4	–72,1
	Приведенные		118,6	–156,2	199,8	213,6
Днище	Радиальные с внутренней стороны	174,2	236	332,7	360,9	360,6

Таблица 2

Дислокация мест измерений напряжений в конструкции резервуара

Конструктивный элемент	Днище	Стенка					
Характеристика мест измерений	Зона сопряжения со стенкой	Зона сопряжения с днищем	Места врезки люков	Места изменения толщин и депланаций	Места несовершенств вертикальных монтажных стыков	Места несовершенств формы	Зона сопряжения с куполом
Количество мест измерений	5	7	5	3	5	2	1
Количество точек измерений	37	46	18	18	20	12	2
Высота заполнения резервуара, м	11,2	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6

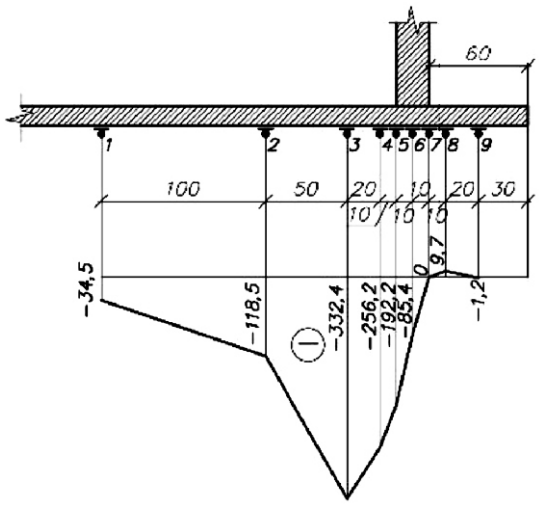


Рис. 3. Эпюры напряжений в днище резервуара при заполнении резервуара ВУС на высоту 7,5 м

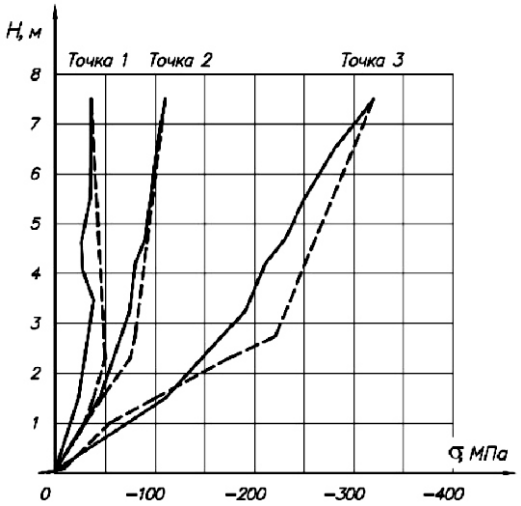


Рис. 4. График зависимости напряжений в днище резервуара от заполнения резервуара (схему установки тензорезисторов см. рис. 3)

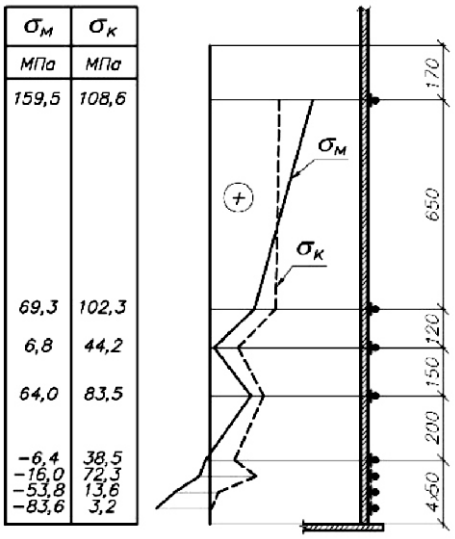


Рис. 5. Эпюры кольцевых $_{к}$ и меридиональных $_{м}$ напряжений в стенке резервуара (зона смесителя)

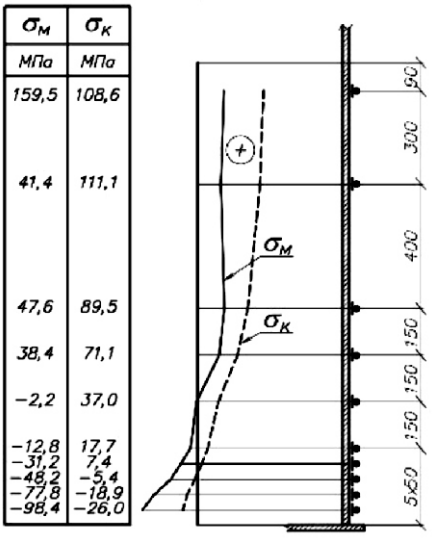


Рис. 6. Эпюры кольцевых $_{к}$ и меридиональных $_{м}$ напряжений в стенке резервуара (зона примыкания к днищу)

Характерные эпюры и графики изменения напряжений в зависимости от наполнения резервуара ВУС, полученные на этих этапах испытаний, свидетельствуют о следующем (рис. 3–6).

Заполнение резервуара водоугольной смесью, которая отличается от воды вязкостью, плотностью и обладает фрикционными свойствами, негативно влияет на надежность эксплуатации сооружения. При этом нормативные напряжения в стенке и днище при заполнении резервуара ВУС до аварийного уровня не превышают соответствующего расчетного сопротивления.

Высокий уровень напряжений в трех точках днища (рис. 3) при заполнении резервуара на высоту 7,5 м (второй этап испытаний) объясняется начальным погибом днища. Этой же причиной вызваны отклонения от линейной зависимости «нагрузка-напряжения» на представленных графиках. При повторном заполнении резервуара (на высоту 11,2 м, т. е. большую, чем на втором этапе) измеренные напряжения в днище не превышали соответствующего расчетного сопротивления металла.

Динамический эффект от работы смесителей не существенен, коэффициент динамич-

ности равен единице; выявленный спектр колебаний не присущ сооружениям данного типа и свидетельствует о возможности появления отказов, связанных с малоцикловой усталостью.

Результаты измерений и теоретических расчетов показали, что минимальное количество полных циклов нагружения резервуара (заполнение порожнего резервуара на высоту $H = 11{,}4$ м) до исчерпания усталостного ресурса составляет 3680, что обеспечивает возможность его эксплуатации в течение расчетного периода (15 лет) при продолжительности одного цикла не менее 36 часов.

Исходя из результатов обследований состояния конструкций, проведенных испытаний и данных измерений напряженно-деформированного состояния металлоконструкций резервуара, для обеспечения надежной эксплуатации сооружения было рекомендовано устранить выявленные при обследовании дефекты конструкций и отступления от проекта, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность; заменить систему заполнения резервуара продуктом, исключающим негативное воздействие заливаемого продукта на конструкции резервуара; установить постоянный автоматизированный контроль за уровнем заполнения резервуара ВУС, а также постоянные датчики по всей высоте резервуара для систематического контроля уровней напряженного состояния резервуара при его эксплуатации; организовать постоянный контроль за состоянием конструкций резервуара; при обнаружении изменений геометриических параметров (появление непроектных деформаций) эксплуатацию необходимо прекратить, продукт слить и сообщить об этом авторам проекта.

По результатам проведенных испытаний при условии выполнения указанных требований принято решение о возможности эксплуатации резервуара с максимальной высотой заполнения, не превышающей отм. 10,0 м.

Надійшла 27.01.2014 р.

Проектирование стальных конструкций в соответствии с требованиями EN 1993-1-1

16-17 октября 2014, Киев

Лектор: Дэвид Браун (David Brown), Институт стального строительства Великобритании (Steel Construction Institute, U.K.)

В рамках предложенного курса слушатели ознакомятся с основами проектирования стальных конструкций и сбором нагрузок по Еврокодам, а также расчетом основных типов стальных элементов и соединений с применением европейских норм.

Для посещения семинара **ОБЯЗАТЕЛЬНА РЕГИСТРАЦИЯ** по телефону **(044) 590-01-56,** или по e-mail – **info@uscc.com.ua**

Для членов ассоциации Украинский Центр Стального Строительства участие бесплатное. Для организаций, не входящих в состав УЦСС, стоимость будет составлять 300 гривен за 2 дня. По итогам семинара каждый участник получит копии выполненных практических заданий, а также публикации «Основы проектирования стальных конструкций зданий согласно Еврокодам» и «Основы проектирования стальных конструкций зданий согласно Еврокодам. Примеры расчетов».

ПАРТНЕРЫ

BLACHY PRUSZYŃSKI

SCI

ІДЕОЛОГІЯ ТЕОРІЇ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ПЕРШИМ ГРАНИЧНИМ СТАНОМ

(НА ПРИКЛАДІ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ)

В.З. Кліменко
професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, к.т.н., професор

До середини двадцятого сторіччя розрахунок будівельних конструкцій виконувався за правилами опору матеріалів, в якому розглядаються абстрактні елементи, що працюють на розтяг, стиск, згин, складний опір, кручіння тощо. Звідси фізичні величини, які входять до розрахункових формул, стабільні. Головною метою вирішення в опорі матеріалів фізичних задач є перевірка міцності матеріалів у перерізах елементів. Така постановка задачі не передбачає забезпечення надійності елементів у разі виникнення непередбачуваних змін у фізичних явищах.

Механічне перенесення правил опору матеріалів на розрахунок будівельних конструкцій не досягає головної мети – безпеки будівельних конструкцій.

Останні не абстрактні, а експлуатуються в реальних умовах під впливом різних зовнішніх кліматичних, технологічних та внутрішніх чинників, що залежать від структури і фізико-механічних властивостей матеріалів. Наслідком цього стало те, що фізичні величини у розрахункових формулах стають статистичними. Невизначеність імовірного характеру розрахунку будівельних конструкцій змусила внести до нього коефіцієнт запасу для забезпечення розрахункової надійності елементів. Для різних конструкцій коефіцієнти не мали наукового обґрунтування і призначалися на підставі досвіду експлуатації чи взагалі вольовим рішенням. Для конструкцій з різних матеріалів коефіцієнти безпеки становили від 2 до 5. Такий розрахунок не давав економічного рішення при проектуванні конструкцій. Згадані коефіцієнти отримали назву «коефіцієнти незнання», що відповідало дійсності.

Новий метод розрахунку будівельних конструкцій, розроблений вітчизняними вченими, базується на досягненнях вітчизняної будівельної науки. Перехід до розрахункових граничних станів не потребує коефіцієнта запасу, який породжував видиме уявлення про безпеку конструкцій. Зазначена відмінність не є єдиною і головною і не полягає у зміненні величин розрахункових опорів порівняно з допустими напруженнями (табл. 1).

Абсолютна відмінність між розрахунком за допустимими напруженнями і методом граничних станів полягає в наявності ідеології в новому методі. В роботі [1] автор зазначає, що теорія методу повинна стати інструментом інженера за умови знайомства з його ідеологією. Інакше при нестандартній технічній ситуації, які трапляються в інженерній практиці, спеціаліст відчуватиме складності у фаховому вирішенні технічної проблеми.

Можливість створення з клеєної деревини криволінійних опукло-ввігнутих конструкцій (балок, арок) сприяла появі нової складової ідеології теорії розрахунку за граничним станом. У криволінійних елементах небезпечним перерізом за умови першого граничного стану часто можуть бути не ті, в яких діють сепаратно максимальні напруження від згину, поздовжнього зусилля, від поперечної сили радіальні від кривизни, а ті перерізи, в яких ці напруження у різній комбінаториці діють спільно. В таких перерізах слід виконувати перевірку міцності матеріалу не окремо на складові напруженого стану – $_i$ R_i, а за умови сумісної дії відносних значень кожного з напружень – $(\ _i/R_i)^2$ 1. Така перевірка адекватно формалізує складний напружений стан матеріалу, подібне фізичне явище не притаманне конструкціям із цільної деревини. Ця складова ідеології теорії розрахунку конструкцій із клеєної деревини увійшла до національного стандарту з проектування, що підвищує проектну надійність конструкцій і є ознакою еволюції ідеології теорії методу розрахунку конструкцій з нового матеріалу.

Таблиця 1

Допустимі напруження і розрахункові опори деревини

№	Напружений стан	Допустимі напруження, розрахункові опори								
		за [1]	за [2,3,4]	за [5]	за [1] кг/см^2	за [2] кг/см^2	за [3] кг/см^2	за [4] і [5] по сортах, МПа		
								1	2	3
1	Згин	[з]	$R_з$	$f_{m,d}$	100	130	130 160	від 16	до	8,5
2	Розтяг уздовж волокон	[р]	$R_р$	$f_{t,Q,d}$	100	100	80 100	12	7	–
3	Стиск уздовж волокон	[с]	$R_с$	$f_{c,Q,d}$	100					
	Зминання торця	[зм]		$f_{зм,Q,d}$	80					
	Стиск і зминання уздовж волокон		$R_с$; $R_{зм}$	$f_{зм,Q,d}$		130	130	від 16	до	85
4	Сколювання вздовж волокон при згині елементів	[ ]	$R_{ск}$	$f_{v,Q,d}$	22	24	24			
	з цільної деревини							1,8	1,6	1,6
	з клеєної деревини							1,6	1,5	1,5
5	Стиск і зминання поперек волокон	[с]$_{90}$ [зм]$_{90}$		$f_{c,90,d}$ $f_{зм,90,d}$						
	по всій площині				15	18	18		1,8	
	місцеве				30	30	24		3 4	
6	Розтяг поперек волокон в елементах із клеєної деревини		за [4] $R_{р.90}$	$f_{t,90,d}$				0,35	0,3	0,25

Примітки. Наведені значення найчастіше використовуються в розрахунках конструкцій з цільної і клеєної деревини.

[1] Инструкция по проектированию деревянных конструкций. Стройиздат Наркомстроя. – М. – Л.: 1940.
[2] Нормы и технические условия проектирования деревянных конструкций (НиТУ 122-55). – М.: ГСИ. 1955.
[3] СНиП II-В.4-71 Деревянные конструкции. – М: ГСИ. 1972.
[4] СНиП II-25-80 Деревянные конструкции. – М.: СИ. 1983.
[5] ДСТУ-Н Б В.2.6-184:2012. Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування. – К.: Мінрегіон, 2013.

Об'єктивно ідеологія теорії методу граничних станів повинна відображати дійсність. З позиції ідеології складові теорії методу граничних станів – філософську, технічну, математичну, економічну, організаційну – можна прийняти за систему поглядів [2]. До цієї системи, на думку автора, можна додати теоретичний погляд. Філософська і технічна складові ідеології утворюють філософію техніки, яка разом з теоретичним поглядом формує науковий світогляд на ідеологію теорії методу граничних станів.

Фізичний зміст технічних задач розрахунку конструкцій в теорії методу граничних станів зовсім інший, ніж в опорі матеріалів. Теорія діючого методу передбачає забезпечення несучої здатності окремих елементів і з'єднань, а не міцності матеріалів у перерізі, з яких вони виконані, і, як результат, забезпечення несучої здатності та надійності конструкцій в цілому. Звідси інша формалізація технічних задач математичними формулами згідно з математичною (чи символічною) логікою та семіотикою. Знакові системи теорії методу граничних станів адекватні фізичним явищам, а розрахункові формули зовсім інші, ніж в опорі матеріалів. Вирішення фізичних задач у них формулюється таким чином: несуча здатність елемента, з'єднання не повинні бути менше розрахункового зусилля в елементі, з'єднанні. Одночасно з впровадженням методу граничних станів були розроблені посібники щодо методу розрахунку будівельних конструкцій із різних матеріалів, на основі яких були розроблені державні нормативні документи з проектування конструкцій із різних матеріалів.

Згідно з теорією методу граничних станів єдиний коефіцієнт запасу попереднього методу замінено на систему коефіцієнтів умов роботи і безпеки. За будівельними нормами і правилами проектування конструкцій можна прослідкувати яким чином змінювалася номенклатура коефіцієнтів і їх величини в міру поглиблення ідеології і удосконалення теорії граничних станів для конструкцій із різних матеріалів. Наприклад, з'явився однаковий для різних конструкцій коефіцієнт відповідно до функціонального призначення будівлі чи споруди – т.з. коефіцієнт відповідальності за призначенням.

Метод граничних станів удосконалюється з метою більшої гарантії надійності будівель і споруд. В роботі [1] пропонується коефіцієнти умов роботи вважати системою коефіцієнтів надійності. З постійним уточненням значень коефіцієнтів підвищується гарантія надійності будівель і споруд. Наголошується на тому, що коефіцієнти надійності в ідеології теорії методу граничних станів пов'язані зі статистичним характером зовнішніх впливів і властивостями матеріалів конструкцій. Розглянемо як ця теза реалізується при проектуванні конструкцій з клеєної деревини, якій притаманна надзвичайна анізотропія міцності.

***Приклад перший**. Розрахунок колон рамного поперечника будівлі.* В разі перевищення в защемленні колон до фундаментів напружень від вітрового тиску порівняно з напруженням від покриття (в літній період) при підрахунку розрахункового опору матеріалу з урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням будівлі і інших коефіцієнтів надійності, згідно з державним стандартом з проектування, які як правило менше одиниці, коефіцієнт надійності за характером навантаження від вітрового тиску в стандарті дається більше одиниці. Це пояснюється тим, що при короткочасному навантаженні в деревині не встигають розвинутися реологічні процеси для появи ефекту тривалого опору. Ідеологія теорії методу граничних станів при такому фізичному явищі в деревині дозволяє підвищити міцнісну характеристику матеріалу.

Збалансованість міцності частин конструкцій.

Прямолінійні рами з цільної деревини вже давно застосовуються у будівництві. При діючому в карнизному вузлі згинальному моменті він вирішувався таким чином, що розтягувальна складова пари сил сприймалася металевою накладкою, яка приєднувалася до зовнішніх граней стійки і ригеля механічними деталями (шурупами, болтами). Стискальна складова пари сил сприймалася підкосом. Для збільшення плеча пари сил підкоси з двох боків рами розташовувалися на значній відстані від карнизних вузлів, внаслідок чого зменшувався вільний внутрішній простір будівлі. Проектувальників, звісно, зацікавила можливість для збільшення прогонів і несучої здатності рам використовувати клеєну деревину і з'єднання стійок і ригелів у карнизних вузлах зубчастим шипом на клею. Механічне перенесення розрахунку попередніх рам на нові дало від'ємний результат застосування прямолінійних рам із клеєної деревини [3]. Робота карнизного вузла у рамах з підкосами була визначеною: механічні в'язі працювали як нагелі, листові металеві накладки на розтяг, деревина у підкосах на стиск. Розрахунок за правилами опору матеріалів забезпечував рівноміцність вузлів, стійок і ригеля рам.

Припускалося, що карнизні вузли на зубчастий шип у рамах із клеєної деревини також забезпечують рівноміцність частин рами, що мало негативний вплив при впровадженні рам. У зоні карнизних вузлів порушився принцип спрямованої орієнтації біологічної структури деревини і напрямку потоку внутрішнього зусилля від ригеля до стійки. Таке явище в конструкціях з цільної деревини виникало лише у вузлових з'єднаннях і достатньо просто вирішувалося підсиленням різними конструктивними засобами. Внутрішні зусилля в карнизних вузлах на зубчастий шип передаються під кутом до напрямку волокон деревини. На похилих площадках зубців з'являються поперечні до напрямку волокон напруження, чому деревина опирається дуже слабо. Міцність клеєної деревини в розтягнутій зовнішній зоні карнизних вузлів у декілька разів менша порівняно з міцністю в стійках і ригелі.

За результатом впровадження прямолінійних рам із клеєної деревини виявилась важливість принципу збалансованої міцності окремих частин конструкцій, який став складовою ідеології теорії проектування конструкцій з клеєної деревини.

Конфлікт, викликаний недотриманням принципу збалансованої міцності, вирішується підсиленням карнизних вузлів, конструкція якого повністю сприймає згинальний момент. Необхідність у зубчастому шипі на клею відпадає, що не можна назвати еволюційністю конструктивної форми. Це свідчить про динамічність ідеології теорії розрахунку конструкцій з клеєної деревини.

***Другий приклад.** Проектування ферми покриття.* Після статики конструкції розрахунок нижнього (розтяг деревини) та верхнього поясів (складний опір), стержнів грат (розтяг, стиск) починається з визначення розрахункових опорів клеєної деревини цих елементів. Є однакові коефіцієнти надійності для елементів ферм і різні, пов'язані з видом деформацій в елементах, очікуваними розмірами їх поперечних перерізів та іншими чинниками. Завдяки цьому метод розрахунку забезпечує рівноміцність усіх еле-

ментів ферм у граничному стані конструкції. Очевидно, що принцип рівноміцності усіх елементів конструкцій чи усіх частин будівель і споруд може стати складовою ідеології теорії методу граничних станів для забезпечення проектної надійності будівельного об'єкта.

Траєкторіальність біологічної структури деревини. Опорні конструктивні системи живих і рослинних організмів будуються раціонально з мінімальними витратами матеріалів [4]. У рослинному світі це досягається завдяки упорядкованості і спрямованості розміщення деревної речовини в структурних елементах по довжині стовбура (сосни) і в поперечному перерізі, а також використання порожнечі (волокнисто-трубчаста будова стінок клітин) для зменшення власної ваги, що має назву – траєкторіальна структура несучої основи біологічної конструктивної системи.

Ще Г. Галілей охарактеризував стовбур дерева як брус рівного опору. Пізніше у стовбурі сосни виділили комельову частину, в якій міцність деревини більша ніж у стовбурі.

Стовбур дерева чинить опір переважно вітровому тиску і менше гравітаційному навантаженню. Відповідно до цього еволюційно утворилася мікро- і макробудова деревини у стовбурі. Деревна речовина у вигляді фібрилл у стінках клітин розміщена вздовж стовбура, що забезпечує його опір згинальному моменту і вертикальному навантаженню. Міцність деревини поперек волокон значно менше.

Гнутоклеєні рами складаються з двох цільних напіврам без карнизного вузла. Їх слабким місцем є карнизні криволінійні ділянки, на яких відбувається руйнування рам по висоті перерізу ближче до зовнішньої кромки – в зоні ростягувальних зусиль від згинального моменту.

У карнизних ділянках порушується співпадання напряму внутрішніх зусиль із біологічною траєкторіальною структурою деревини. Відбувається розкладання напружень на дотичні і ортогональні розтягуючі до напряму волокон. За такої комбінації напружень міцність деревини різко знижується: в ній відсутні структурні елементи для сприйняття поперечних напружень розтягу. З позиції такої обставини динамічність ідеології полягає в тому, що гнутоклеєні рами без конструктивного змінення карнизних ділянок не є раціональною конструктивною формою. Ідеологізація не може не «зануритися» у біологічну будову деревини на рівні мікроструктури, враховуючи її надзвичайну неоднорідність ($k_{одн}$), наявність вад ($k_{вад}$) і анізотропію міцності матеріалу, як наслідок – різного характеру фізичних процесів деформування деревини (табл. 2).

Коефіцієнти надійності за матеріалом відображають рівень небезпеки в разі досягнення граничного стану при різних напруженнях в елементах. Розтяг поперек волокон дуже небезпечний від опору деревини і з'являється в сучасних конструкціях із клеєної деревини, тому $_m$ = 1,5, що потребувало впровадження конструктивного підсилення конструкцій з клеєної деревини. Цей захід став складовою ідеології теорії проектування зазначених конструкцій і увійшов до національного стандарту.

Таблиця 2

Напружений стан деревини	Сорт деревини	Коефіцієнти надійності, $_m$		Коефіцієнти однорідності деревини $k_{одн}$	$k_{вад}$
		Клеєна деревини	Цільна деревина		
Розтяг					
вздовж волокон	1 2	1,27 1,27	1,32 1,40	0,27	0,36
поперек волокон	1	1,5		1,5 1,6	
Стиск					
вздовж волокон	1 2 3	1,12 1,11	1,18 1,17	0,65	0,67
поперек волокон	1 3	1,25	1,25	0,9 0,75	1,0
Згин	1,2 3		1,22 1,25	0,4	0,44
Сколювання вздовж волокон	1 3	1,3	1,3	0,7	0,75

Примітка. Коефіцієнт $_m$ взято з «Пособия по проектированию деревянных конструкций». – М.: СИ. 1986. – 215 с.
Коефіцієнти $k_{одн}$ взято з посібника «Расчет деревянных конструкций по расчетным предельным состояниям». – М.: ГСИ. 1955. – 47 с.

Метод часткових коефіцієнтів надійності. Прийняття в Єврокодах з проектування будівельних конструкцій методу граничних станів – це визнання досягнення вітчизняної теорії розрахунку цих конструкцій. Гармонізуючи національні будівельні норми і стандарти з Єврокодами, слід приймати те, чим користуємося вже майже шістдесят років. Серед зарубіжної наукової громадськості наш метод отримав назву – метод часткових коефіцієнтів надійності. Дійсно, *часткові коефіцієнти надійності* становлять основу ідеології методу, доводячи елементи, з'єднання, конструкції до межі несучої здатності чи деформацій, яка гарантує проектну надійність або нормальні умови експлуатації конструкцій. З позиції формалізації нова назва точніше відповідає призначенню методу розрахунку.

Сутність методу часткових коефіцієнтів. Часткові диференційовані коефіцієнти надійності (офіційне визначення – коефіцієнти умов безпеки роботи), витиснувши інтегральний коефіцієнт «незнания», мають різну міру точності. Параметри конструкцій і навколишнього середовища, які впливають на роботу конструкцій, характеризуються кількісними відхиленнями, чисельні значення яких знаходяться в межах визначеного діапазону. Усі параметри мають статистичний характер. У методі розрахунку від точності встановлення значення кожного коефіцієнта надійності залежить кінцевий результат розрахунку – теоретична надійність конструкцій. Точність часткових коефіцієнтів до кожного параметра залежить від чинників, які впливають на параметр. Ці чинники розподілені на дві групи: 1 – випадкові, фіксовані з відомими законами розподілу; 2 – невизначені, тобто такі, закон розподілу яких невідомий [1]. Часткові коефіцієнти до параметрів, на які впливають чинники першої групи, більш точні. Проте уся система часткових коефіцієнтів надійності удосконалюється і точність коефіцієнтів зростає. В цьому полягає динамічність системи і еволюційний характер ідеології методу часткових коефіцієнтів надійності.

Розглянемо використання параметрів у розрахунках конструкцій.

Розрахункові моделі. У розрахунках конструкцій параметри входять до розрахункових умов несучої здатності і жорсткості конструкцій, які формалізуються розрахунковими схемами (розрахунковими моделями). Нова назва – це не просто зміна термінології, в ній відображена відмінність розрахункових схем у розрахунках конструкцій від розрахунків елементів в опорі матеріалів. Розрахункові схеми конструкцій – це, по суті, теоретичні (математичні) моделі елементів конструкцій, які знаходяться в реальних умовах експлуатації. Ці умови в розрахункових моделях відбиваються через систему часткових коефіцієнтів надійності. Поняття розрахункові моделі – складова ідеологічно орієнтованої методики викладання дисциплін будівельних конструкцій чи будь-яких технічних систем.

Параметри розрахункових моделей. Змінення міцності матеріалів враховується при призначенні їхніх розрахункових значень із використанням коефіцієнтів надійності для різних внутрішніх і зовнішніх чинників. Внутрішні – це структура і будова матеріалів, зовнішні – характер навантаження (див. приклад перший), кліматичні впливи тощо. Кількість часткових коефіцієнтів може бути різною для різних матеріалів. Так, для клеєної деревини норми проектування наводять коефіцієнти, обумовлені макро- і мікробудовою деревини, фізичний зміст яких полягає в урахуванні: концентрації напружень уздовж волокон і появи поперечних напружень у сучкуватій зоні; висоти багатошарового елемента; товщини окремого шару; виду деформації деревини (розтяг, стиск, згин); кривизни гнутоклеєних елементів; температурно-вологих умов експлуатації конструкцій та інше.

***Приклад третій**. Вплив будови матеріалу на розрахункову модель.* Приклад знову стосується дерев'яного центрально стиснутого стержня. Трубчаста структура деревини з тонкими стінками клітин не дозволяє утворити теоретично жорстке закріплення стержня (колони) до фундаменту через поперечне обминання деревини. Тому коефіцієнт для визначення розрахункової довжини приймається не як в опорі матеріалів – 2. Норми проектування дерев'яних конструкцій дають значення 2,2, а серед фахівців є думка, що його слід збільшити до 2,4.

Використання для прикладів деревини показує зв'язок ідеології теорії методу розрахунку конструкцій з філософією техніки. Серед об'єктивних законів розвитку технічних систем є закон переходу ТС на макрорівень. Він передбачає еволюційний розвиток ТС щодо використання глибинних рівнів будови матеріалів для пошуку резервів їхньої міцності.

Розрахункові навантаження – оптимальна забезпеченість розрахункових навантажень залежить від їхніх статистичних характеристик, які встановлюються за правилами будівельної

кліматології і згідно з спостереженнями при експлуатації будівельних об'єктів. Чинні державні норми з навантаження і впливів рекомендують однакові часткові коефіцієнти до навантажень для розрахунку конструкцій із різних матеріалів. Такий підхід не гарантує рівнонадійності конструкцій і не відповідає ідеології методу граничних станів та методу часткових коефіцієнтів надійності. Точне рішення, що гарантує рівнонадійність конструкцій, полягає у встановленні коефіцієнтів надійності за навантаженнями для конструкцій з різних матеріалів для розрахунку за граничними і експлуатаційними розрахунковими навантаженнями.

Врахування структури матеріалу в методі розрахунку конструкцій за першим граничним станом. Розглянемо використання нової теорії міцності деревини під впливом дії сполучення дотичних і нормальних напружень у розрахунках конструкцій – системно утворюючу підсистему (підТС) – з'єднання в конструкціях з клеєної деревини (ТС). Застосування клеєної деревини дозволило створювати конструкції (ТС) для перекриття великих прогонів. Використання традиційних видів з'єднань не забезпечувало дотримання принципу збалансованої міцності складових нових ТС: підТС – елементів з-під ТС – вузловими з'єднаннями. Ця проблема була вирішена завдяки розробленню нового виду підТС у вигляді з'єднання на похило вклеєних сталевих стрижнях системи ЦНИИСК [5].

Автор теорії міцності деревини [6] вивів її користуючись технічною анатомією деревини сосни на рівні субмікроструктури стінок клітин із урахуванням кутів нахилу мікрофібрил відносно осі клітин (осі стовбура). Автор цієї статті розповсюдив це уявлення на ранню і пізню деревину з урахуванням їхнього вмісту у річному шарі, аналітично знайшов оптимальний кут, під яким опір деревини при сумісній дії дотичних і нормальних напружень максимальний, і запропонував відповідну формулу для розрахункового опору, яка увійшла до державного стандарту при розрахунку з'єднань.

З'єднання системи ЦНИИСК дозволяють успішно дотримуватися в конструкціях із клеєної деревини принципу збалансованої міцності усіх підТС і забезпечують проектну надійність конструкцій.

Фактор часу експлуатації будівельних об'єктів (технічних систем). Тривалість експлуатації об'єктів суттєво впливає на їхню експлуатаційну надійність: знижуються механічні характеристики матеріалів, накопичуються пошкодження, відбуваються негативні реологічні процеси, змінюються технологічні і кліматичні навантаження тощо.

На відміну від попередніх нормативних документів чинні державні норми щодо навантажень і впливів враховують фактор часу при визначенні граничних розрахункових і експлуатаційних навантажень відповідними коефіцієнтами надійності. Це відрізняє ідеологію діючого методу розрахунку будівельних конструкцій від попереднього на основі теорії опору матеріалів.

Приклад перший показує, по суті, вплив фактора часу дії навантаження на розрахунковий опір деревини, що обумовлено біологічною будовою деревини. Тут доречно зазначити, що збурення вітру скоріше висмикне стовбур із корінням, ніж зламає його. Біологічна будова стовбура сприяє накопиченню резіль'янса – пружної енергії, яка повертає дерево у первісний стан. У дерев'яній колоні будівлі резіль'янс – це факт ідеології теорії розрахунку.

Отже, сутність ідеології теорії методу граничних станів полягає у забезпеченні проектної надійності будівельних конструкцій на термін експлуатації. Методика викладання дисциплін з проектування конструкцій та отримання фахових технічних знань повинна закріпити у майбутніх спеціалістів ідеологію теорії розрахунку конструкцій. Ідеологізація теорії відповідає *universum* вищої технічної освіти. Вона сприяє формуванню у фахівців технічного світогляду – сукупності принципів, поглядів і переконань, які визначають напрям професійної діяльності окремої людини і соціальної групи.

[1] *Перельмутер А.В.* «Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций»/Киев: Изд-во УкрНИИпроектстальконструкция, 1999

[2] *Барашиков А.Я., Сирота М.Д.* Надійність будівель і споруд – К.: ІСДО – 1993. – 202 с.

[3] *Кліменко В.З.* Реалізація нової концепції проектування конструкції з клеєної деревини//Будівництво України – 2010 – № 3. – С. 20–24.

[4] *Темнов В.Г.* Конструктивные системы в природе и строительной технике – Л.: СИ – 1987. – 206 с.: ил.

[5] *Кліменко В.З.* З'єднання на похило вклеєних сталевих стрижнях у конструкціях з клеєної деревини//Зб. наук. праць Укр. Ін.-ту сталевих к-цій ім. В.М. Шимановського. – Вип. 10. – 2012 р.

[6] *Освенский Б.А.* Скалывание и раскалывание в деревянных конструкциях//Сб. трудов №169 Исследование прочности и деформативности элементов конструкций из древесины, строительной фанеры и стеклопластика//ЛГ-4с. М.:МИСИ. – 1978. – С. 3–65.

Надійшла 06.03.2014 р.

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАНЦЮГОВОГО ТЯГОВОГО ОРГАНА

С.В. Бондарєв
доцент кафедри прикладної механіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», академік Підйомно-транспортної академії України, к.т.н.

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

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

Оцінка параметрів міцності та витривалості елементів конструкції транспортувальних машин із ланцюговим тяговим органом, зокрема ескалатора, не може бути в повній мірі достовірною без дослідження динамічних процесів, які супроводжують роботу таких машин.

При цьому чим на більш ранніх етапах проектування будуть визначені динамічні характеристики машини і динамічні впливи на критерії міцності та надійності, тим ефективнішою буде побудова самого процесу проектування і розроблення машин.

Дослідження динамічних процесів та їх впливу на міцність машини можна розглядати в наступній послідовності:

- визначення та аналіз динамічних характеристик ланцюгового тягового органа – дослідження резонансних частот у роботі машини;
- дослідження динаміки електромеханічної системи машини (ЕМС) – формування блоків навантажень елементів конструкції машини;
- оцінка міцності (витривалості) деталей і вузлів машини в умовах багатоциклових навантажень на основі отриманих результатів динамічних досліджень.

У контексті висвітлення даної проблематики виносимо на розгляд послідовну серію публікацій.

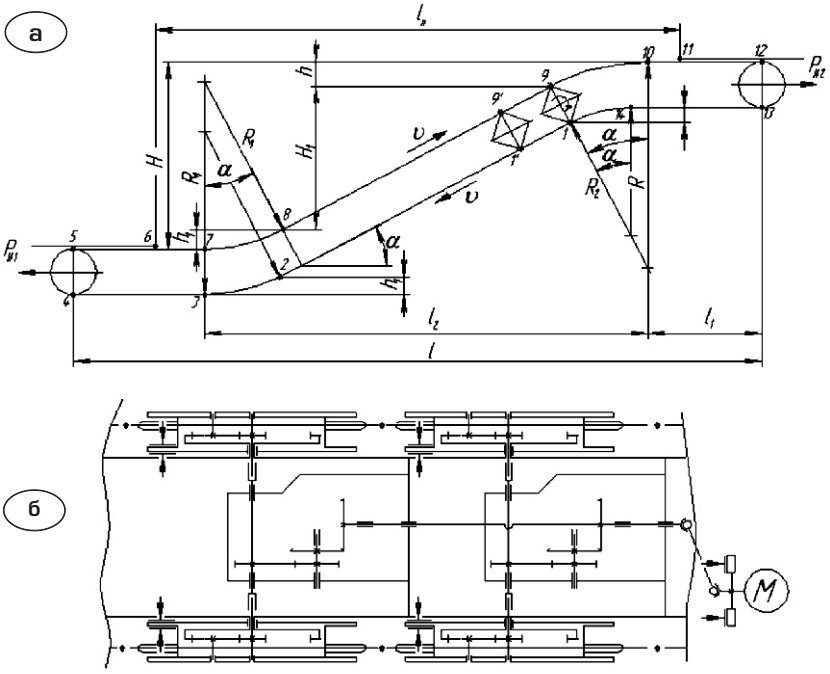


Рис. 1. Ескалатор із проміжним приводом, вбудованим у міжсходовий простір ЭТХ-45:
а – схема траси; **б** – схема привідної установки

Спочатку розглянемо задачу визначення динамічних характеристик ланцюгового тягового органа як однієї з ланок електромеханічної системи ескалатора.

ЕМС ескалатора включає наступні елементи (ланки):

- несуча металоконструкція (МК);
- ланцюговий тяговий орган;
- редуктор;
- електродвигун.

При конструюванні МК у вигляді багатоопорних ферм частоти перших форм коливань МК, а також частоти перших форм коливань трансмісії редуктора значно перевищують частоти перших форм коливань ланцюгового тягового органа і електродвигуна. Виходячи з цього, в першому наближенні розглядаємо МК і редуктор як абсолютно жорсткі ланки, а ЕМС ескалатора як таку, що

складається з двох ланок: ланцюгового тягового органа і електродвигуна [1].

Оцінка міцності деталей та вузлів ескалатора при багатоцикловому навантаженні на етапі проектування проведена для ескалатора з проміжним приводом, вбудованим у міжсходовий простір ЭТХ-45 (рис. 1).

Для проведення аналізу динаміки тягового органа ескалатора попередньо виконаний тяговий розрахунок ескалатора висотою підйому 45 м. У результаті визначені сили натягу ланцюгового тягового органа ескалатора в характерних точках траси [1, 2].

Ланцюговий тяговий орган ескалатора між точками збігання (закладення) і набігання (координата, рис. 1, а) на привідні зірочки (велика нижня гілка) є системою із зосередженими параметрами.

Тяговий орган розбивається на вісім відрізків (восьмимасова система), кожен з яких характеризується масою m (кг), жорсткістю k (Н/м), коефіцієнтом демпфування (Нс/м), рис. 2 [3].

Динаміка системи приведеного типу описується рівнянням Лагранжа другого роду [4]:

$$\frac{d}{dt}\frac{T}{\dot{x}_i}\quad\frac{T}{x_i}\quad\frac{}{x_i}\quad\frac{}{\dot{x}_i}\quad\frac{A_i}{x_i},$$

де T – кінетична енергія системи; П – потенціальна енергія системи; Ф – дисипативна функція Релея для системи; A_i – робота зовнішніх сил на віртуальних переміщеннях.

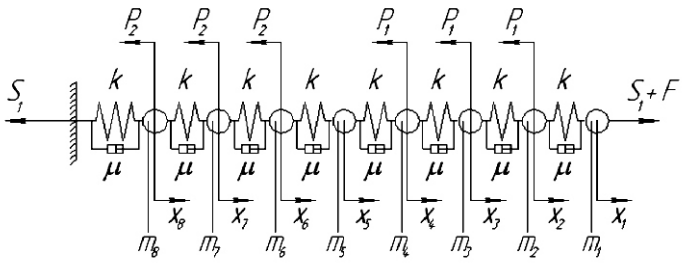


Рис. 2. Розрахункова динамічна система ланцюгового тягового органа ескалатора: x_i – координати мас, м

У результаті перетворень рівняння руху тіл динамічної системи ланцюгового тягового органа набудуть виду:

$$\ddot{x}_1\quad(k(x_2\quad x_1)\quad(\dot{x}_2\quad\dot{x}_1)\quad S_1\quad F)/m_1\,;$$
$$\ddot{x}_2\quad(k(x_1\quad 2x_2\quad x_3)\quad(\dot{x}_1\quad 2\dot{x}_2\quad\dot{x}_3)\quad P_1)/m_2\,;$$
$$\ddot{x}_3\quad(k(x_2\quad 2x_3\quad x_4)\quad(\dot{x}_2\quad 2\dot{x}_3\quad\dot{x}_4)\quad P_1)/m_3\,;$$
$$\ddot{x}_4\quad(k(x_3\quad 2x_4\quad x_5)\quad(\dot{x}_3\quad 2\dot{x}_4\quad\dot{x}_5)\quad P_1)/m_4\,;$$
$$\ddot{x}_5\quad(k(x_4\quad 2x_5\quad x_6)\quad(\dot{x}_4\quad 2\dot{x}_5\quad\dot{x}_6))/m_5\,;$$
$$\ddot{x}_6\quad(k(x_5\quad 2x_6\quad x_7)\quad(\dot{x}_5\quad 2\dot{x}_6\quad\dot{x}_7)\quad P_2)/m_6\,;$$
$$\ddot{x}_7\quad(k(x_6\quad 2x_7\quad x_8)\quad(\dot{x}_6\quad 2\dot{x}_7\quad\dot{x}_8)\quad P_2)/m_7\,;$$
$$\ddot{x}_8\quad(k(x_7\quad 2x_8)\quad(\dot{x}_7\quad 2\dot{x}_8)\quad P_2)/m_8\,.$$

Динамічні зусилля в ділянках ланцюгового тягового органа ескалатора визначаються як

$$y_1=(x_1-x_2)k\,;\quad y_2=(x_2-x_3)k\,;\quad y_3=(x_3-x_4)k\,;$$
$$y_4=(x_4-x_5)k\,;\quad y_5=(x_5-x_6)k\,;\quad y_6=(x_6-x_7)k\,;$$
$$y_7=(x_7-x_8)k\,;\quad y_8=x_8\,k\,.$$

Параметри динамічної системи ланцюгового тягового органа

№ з/п	Найменування параметра	Умовне позначення та розмірність	Значення параметра
1	Геометрична характеристика ділянки ланцюга	L, м	23
2	Маси робочої гілки	$m_1=m_2=m_3=m_4$, кг	2866,69
3	Маси холостої гілки	$m_5=m_6=m_7=m_8$, кг	5392,00
4	Жорсткість ділянки ланцюгового тягового органа	k, Н/м	24510637,92
5	Коефіцієнт демпфування відрізка ланцюгового тягового органа завдовжки L	, Нс/м	202534,12
6	Зусилля, що передається привідними зірочками з холостої гілки на робочу і прикладене до ланцюгового тягового органа у точці набігання	S_1, Н	55652,19
Зовнішні сили, що діють на ланцюговий тяговий орган			
7	Сила опору руху робочої гілки	P_1, Н	54604,48
8	Сила опору руху холостої гілки	P_2, Н	–17781,31
Зусилля, що розвивається двигуном у точці набігання ланцюгового органа на привідні зірочки, $F=F_{cm}+F_{д}$			
9	Статичне зусилля, що розвивається приводом, яке забезпечує статичну рівновагу системи	F_{cm}, Н	110469,51
10	Додаткове динамічне зусилля, що розвивається приводом	$F_{д}$, Н	Тестовий сигнал

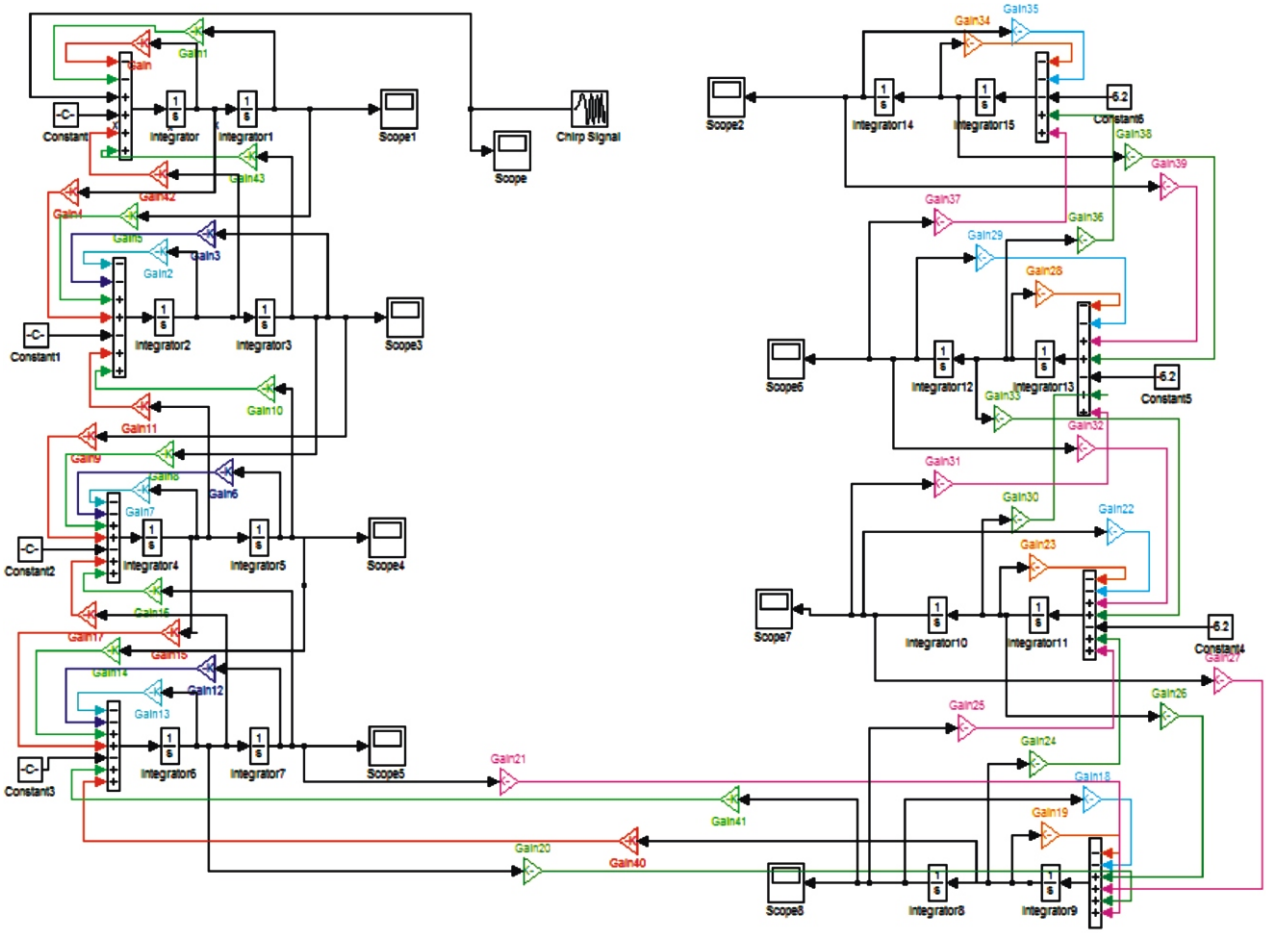


Рис. 3. Блок-схема восьмимасової системи ланцюгового тягового органа ескалатора

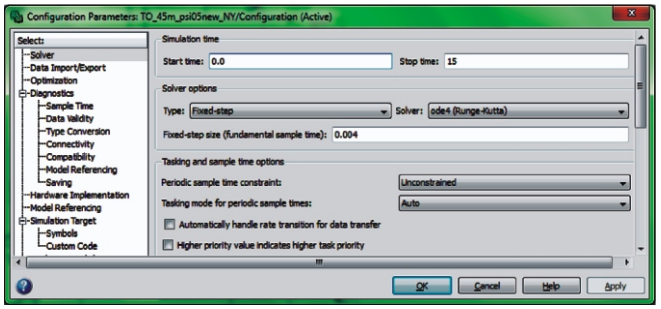


Рис. 4. Параметри розрахунку системи

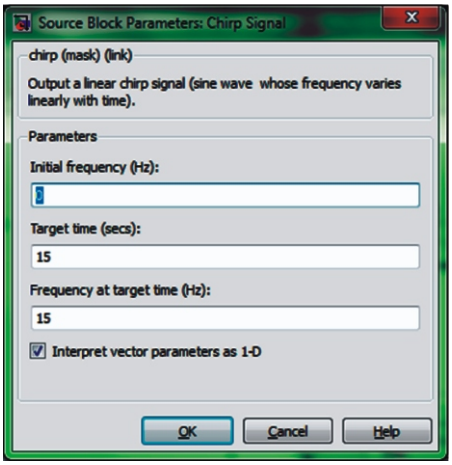


Рис. 5. Вікно введення параметрів блока Chirp Signal

Параметри системи ланцюгового тягового органа ескалатора висотою підйому 45 м наведені в таблиці. Режим роботи: підйом при повністю завантаженому ескалаторі. Детальне описання визначення параметрів системи можна знайти у монографії [1].

Для розрахунку рівнянь руху тіл динамічної системи ланцюгового тягового органа створена блок-схема восьмимасової системи за допомогою програмного комплексу Simulink MatLab [5, 6]. Simulink MatLab є ядром інтерактивного програмного комплексу, призначеного для математичного моделювання лінійних та нелінійних динамічних систем та пристроїв, представлених функціональною блок-схемою [7]. Блок-схема динамічної системи ланцюгового тягового органа ескалатора побудована за методом пониження похідної та наведена на рис. 3.

Побудована блок-схема розраховується за допомогою вбудованого алгоритму рішення диференційних рівнянь із фіксованим кроком (Fixed-step) ode45, який реалізує метод Рунге-Кутта 4-го порядку (рис. 4).

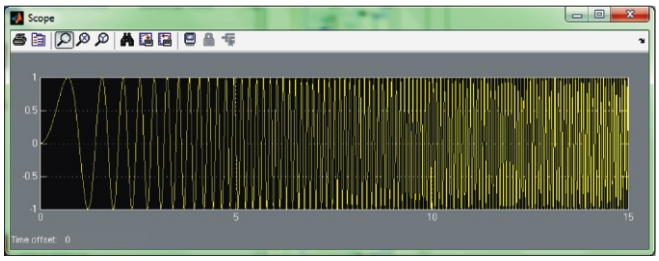


Рис. 6. Тестовий сигнал

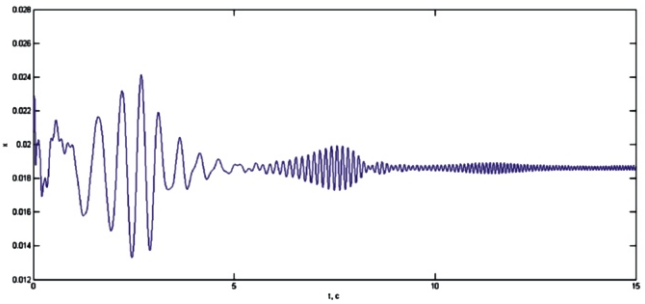


Рис. 7. Динамічна характеристика першої маси

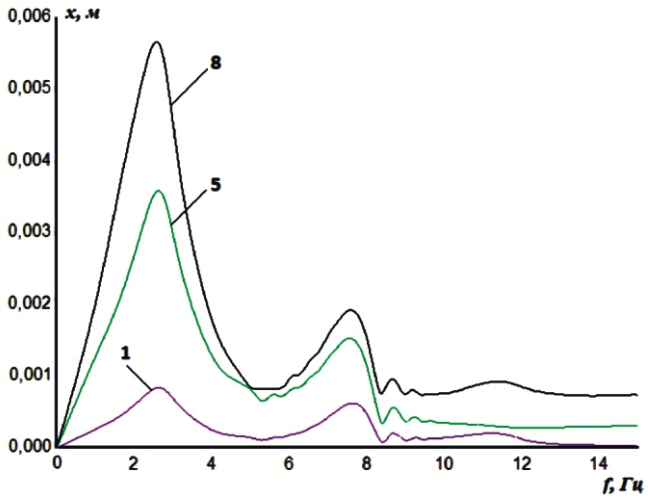


Рис. 8. АЧХ тягового органа ескалатора:
1, **5**, **8** – перша, п'ята та восьма маси відповідно

Як основну динамічну характеристику ланцюгового тягового органа ескалатора досліджуємо амплітудно-частотну характеристику (АЧХ).

Для отримання оцінок АЧХ тягового органа користувались наступним методом. В якості тестового використаний полігармонічний сигнал, що є сумою 100 синусоїд із кроком за частотою f 0,1 Гц.

Полігармонічний сигнал змодельований за допомогою блока Chirp Signal, параметри якого наведені на рис. 5. Призначення блока – формування синусоїдальних коливань, частота яких змінюється лінійно. Параметри блока Chirp Signal:

1. Initial frequence – початкова частота, Гц;
2. Target time – час зміни частоти, с;
3. Frequence at target time – кінцеве значення частоти, Гц [8].

Візуалізація заданого тестового сигналу наведена на рис. 6, переміщення першої маси – на рис. 7.

На основі отриманих результатів побудована амплітудно-частотна характеристика тягового органа ескалатора (рис. 8).

Аналіз АЧХ ланцюгового тягового органа дозволяє встановити наступне:

- перша зона АЧХ у смузі від 2 до 3,5 Гц характеризується винятково високими коефіцієнтами посилення АЧХ;
- резонансна частота першої форми коливань ланцюгового тягового органа ескалатора 2,5 Гц;
- для навантажених ділянок ланцюгового тягового органа проявляється друга зона посилення АЧХ у смузі від 6,5 до 7,5 Гц.

Проведений аналіз ланцюгового тягового органа ескалатора може ефективно використовуватись для визначення динамічних характеристик усього класу транспортувальних машин із ланцюговим тяговим органом.

[1] Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин: Підручник / *В.С. Бондарєв, О.І. Дубинець, М.П. Колісник та ін.* – К.: Вища шк., 2009. – 734 с.: іл.

[2] *Бондарєв С.В., Горбатенко Ю.П.* Оценка прочности деталей и узлов эскалатора при многоцикловом нагружении на этапе проектирования // Вестн . НТУУ «КПИ». Сер. Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2007. – 54. – С. 199–214.

[3] *Олейник А.М.* Эскалаторы / *А.М. Олейник, И.Н. Поминов*; – М.: «Машиностроение», 1973. – С. 256.

[4] *Чугреев Л.И.* Динамика конвейеров с цепным тяговым органом. М. «Недра», 1976. – 160 с.

[5] *Лазарев Ю.* Моделирование процессов и систем в MATLAB. учебный курс. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.: ил.

[6] Matlab.Toolboxes & Simulink, http: // www.softline.ru.

[7] *Дьяконов В.П.* Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК_Пресс, 2008. – 784 с.: ил.

[8] *Черных И.В.* «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем», http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php.

Надійшла 23.12.2013 р.

СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОНТАЖА ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВЕРТОЛЕТАМИ

Л.О. Кагановский
инженер-конструктор
(Израиль)

В мировой практике строительства для монтажа высотных сооружений (башни, мачты) используются вертолеты, у которых предусмотрен внешний подвес груза. Для этих целей в 1970–1980 гг. в СССР широко использовались вертолеты МИ-10К грузоподъемностью 8 т, в США – «Sikorsky S-64» грузоподъемностью 9 т. В 2006 г. в Москве была сооружена структурная башня высотой 258 м при помощи вертолета МИ-26Т грузоподъемностью 20 т (рис. 1). Вертолетный монтаж осуществляется методом наращивания путем подъема и соединения отдельных секций, при этом необходима азимутальная ориентация секций. Секция подвешивается к вертолету наклонными строповочными канатами, закрепленными непосредственно к ее поясам или через горизонтальную траверсу с канатными подвесками. Эти канаты сходятся вверху и соединяются вертлюгом с основным вертикальным канатом, закрепленным в вертолете.

Недостатком такого конструктивного решения является низкая стабилизация подвешенных секций относительно вертолета в связи с возможным раскручиванием вертикального каната и раскачиванием секции. Необходима фиксация подвешенной секции для совмещения соединительных элементов секций при монтаже.

Для устранения этого недостатка и стабилизации подвешенной секции автором разработано устройство, состоящее из кольца, выполненного, например, из трубы, прикрепленной к нижней части вертолета через подвески (рис. 2 – 4). Эти подвески могут быть жесткими из труб или упруго-податливыми из стального каната. Наклонные строповочные канаты пропускают через кольцо таким образом, чтобы угол наклона канатов на участке от кольца до монтируемой секции или траверсы был больше, чем на участке от вертлюга до кольца. При этом подвешенная секция будет жестко или упруго-податливо зафиксирована относительно вертолета за счет трения наклонных канатов о кольцо.

Рис. 1. Возведение структурной башни высотой 258 м с помощью вертолета МИ-26Т

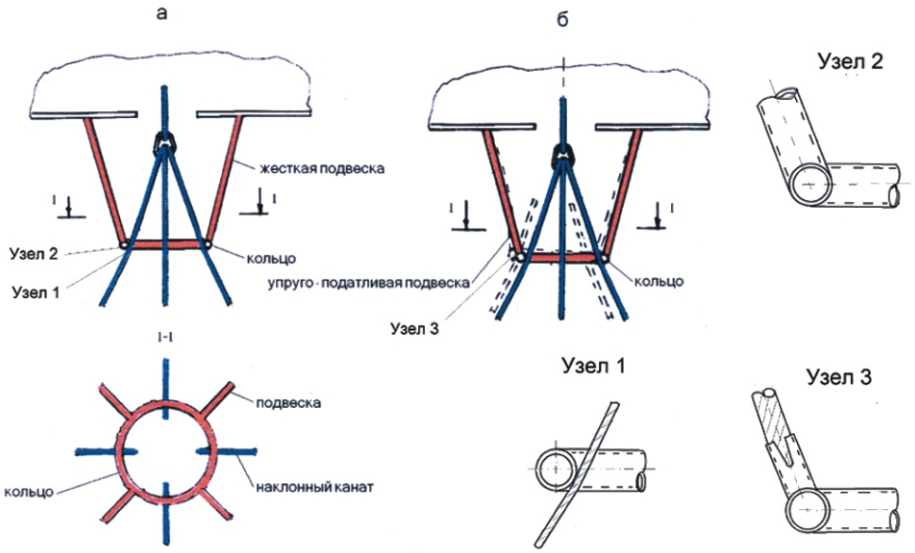


Рис. 2. Стабилизирующее устройство:
а – на жестком подвесе;
б – на упруго-податливом подвесе

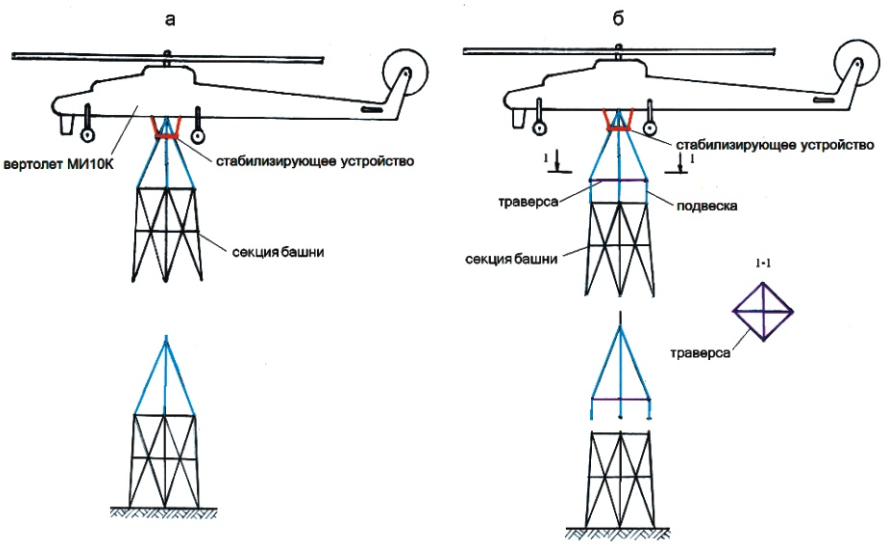


Рис. 3. Вертолетный монтаж башни:
а – без траверсы; **б** – с траверсой

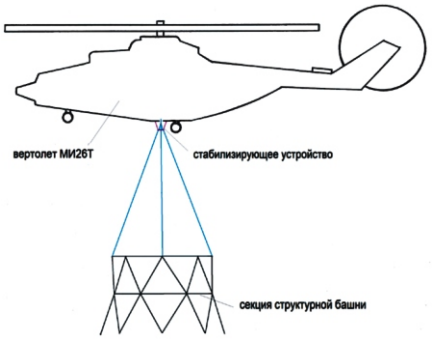


Рис. 4. Вертолетный монтаж структурной башни

Рис. 5. Строповка канатов для подъема секции

Устройство работает следующим образом. Носовая часть вертолета в процессе монтажа должна быть обращена против направления ветра. Для этого предварительно необходимо по азимуту определить угол между направлением ветра и условной горизонтальной осью монтируемой конструкции. Вертолет зависает над секцией, соблюдая определенный угол между продольной осью вертолета и осью монтируемой секции (рис. 5). Затем происходит строповка канатов и подъем секции, при этом наклонные канаты, контактируя с кольцом, автоматически фиксируют подвешенную секцию относительно вертолета без участия монтажников. После этого вертолет зависает над монтируемой конструкцией против направления ветра, опускает монтируемую секцию и улетает за следующей секцией. При этом с помощью ловителей грубой наводки обеспечивается совмещение соединительных элементов секций.

Выводы.

1. Соединение секций может осуществляться без участия монтажников при использовании модуля быстрозамыкаемого монтажного соединения конструкций [1, 2]. Это устройство обеспечивает точную наводку соединяемых секций и передачу знакопеременных усилий, возникающих в процессе работы соединяемых секций высотного сооружения.

2. Применение стабилизирующего устройства и модуля быстрозамыкаемого монтажного соединения конструкций обеспечивает автоматическую ориентацию подвешенной секции и монтажное соединение конструкций без участия монтажников.

3. Стабилизирующее устройство простое в изготовлении, а его установка требует лишь небольшой реконструкции вертолета.

4. Стабилизирующее устройство может быть применено на различных конструкциях вертолетов, где предусмотрен внешний подвес грузов. Кроме того, его можно использовать как при монтаже конструкций, так и при перевозке грузов, а также для спасения людей в экстремальных условиях.

[1] Патент UA 55175, E04B1/58, E04B1/08, Устройство для монтажного соединения конструкций, *А.В. Шимановский, Л.О. Кагановский, Л.М. Раскин*, публ. 10.12.2010. бюл. № 23.

[2] *Шимановский А.В., Кагановский Л.О., Раскин Л.М.* Быстрозамыкаемое монтажное соединение конструкций // Промышленное строительство и инженерные сооружения – 2012 – № 3 – С. 39–42.

Надійшла 04.09.2012 р.

ПОВЫШЕНИЕ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

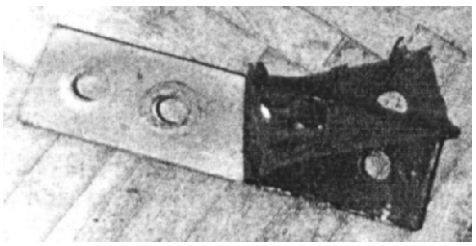
Л.М. Рабер
доцент
Национальной металлургической академии Украины, к.т.н.
(г. Днепропетровск)

А.Е. Червинский
ассистент
Национальной металлургической академии Украины
(г. Днепропетровск)

Повысить заводскую готовность монтажных фрикционных соединений на высокопрочных болтах можно путем выполнения операции по подготовке соприкасающихся поверхностей элементов и деталей не на монтажной площадке, а на заводе-изготовителе, обеспечив при этом надежную защиту подготовленных поверхностей при транспортировании и хранении конструкций.

Опыт применения сдвигоустойчивых (фрикционных) соединений на высокопрочных болтах свидетельствует, что для реализации объективных производственных преимуществ этих соединений по сравнению со сварными и заклепочными необходимо целенаправленное совершенствование организации и технологии монтажных работ. В значительной степени это относится к подготовке соприкасающихся поверхностей элементов и деталей конструкций, от качества которых зависят фрикционные свойства соединений [1].

Наибольшая эффективность достигается в случае выполнения этих работ в стационарных условиях заводов-изготовителей конструкций [2]. Для защиты подготовленных на заводе поверхностей на время транспортирования и хранения конструкций первоначально согласно ГОСТ 9.014-78 рекомендованы лакокрасочные легкоснимаемые пленочные покрытия (ЛСП). При монтаже непосредственно перед сборкой соединений эти покрытия подрезаются ножом и снимаются «чулком» (см. рисунок). Во всех случаях необходимым условием успешного применения ЛСП является сохранение заданных фрикционных свойств поверхностей после удаления ЛСП. При этом покрытие не должно самопроизвольно отслаиваться, на нем не должны оставаться неудаляемые частицы, т.е. оно должно удовлетворять соответствующим требованиям адгезии.



Удаление пленочного покрытия

Существующий в настоящее время состав ЛСП, разработанный Санкт-Петербургским научно-производственным центром мостов (патент РФ № 2344149), включает эмаль ХВ114 в количестве 95…97 %, присадку АКОР-1 в количестве 2,5…4,5 %, реологическую добавку (раствор модифицированной мочевины в N-метилпирролидоне) в количестве 0,5…1 %.

Однако такой состав не всегда удовлетворяет требованиям адгезии. Наблюдаются случаи самопроизвольного отслаивания пленки, иногда после ее снятия на поверхности металла остаются неудаляемые частицы, снижающие коэффициент трения по соприкасающимся поверхностям фрикционных соединений. Анализ показал, что как самопроизвольное отслаивание, так и неполное удаление пленки зависят от шероховатости защищаемой поверхности (подложки), от которой зависит величина .

Более чем 50-летний опыт исследований, проектирования, устройства эксплуатации и ремонта соединений свидетельствует о возможных значениях коэффициентов трения от 0,35 до 0,75, т.е. шероховатость поверхностей колеблется в широких пределах. Например, пескоструйная обработка придает поверхности деталей равномерную мелкую шероховатость со средней высотой неровностей около 85 мкм с количеством таких неровностей 7–8 на мм. Ударяющийся о металл песок помимо удаления окалины снимает небольшой слой основного

металла, срезая вершины неровностей и выбивая неглубокие впадины.

При обработке металлической щеткой с поверхности металла удаляется только пыль, грязь, ржавчина и легкоотстающая окалина. Этот вид обработки, при отсутствии на поверхности металла окалины, характеризуется более грубой шероховатостью. Средняя высота неровностей достигает примерно 150 мкм при их количестве 5–6 шт на 1 мм.

Совершенно особый рельеф приобретают детали после их очистки ацетилено-кислородным пламенем. В этом случае мелкие неровности объединены слоем неотставшей окалины, образующей на их вершинах достаточно большие прямолинейные гладкие участки. Средняя высота неровностей при огневой обработке достигает 70 мкм, а их количество на 1 мм – 3–4 шт [4].

Таким образом, очевидно, что с параметрами шероховатости необходимо считаться, поскольку адгезия зависит от площади поверхности взаимодействия краски и подложки, которая может существенно отличаться от линейной площади окрашиваемой поверхности.

В результате проведенных исследований авторами установлено (патент Украины № 82313), что наилучший результат достигается при отношении 10,7 $A/$ 11,4 (здесь A – количество присадки АКОР-1, %). При этих условиях самопроизвольное отслаивание пленки не происходит, а после технологического удаления на поверхности металла ее частицы не остаются, т.е. сохраняется предусмотренное заводской технологией значение .

При $A/$ 12 – пленка, как правило, отслаивается самопроизвольно, если $A/$ 10, то в большинстве случаев пленка снимается с трудом, на поверхности металла остаются её частицы.

Необходимые для приготовления состава значения коэффициента трения можно измерять любым известным способом, например, с помощью специально разработанного устройства [3].

Количество реологической добавки может меняться в зависимости от времени года: более низкая концентрация в зимнее время, большая концентрация (до 1,0 %) при повышенных температурах. Наилучшие результаты достигаются при введении реологической добавки в количестве 0,8 массовых процентов, если температура окружающей среды находится в пределах 18…20 °С.

Покрытие сохраняет технологические свойства в диапазоне от отрицательных температур (не ниже минус 15 °С) до плюсовых (до 35 °С). Диапазон эксплуатационных температур покрытия составляет от –40 °С до +40 °С.

Общие операции технологии нанесения легкоснимаемого состава аналогичны тем, которые используются при нанесении лакокрасочных покрытий, грунтовок и т.п., включая подготовку поверхности и самонанесение покрытия.

Таким образом, учет исходного состояния поверхностей дает возможность использовать состав покрытия, обеспечивающий надежную их защиту на время транспортирования и хранения конструкций в течение не менее двух лет. Кроме того, при монтаже конструкций исключается сложная, трудоемкая и в большинстве случаев вредная для здоровья операция пескоструйной очистки.

Практическая реализация содержащихся в статье предложений как в части организации производства и монтажа конструкций, так и требований к составу ЛСП возможна путем разработки новых или дополнения действующих нормативных документов и соответствующей подготовки производственного персонала.

[1] *Стрелецкий Н.Н.* Повышение эффективности монтажных соединений на высокопрочных болтах / Сб. тр. ЦНИИПСК, вып. 19. – М.: Стройиздат. 1977. – С. 93–110.

[2] *Лукьяненко Е.П., Рабер Л.М.* Совершенствование методов подготовки соприкасающихся поверхностей соединений на высокопрочных болтах // Будівництво України. – 2006. – № 7. – С. 36–37.

[3] *Рабер Л.М.* Соединения на высокопрочных болтах. Диагностика. Ремонт. Повышение надежности конструкций. – Днепропетровск: Системные технологии, 2008. – 124 с.

[4] *Чесноков А.С., Княжев А.Ф.* Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах. – М.: Стройиздат, 1974, с. 15–16.

Надійшла 22.04.2014 р.

ДО ВІДОМА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !

Вимоги щодо публікації статей:

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

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

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

Рекомендовано до друку вченою радою ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» (протокол № 3 від 21.08.2014 р.)

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

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

Підписано до друку 21.08.2014 р. Формат 60 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.
Тираж 300 прим.
Віддруковано ТОВ «Друкарня «Літера», вул. Мельникова, 73-А, м. Київ, 04119, тел. 502-68-08
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2837 від 24.04.2007 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

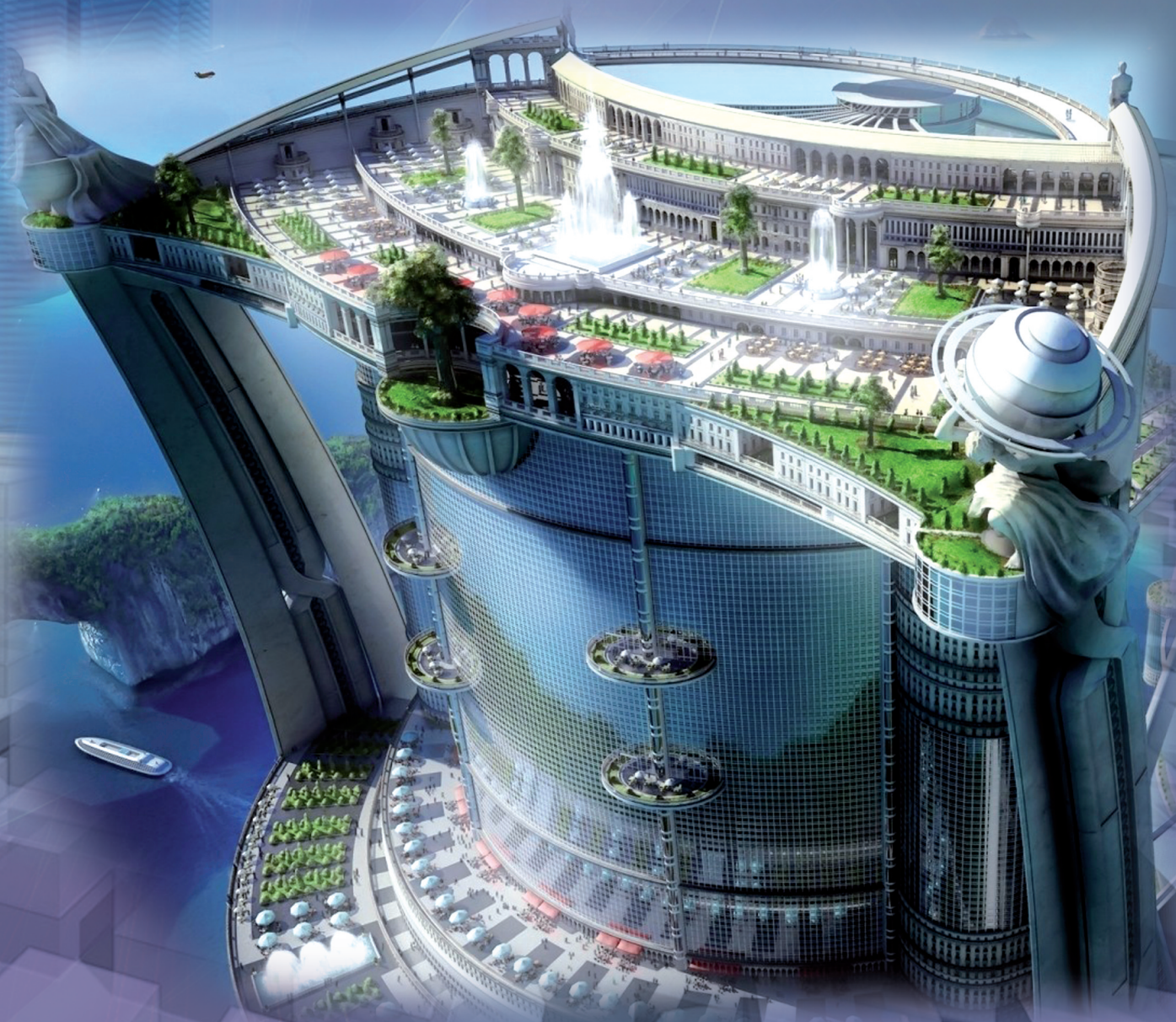
Редакція не завжди поділяє думку авторів

Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали

ISSN 1996-8159

ПБіС
3'2014

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ



Гданський технологічний університет, Польща

Український інститут сталевих конструкцій
імені В.М. Шимановського, Україна

ДРУГА ПОЛЬСЬКО–УКРАЇНСЬКА МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ, присвячена

АКТУАЛЬНИМ ПРОБЛЕМАМ У ГАЛУЗІ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

27 – 28 листопада 2014

Гданськ, Польща

Під час конференції відбудеться вшанування професора Єжи Зюлко
з нагоди його 80-річного ювілею.

КОНФЕРЕНЦІЯ ПРОВОДИТЬСЯ ЗА ПІДТРИМКИ:

- ☑ Гданського технологічного університету (Польща)
- ☑ Університету технічних та біологічних наук (Польща)
- ☑ Національної академії наук України (Україна)
- ☑ Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України (Україна)
- ☑ Комітету цивільного будівництва та гідроінженерії Польської академії наук (Польща)
- ☑ Центрального науково-дослідного та проектного інституту металевих конструкцій ім. М.П. Мельникова, Москва (Росія)

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Об'єднання академічного досвіду науковців та практичного досвіду проектувальників у галузі металевих конструкцій. Конференція охоплює всі теми теоретичних досліджень, проектування та виготовлення металевих конструкцій, включаючи чисельне моделювання, а також експериментальні дослідження.

ОФІЦІЙНІ МОВИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Польська, англійська, українська, російська.

ДЛЯ КОРЕСПОНДЕНЦІЇ

ПОЛЬЩА
Katedra Konstrukcji Metalowych i Zarządzania w Budownictwie
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk,
tel./fax: +48 58 347 10 47
e-mail: office@apkm.pl
papers@apkm.pl

УКРАЇНА
Український інститут сталевих конструкцій
імені В.М. Шимановського,
вул. В. Шимановського, 2/1,
м. Київ, 02660
Тел.: +38 044 543-93-87
факс: +38 044 543 97 40
e-mail: icbmc@urdisc.com.ua

Більш детальну інформацію щодо проведення конференції див. на інтернет-сторінці:

www.apkm.pl

УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СООБЩАЕТ О ПРОВЕДЕНИИ ПЕРВОГО ЕЖЕГОДНОГО НАЦИОНАЛЬНОГО АРХИТЕКТУРНОГО СТУДЕНЧЕСКОГО КОНКУРСА

STEEL FREEDOM 2014

К участию в конкурсе приглашаются студенты 4,5,6 курсов специальностей архитектура зданий и сооружений и промышленное и гражданское строительство.

Принять участие в конкурсе возможно как индивидуально, так и в составе группы не более 5 человек. Число команд от одного ВУЗа не ограничено.

Один участник конкурса (одна команда) может представить конкурсные работы по всем предложенным заданиям.

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА УЧАСТНИКОВ КОНКУРСА

Предложить оригинальное концептуальное решение, демонстрирующее современный, новаторский подход и способствующее расширению использования стали в строительстве как одного из самых перспективных современных материалов для строительства.

УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

СТАРТ ПРИЕМА ЗАЯВОК НА УЧАСТИЕ С 1 СЕНТЯБРЯ 2014

Детальная информация по конкурсу на www.steelfreedom.com.ua

ЕСТА | Холдинг · Armstrong · BLACHY PRUSZYŃSKI · URE club · Kyiv Academy of Media Arts · Real Estate Development · L&A architecture · БІЗРЕНЗ · BusinessLife.today · E-NEWS · WWW.PROEKTANT.UA · newbud.ua · ПРО · Community · CANactions