ISSN 1996-8159

ПБіС

3'2017

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ



Вітаємо із 70-річчям

ГОНЧАРЕНКА ДМИТРА ФЕДОРОВИЧА

проректора з науково-педагогічної роботи Харківського національного університету будівництва та архітектури, доктора технічних наук, професора, члена редакційної колегії журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»



Гончаренко Дмитро Федорович свій трудовий шлях розпочав слюсарем-сантехніком БУ-507 тресту «Сантехмонтаж-60» у м. Суми в 1965 р.

Після закінчення з відзнакою будівельного факультету Харківського інженерно-будівельного інституту в 1973 р. працював виконробом, старшим виконробом БУ-Пластмасбуд тресту «Промбуд-2» комбінату «Харківпромбуд» Мінпромбуду УРСР.

У 1979 р. вступив до аспірантури Харківського інженерно-будівельного інституту і у 1982 р. успішно захистив кандидатську дисертацію. Працював асистентом, доцентом кафедри технології будівельного виробництва інституту, поєднуючи цю роботу з посадою заступника декана по роботі з іноземними студентами.

З березня 1988 р. по жовтень 1989 р. обіймав посаду старшого наукового співробітника, працюючи над докторською дисертацією. У жовтні 1989 р. був призначений на посаду проректора з наукової роботи Харківського інженерно-будівельного інституту, (який у 2011 р. перейменований у Харківський національний університет будівництва та архітектури). У 2010 р. Гончаренко Д.Ф. був переведений на посаду проректора з науково-педагогічної роботи, яку обіймає дотепер. У 1993 р. йому присвоєне вчене звання професора. У 1996 р. Дмитро Федорович захистив докторську дисертацію.

У 1998 р. Указом Президента України Гончаренку Д.Ф. присвоєно почесне звання заслуженого діяча науки і техніки України.

За створення та впровадження ефективних технологій, що підвищують експлуатаційний ресурс інженерних систем життєзабезпечення, у 2004 р. Дмитрові Федоровичу присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки.

Гончаренко Д.Ф. очолює наукову школу, створену в Харківському національному університеті будівництва та архітектури за цим напрямом наук. Школа представлена як в Україні, так і за її межами.

Під його керівництвом та безпосередньою участю розробляються та впроваджуються науково-технічні рішення, що забезпечують надійну експлуатацію мереж водопостачання та водовідведення.

Гончаренко Д.Ф. є автором 370 наукових публікацій, у тому числі 21 монографії та навчальних посібників, 12 авторських свідоцтв і патентів. Під його науковим керівництвом захищено 38 кандидатських та 5 докторських дисертацій.

За багаторічну сумлінну працю та особистий внесок у підготовку висококваліфікованих спеціалістів та плідну науково-педагогічну діяльність у 2005 р. Дмитро Федорович був нагороджений знаком Міністерства освіти і науки України «За наукові досягнення», а у 2008 р. орденом «За заслуги» III ступеня.

Гончаренко Д.Ф. – член наукової ради Міністерства освіти і науки України і голова секції за фаховим напрямком «Технологія будівництва, дизайн, архітектура» наукової ради МОН України. Протягом багатьох років був членом Атестаційної колегії МОН України, заступником голови експертної ради ВАК України з будівництва, архітектури та геодезії. Є головою спеціалізованої вченої ради з захисту докторських дисертацій, членом редакцій декількох наукових журналів, у тому числі закордонних.

Вільно володіючи німецькою мовою, Гончаренко Д.Ф. двічі був стипендіатом ДААД (німецької служби академічних обмінів). Успішно читав лекції в університетах Німеччини, Польщі та Китаю.

Щиро вітаємо Дмитра Федоровича з ювілеєм, бажаємо міцного здоров'я, творчої наснаги та подальших наукових здобутків

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 2017 — 2018 роки

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

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ПБіС

3'2017

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

А.И. Лантух-Лященко

ШИРИНА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН КАК КРИТЕРИЙ ДЕГРАДАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 2

В.П. Адріанов, О.М. Галінський

НОВИЙ ПОРЯДОК ОБСТЕЖЕННЯ ПРИЙНЯТИХ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ТА ПРОБЛЕМИ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ (у порядку обговорення) 8

НОРМАТИВНА БАЗА

В.В. Шалінський

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ НАВАНТАЖЕНЬ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ ЗА НАЦІОНАЛЬНИМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ НОРМАМИ . . 14

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ

Д.Ф. Гончаренко

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ КОНСТРУКЦІЙ ДУБЛЮЮЧИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ У м. ХАРКОВІ 19

РЕКОНСТРУКЦІЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

В.В. Лихограй

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЗДАНИЙ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ 24

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Н.В. Зуєвська, С.М. Стовпник, О.С. Осипов

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЗАКРІПЛЕННЯ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК У СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ 30

НАУКА – ВИРОБНИЦТВУ

С.В. Сьомка

ФОРМУВАННЯ МЕТОДУ ПОСЛІДОВНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЛАНЦЮГОВИХ ПРОПОРЦІЙНИХ СТРУКТУР В АРХІТЕКТУРІ 35

ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

Ю.М. Данильченко, Ю.П. Горбатенко, О.В. Закора

ДИНАМІКА ЕСКАЛАТОРІВ ІЗ ПРОМІЖНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ПРИВОДУ: ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ 44

ЮВІЛЕЙНІ ДАТИ

ГОНЧАРЕНКО ДМИТРО ФЕДОРОВИЧ (до 70-річчя від дня народження)

КВАША ВІКТОР ГРИГОРОВИЧ (до 80-річчя від дня народження)

Згідно з наказом МОН України від 13.03.2017 р. № 374 журнал включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук

Київ • 2017

© Промислове будівництво та інженерні споруди, 2017

УДК 624.21: 004.021

ШИРИНА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН КАК КРИТЕРИЙ ДЕГРАДАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Статья посвящена проблеме моделирования процесса деградации железобетонных изгибаемых элементов мостов. Формулируется постановка задачи прогноза жизненного цикла элементов. Критерием деградации принимается параметр ширины раскрытия нормальных трещин в элементах.

The article is devoted to the problem of modeling the process of degradation of reinforced concrete elements of bridges. The statement of the task of the life cycle forecast of elements is formulated. The criterion of degradation is parameter of the width of normal cracks opening in the elements.

Ключевые слова: детерминистическая модель, железобетонный элемент, прогноз жизненного цикла, ресурс, мост.

Статья посвящена проблеме прогнозирования технического состояния железобетонных элементов автодорожных мостов, другими словами – проблеме оценки ресурса элементов мостов в функции времени. Прогноз ресурса железобетонных элементов как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации всегда был белым пятном в теории сооружений, а с другой стороны – наиболее весомым вопросом в социально-экономическом плане.

В последние два десятилетия констатируется резкое снижение долговечности автодорожных мостов. В чем причина снижения ожидаемого ресурса? Для Украины это, прежде всего, отсутствие действенной системы эксплуатации и низкое качество строительства. Нельзя забывать и о тяжелом экономическом положении страны, угрожающее низком финансировании дорожной отрасли, недостаточно развитой дорожной сети.

Очевидно, что кроме названых, есть и другие объективные причины. Снижение долговечности в значительной степени закладывается еще на стадии изыскания и проектирования сооружения. Действительно, в современной процедуре проектирования железобетонных элементов (и не только мостов!) нет никаких рычагов управления долговечностью. Срок службы железобетонных мостов назначается директивно, расчетные зависимости проверки сечений не имеют переменных времени, проблема долговечности остается полностью в плоскости опыта и интуиции проектировщика.

В наших условиях крайне ограниченного финансирования системы эксплуатации транспортных сооружений, стратегическое планирование расходов на содержание сооружений должно опираться на реалистичный прогноз ресурса железобетонных элементов. Остро ощущается потребность в новых моделях теории сооружений, которые отражали бы эволюцию напряженно-деформированного состояния в функции времени. Именно модели, описывающие деградацию элемента на всех этапах жизненного цикла с течением времени, должны способствовать проектированию элементов сооружений на заданный срок службы, прогнозируя жизненный цикл элемента в эксплуатации. Такие модели позволят проектировать и эксплуатировать конструктивные элементы транспортных сооружений в системе управляемой долговечности.



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

Модели жизненного цикла сформируют теоретический базис финансирования строительства и эксплуатации сооружений таким, чтобы в течение срока службы сохранить параметры функциональности, надежности, безопасности эксплуатации, а также архитектурные, эстетические и исторические ценности сооружения.

Однако в истории мостостроения никаких нормативных или методических документов, определяющих долговечность элементов, не было. В нормах проектирования мостов термин «долговечность» не фигурировал вообще. И только, начиная с 2006 г., с принятием первого национального нормативного документа по

проектированию мостов были декларированы сроки службы определяющих несущих элементов в 70–100 лет [8]. Систематические исследования, трактующие ресурс железобетонных элементов как аналитически определяемую величину в функции времени эксплуатации, появились в Украине только вначале нового века. Именно этой проблеме и посвящена предлагаемая работа, главная цель которой заключается в информировании о новом перспективном подходе к оценке ресурса железобетонных элементов мостов на всех этапах жизненного цикла, начиная с проектирования.

Главная научная задача исследования – это поиск критерия деградации, адекватно описывающего снижение несущей способности железобетонных элементов в функции времени эксплуатации.

Предлагаемая альтернативная модель оценки и прогноза жизненного цикла изгибаемых железобетонных элементов строится в функции одного параметра – ширины раскрытия нормальных трещин. Ширина раскрытия трещин, в свою очередь, есть функцией параметров физико-механических характеристик материалов элемента. В такой постановке модель прогноза будет применима на всех этапах жизненного цикла, начиная с проектирования. Задача ограничивается железобетонными изгибаемыми элементами мостов.

Исследование, изложенное в статье, представляет собой постановку задачи моделирования ресурса железобетонного элемента в функции времени.

Немного истории. Сегодня мы рассматриваем проблему в рамках новой парадигмы теории сооружений – формулировке уравнений напряженно-деформированного состояния элементов сооружений в функции времени.

Аналитические решения проблемы весьма сложны и малодоступны для практического применения в строительном проектировании. Особое значение в истории развития теории прогнозирования ресурса механизмов и сооружений имеют вопросы надежности в функции времени. Уже в 70-х годах прошлого века в публикациях В.В. Болотина [5, 4] приведены решения задач прогноза ресурса элементов строительной механики методами теории случайных функций. Позже, в 80-х годах, публикуется большое количество работ относительно оценки надежности в терминах стохастической задачи (англ.: time-variant) в англоязычной литературе.

В Украине теоретические разработки аппарата оценки и прогноза технического состояния автодорожных мостов появились еще в конце прошлого столетия [13]. Первый документ, регламентирующий управление техническим состоянием мостов Укравтодора ВБН «Оцінка технічного стану мостів, що експлуатуються» [6], был разработан в 2002 г., марковская феноменологическая модель, составляющая теоретический базис ВБН, в дальнейшем развивалась и была принята в 2009 г. как нормативный документ системы эксплуатации ДСТУ-Н «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [11] – рекомендованный аппарат управления долговечностью автодорожных мостов.

Научные исследования последних лет по созданию основ оценки и прогнозирования технического состояния транспортных сооружений составили базу первых в Украине и СНГ действующих нормативных документов [9, 11], которые в настоящее время регламентируют в системе эксплуатации мостов обязательную процедуру интегральной оценки технического состояния конструктивных элементов сооружения в функции времени и, таким образом, прогнозируют ее остаточный ресурс.

Начиная с 2006 г., функционирует программный комплекс Укравтодора «Аналитическая экспертная система управления мостами» (АЕСУМ) [3] – компьютерная реализация современной информационной технологии оценки и прогноза технического состояния, планирования, координации человеческих и материальных ресурсов, поиска оптимальной стратегии финансирования эксплуатационных мероприятий в течение жизненного цикла эксплуатации сооружения. Теоретическим базисом ПК АЕСУМ также есть марковская феноменологическая модель накопления повреждений, принятая в ДСТУ-Н [11]. Десятилетний опыт эксплуатации ПК АЕСУМ показал адекватность модели, ее эффективность как аппарата управления безопасностью и оценки ресурса сооружения в процессе эксплуатации.

Марковская феноменологическая стохастическая модель жизненного цикла элемента завоевала признание в системе управления автодорожными мостами Украины. Вместе с тем,

сегодня мы видим ее недостатки. Первый из них заключается в ограничении по времени – модель описывает падение надежности эксплуатируемого элемента сооружения, начиная со второго эксплуатационного состояния. Второй – это чисто вероятностная природа модели, модель управляется только одним параметром – интенсивностью отказов, т.е. скоростью деградации. Эти обстоятельства и были побудительным мотивом научного поиска новых моделей, содержащих в качестве управляющих физико-механические параметры и применимых на всех этапах жизненного цикла, начиная с проектирования [15, 22, 23].

Проблема критерия деградации. Принципиально важным моментом в формулировке модели оценки и прогноза жизненного цикла является принятие критерия деградации, т.е. меры накопления повреждений. Теоретически критерий является составной фундаментальной проблемы управления надежностью и долговечностью строительных объектов. В теории сооружений известно не менее десяти различных по своей физической сути критериев. Назовем некоторые из них.

В строительной механике с 50-х годов прошлого века широко использовалась универсальная модель накопления повреждений, известная под названием «теория линейного суммирования повреждений Пальмгрен-Майнера», в которой используется принцип линейной суперпозиции повреждений [19]. В качестве критерия здесь выступает «цикл погрузки – разгрузки». Эта простая и прозрачная модель получила широкое распространение в машиностроении. В меньшей степени модель использовалась для оценки жизненного цикла элементов сооружений.

Очевидно, что для использования модели нужна достоверная оценка количества циклов нагрузки, т.е. для прогноза ресурса в процессе эксплуатации необходимо иметь полные данные истории нагружения. Относительно элементов автодорожных мостов, да и других элементов конструкций, необходимые исходные данные определяются настолько примерно, что теряется достоверность модели. Есть и другие недостатки, сдерживающие применение модели Пальмгрен-Майнера, такие как, например, игнорирование эффектов взаимодействия циклов нагрузки с малой и большой амплитудами.

Достаточно распространена модель жизненного цикла железобетонных элементов, в которой деградация железобетона описывается критериями накопления определенного «критического количества хлоридов», проникающих через защитный слой по капиллярной системе и микротрещинам. Процесс диффузии хлоридов здесь описывается общими законами аналитической теории диффузии, известными как уравнения первого и второго законов Адольфа Фика [22].

Другое направление развития моделей накопления повреждений элементов строительных конструкций основывается на фундаментальных исследованиях механики разрушения. В Украине это исследования школы академика НАНУ В.В. Панасюка [17, 18]. В этих работах критериями деградации материала элементов сооружений являются «коэффициенты интенсивности», трактуемые как физические константы материала. Безусловно модели, основанные на классической теории механики разрушения, теоретически наиболее совершенны, однако, пока что не получили широкого применения в практической оценке ресурса элементов сооружений.

В последние 20–30 лет универсальным и наиболее эффективным критерием деградации элементов строительных конструкций в Европе, США, Японии признан «параметр надежности» [14], применяемый, прежде всего, в марковских феноменологических стохастических моделях, описывающих накопление повреждений как процесс, эволюция которого во времени определяется вероятностными законами. Сейчас многие исследователи склоняются к мысли, что именно стохастические модели марковских цепей есть наиболее перспективным, универсальным интегральным аппаратом описания постепенной деградации во времени элементов сооружений.

Наконец еще один широко применяемый критерий деградации – «геометрический параметр (параметры) трещины в материале» для оценки и прогноза жизненного цикла. Геометрические параметры трещин (ширина, длина, глубина) давно применяются в моделях деградации металлических элементов машин и механизмов, элементов стальных конструкций сооружений. В этой работе приводится пример модели жизненного цикла железобетонных эле-

ментов транспортных сооружений, в которой критерием деградации служит ширина раскрытия трещин.

Проблема анализа трещиностойкости железобетонных элементов. Ученые всего мира больше 100 лет изучают проблему трещиностойкости железобетонных конструкций, и количество таких исследований увеличивается с каждым годом. Складывается впечатление, что проблема будет открытой вечно, во всяком случае до тех пор, пока железобетон будет применяться в строительстве.

Главной проблемой этих исследований является установление закономерностей развития трещин и их влияние на несущую способность элемента. Для железобетонных элементов характерны два типа трещин:

- *первый* – трещины, связанные с пластическими свойствами бетона, появляющиеся при твердении и протекании длительных процессов (усадки и ползучести) бетона или резких изменениях температуры окружающей среды;
- *второй* – трещины, которые неизбежно сопровождают эксплуатацию железобетонного элемента под действием постоянных и временных нагрузок. Именно второй тип трещин и является предметом исследования в нашей работе.

Сегодня общепризнанно, что трещинообразование и последующее скалывание защитного слоя есть главными факторами, определяющими в процессе эксплуатации железобетонных элементов долговечность, надежность и несущую способность.

В процессе эксплуатации трещины вызывают в элементах «эффект домино»: в зоне трещины коррозия арматуры становится более интенсивной, продукты коррозии вызывают давление на защитный слой, защитный слой скалывается, расширяется трещина, растет коррозия – и круг замкнулся. Причем, интенсивность процесса деградации растет нелинейно [12, 25, 26, 31].

Известны десятки зависимостей прогноза ширины раскрытия трещин ненапряженного и предварительно напряженного железобетона. Так только в обширном обзоре исследований трещиностойкости А. Борошного приведено 32 формулы определения начальной ширины нормальных трещин под воздействием расчетных поперечных нагрузок в изгибаемых элементах [25].

В нормативных документах разных стран по проектированию железобетонных элементов для контроля ширины раскрытия трещин применяется пять-шесть зависимостей. Наиболее известными из них является модель Международной федерации бетонных конструкций (англ.: CEB-FIP) [27], которая принята в Еврокоде 2 [10], и модель Р. Фроша [28, 29] – в нормативах США [24].

В украинской методологии анализа трещиностойкости принята теория В.И. Мурашова [16], которая является нормативной в расчете железобетонных элементов строительных конструкций. В анализе трещиностойкости железобетонных элементов мостов применяется модель Я. Берга [1, 2].

При всем многообразии моделей определения ширины раскрытия нормальных трещин и расстояния между ними в изгибаемых элементах их объединяет общая фундаментальная научная идея – именно процесс трещинообразования наиболее полно отражает деформационные свойства железобетонного элемента. Поэтому все известные модели трещинообразования имеют в качестве расчетных параметров количество арматуры в сечении элемента, механические характеристики и модуль упругости арматуры и бетона, топологию расположения арматуры в сечении.

Наш опыт построения модели трещинообразования в функции времени показывает, что вид зависимости определения начальной (мгновенной) шириной раскрытия трещин при максимальных сочетаниях нагрузок существенного значения в анализе жизненного цикла не имеет. Можно избрать любую, наиболее простую. Важно чтобы зависимость оперировала перечисленными выше параметрами.

Подчеркнем, что абсолютное большинство формул ширины раскрытия трещин в железобетонных элементах, представленных в публикациях, дают значения начальной ширины раскрытия. Исследования, в которых трещинообразование рассматривается как процесс в функции времени, нам неизвестны.

Детерминистическая модель. В качестве иллюстрации подхода к оценке долговечности железобетонных элементов, используя как критерий деградации контроль ширины раскрытия

трещин, приведем детерминистическую модель. Модель прогноза жизненного цикла имеет своей целью установить закон деградации элемента в функции времени и, тем самым, дать аппарат прогноза его технического состояния. Следующие две гипотезы составляют теоретическую базу модели:

А. Критерием технического состояния элемента принимается числовой параметр ширины раскрытия трещины, служащий количественной интегральной характеристикой процесса деградации.

Б. Параметр ширины раскрытия трещины является достаточно информативным для построения закона деградации железобетонного изгибаемого элемента в функции времени.

Процесс деградации – рост ширины раскрытия трещины – будем описывать одномерным дифференциальным уравнением

$$\frac{dA(t)}{dt} = \gamma A(t), \qquad (1)$$

где $A(t)$ – ширина раскрытия трещин, функция времени; γ – скорость деградации, константа; t – время.

Решение дифференциального уравнения (1) имеет вид:

$$A(t) = a_0 \exp(-\gamma t), \qquad (2)$$

здесь a_0 – начальное значение ширины раскрытия трещин – суть постоянная интегрирования, определяемая из начального условия: при $t = 0$; $A(t) = a_0$.

Начальное значение ширины раскрытия трещин при проектировании определяется функцией О.Я. Берга [1, 2]

$$a_0 = f_a(H, R, E, \sigma, \Psi), \qquad (3)$$

где H – геометрические характеристики сечения; R, E – физико-механические характеристики сечения; σ – напряжения в сечении; Ψ – коэффициент типа сечения. Параметры (H, R, E, σ, Ψ) определяются в соответствии с требованиями ДБН [8].

Проектный срок эксплуатации T получим из решения (2), положив $A(t) = A_{\lim}$, где $A_{\lim}$ – скаляр, граничное значение ширины раскрытия трещин в эксплуатации,

$$T = \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{A_{\lim}}{a_0}\right). \qquad (4)$$

Для использования в проектной практике прогноза (4) введем коэффициент надежности как 5 % квантиль логнормально распределенной переменной T:

$$T_d = T\gamma_t, \qquad (5)$$

где T_d – проектный срок службы элемента; γ_t – коэффициент надежности времени жизненного цикла.

Первый опыт использования нового подхода прогноза ресурса в системе эксплуатации автодорожных мостов показал его адекватность и весомые преимущества по сравнению с принятой нынче марковской моделью [20, 21]. Выполненный анализ достоверности модели дает основания утверждать, что прогноз жизненного цикла имеет достаточную сходимость с данными системы эксплуатации автодорожных мостов на дорогах общего пользования.

Выводы.

1. Приведенная постановка задачи моделирования процесса деградации, используя параметр ширины раскрытия трещин, может стать базой для разработки простого инженерного аппарата прогнозирования ресурса на всех этапах жизненного цикла, начиная с проектирования.

2. Этот подход открывает пути управления ресурсом изгибаемых железобетонных элементов, варьируя механическими характеристиками материалов, площадью арматуры, схемами армирования. В системе эксплуатации автодорожных мостов модели такого типа будут эффективным инструментом управления безопасностью транспортных сооружений.

[1] *Берг О.Я.* Исследование процесса трещинообразования в железобетонных элементах с арматурой периодического профиля / О. Я. Берг // М.: Трансжелдориздат, 1954. – № 44. – С. 5–10.

[2] *Берг О.Я.* О предельном состоянии по трещинам в железобетонных мостовых конструкциях / О.Я. Берг // Вопросы проектирования и строительства железнодорожных мостов. М.: Трансжелдориздат, 1951. – Вып. 3. – 11 с.

[3] *Боднар Л.П.* Програмний комплекс АЕСУМ. Сучасний стан та концепція подальшого розвитку / Л.П. Боднар // «Дороги і мости»: зб. наук. пр. – К.: ДерждорНДІ, 2010. – Вип.12. – С. 31–39.

[4] *Болотин В.В.* Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / Болотин В.В. – М.: Стройиздат, 1971.

[5] *Болотин В.В.* Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.

[6] ВБН В.3.1-218-174-2002 Мости та труби. Оцінка технічного стану мостів, що експлуатуються. Державна служба автомобільних доріг України. – К.: 2002.

[7] *Давиденко О.О.* Оцінка технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу автодорожніх мостів України [Текст] / О.О. Давиденко // Автошляховик України – К., 2014. – Вип. 237. – С. 29–35.

[8] ДБН В.2.3-14:2006 «Мости та труби. Правила проектування». – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006.

[9] ДБН В.2.3-6 – 2009. «Споруди транспорту. Мости і труби. Обстеження і випробування» – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009.

[10] ДСТУ-Н Б EN 1992-2:2012 «Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій» – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012.

[11] ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2012. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012.

[12] *Карпенко Н.И.* Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. – М. : Стройиздат, 1996.

[13] *Лантух-Лященко А.І.* Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами. //Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: 1999.

[14] *Лантух-Лященко А.І.* Феноменологическая модель деградации элементов сооружений / Лантух-Лященко А.І. // Труды международной научно-технической конференции «Вычислительная механика деформируемого твердого тела», – М.: МИИТ, 2006. – С. 259–265.

[15] *Лантух-Лященко А.И.* Новая модель прогноза жизненного цикла железобетонных элементов мостов. //Зб. Сучасні проблеми технічного регулювання у будівництві – К.: КНУБА, 2016. вип. 2. – С. 33–40.

[16] *Мурашов В.И.* Трещиностойкость. Жесткость и прочность железобетона, Машстройиздат, – М.: 1950.

[17] *Панасюк В.В.* Механика квазихрупкого разрушения материалов. – К.: Наук. думка, 1991.

[18] *Панасюк В.В.* Механика разрушения и прочность материалов / Справ. пос. в 4-х т. под. ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук. думка, 1988–1990.

[19] *Чирков В.П.* Вероятностные методы расчета мостовых железобетонных конструкций. – М.: Транспорт, 1980.

[20] *Янчук Л.Л.* Аналіз тріщиностійкості залізобетонних елементів мостів як практичний апарат прогнозу ресурсу // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – № 25. – С. 132–137.

[21] *Янчук Л.Л.* Моделювання життєвого циклу залізобетонних елементів мостів що знаходяться в експлуатації // Збірник наукових праць ДАЗТ. – Харків, 2015. – № 151. – С. 21–26.

[22] *Яцко Ф.В.* Прогноз довговічності залізобетонних елементів мостів. Статистичний підхід. Теорія і практика будівництва : Вісник / Національний університет «Львівська політехніка»; № 664 – Л.: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – С. 371–378.

[23] *Яцко Ф.В.* Прочность, надежность и долговечность железобетонных элементов автодорожных мостов / Яцко Ф.В., Медведев К.В.//Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – Дніпропетровськ, 2013. – № 4 ISSN 2227–1252. – С. 52–61.

[24] ACI COMMITTEE 224, «Control of Cracking in Concrete Structures (ACI 224R-01)», American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2001.

[25] *Borosnyoi A., Balazs G.L.* Models for flexural cracking in concrete: the state of the art. Structural Concrete, 2005, 6, No. 2, 53-6

[26] *Carino, Nicholas J. and Clifton, James R.* (2005). «Prediction of Cracking in Reinforced Concrete Structures», Report NISTIR. PP. 1–50

[27] CEB-FIP «Model Code 1990», Thomas Telford, 1993.

[28] *Frosch, R.J.* «Flexural Crack Control in Reinforced Concrete», ACI Special Publication. V. 204, 2001. PP. 135–154.

[29] *Frosch, R.J.*, «Another Look at Cracking and Crack Control in Reinforced Concrete», ACI Structural Journal, May-June 1999, pp. 437 – 442. Rao, S. V. K. M. and Dilger, W. H. Control of flexural crack width in cracked prestressed concrete members. ACI Structural Journal, No.2, 1992, pp. 127–138.

[30] *Miner, M. A.*, Cumulative damage in fatigue, J. Applied Mech., 12 (1945) pp. 159–164.

[31] *Rao, S. V. K. M.* and *Dilger, W.H.* Control of flexural crack width in cracked prestressed concrete members. ACI Structural Journal, No.2, 1992, pp. 127–138.

Надійшла 04.08.2017 р.

НОВИЙ ПОРЯДОК ОБСТЕЖЕННЯ ПРИЙНЯТИХ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ТА ПРОБЛЕМИ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

(У ПОРЯДКУ ОБГОВОРЕННЯ)



В.П. Адріанов
заступник генерального директора
ТОВ «Укрінстальконструкція»
імені В.М. Шимановського»



О.М. Галінський
директор ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького»,
д.т.н.

За підрахунками спеціалістів Національної Академії наук, в Україні значна кількість конструкцій, споруд і машин, що експлуатуються, відпрацювали свій нормативний термін. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання експлуатаційної надійності та довговічності відповідальних об'єктів шляхом визначення їх технічного стану і залишкового ресурсу та встановлення науково обгрунтованих строків подальшої безпечної експлуатації.

З метою вирішення цих питань та на виконання статті 39^2 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» Кабінет Міністрів України своєю постановою від 12.04.2017 р. № 257 затвердив Порядок обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва (далі – Порядок). Таким чином було частково усунено існуючу правову прогалину в регулюванні одного з важливих питань безпечної експлуатації об'єктів різного призначення.

Ця правова ситуація виникла у зв'язку з рішенням Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва від 26.02.14 № 24 «Про необхідність усунення Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України і Державною службою гірничого нагляду та промислової безпеки України порушень принципів державної регуляторної політики» та відповідним скасуванням спільного наказу Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України і Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 27.11.1997 № 32/288 «Про заходи щодо виконання постанови Кабінету Міністрів України від 05.05.97 № 409 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж».

У структурі затвердженого Порядку передбачені:

- механізм проведення обстеження;
- загальні обов'язки власника (управителя) щодо прийняття рішень про необхідність проведення обстежень;
- залучення відповідальних виконавців окремих видів робіт для проведення обстеження;
- перелік об'єктів, які підлягають обов'язковому обстеженню, та етапи обстеження з метою оцінки їх технічного стану;
- процедурні питання щодо підготовки та проведення детального обстеження об'єкта;
- підготовка узагальненої інформації про технічний стан будівельних конструкцій, мереж та систем об'єкта, а також порядок складання паспорта об'єкта.

На жаль, при підготовці проекту Порядку не були враховані в повному обсязі пропозиції базових організацій Мінрегіону України, які на постійній основі виконують роботи з обстеження об'єктів, а також позитивний досвід впровадження аналогічних документів, зокрема апробованого на практиці Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної безпеки та Правил обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель і споруд, які були анульовані у зв'язку з втратою чинності вищезгаданого наказу. Тому з'явилась нагальна потреба в обговоренні ряду неврегульованих питань зазначеного регуляторного акта перед його застосуванням. Практичне впровадження

Порядку можна було б підсилити за рахунок включення до його тексту положень стосовно визначення термінів, що застосовуються у документі, конкретного переліку основних вимог до власника (управителя), а також до відповідального виконавця робіт в частині наявності у нього потрібного обладнання та інструменту для проведення обстеження та необхідного досвіду.

У першому пункті Порядку наголошується, що обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва проводиться з метою оцінки їх відповідності основним вимогам до будівель і споруд, визначеним відповідним технічним регламентом. Нагадаємо, що відповідно до чинного технічного регламенту, розробленого з урахуванням вимог Директиви Ради Європи 89/106 ЄЕС, таких вимог наразі шість – це забезпечення механічного опору та стійкості, дотримання вимог пожежної безпеки, забезпечення безпеки життя і здоров'я людини та захисту навколишнього середовища, безпеки експлуатації, захисту від шуму та економії енергії, які відповідно до п. 6 загальних положень регламенту повинні бути конкретизовані в регламентних технічних умовах і будівельних нормах. Таким чином, логічно допустити, що відповідальний виконавець при проведенні обстеження об'єкта повинен перевірити, наприклад, чи механічний опір та стійкість конструкцій, що експлуатуються, відповідають вимогам ДБН В 1.2-6 та ДБН В 1.2-14.

Однак існує інша думка. Спеціалісти Мінрегіону вважають, що будівельні норми не поширюються на період експлуатації об'єкта. Щоб зрозуміти, чи насправді ця позиція обґрунтована, необхідно звернутись до чинної законодавчої бази.

Згідно з Законом України «Про будівельні норми» будівельні норми – це затверджений суб'єктом нормування підзаконний нормативний акт технічного характеру, що містить обов'язкові вимоги у галузі будівництва, містобудування та архітектури.

У розділі V Закону України «Про архітектурну діяльність» під назвою «Права і обов'язки суб'єктів архітектурної діяльності при створенні та експлуатації об'єктів архітектури» зазначено, що власники та користувачі об'єктів архітектури зобов'язані утримувати в належному стані будинки і споруди, забезпечувати поточний огляд і періодичне обстеження об'єкта.

Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності» (стаття 39^2, частина друга) визначено, що обстеження об'єкта будівництва здійснюється з метою оцінки його відповідності основним вимогам щодо забезпечення надійності та безпеки під час його експлуатації.

Таким чином, юридично чітко обґрунтовано, що у галузі архітектури та містобудування до переліку всіх етапів життєвого циклу об'єктів будівництва включена їх безпечна експлуатація. Отже логічно вважати, що основною порівняльною базою для висновків обстеження об'єктів, що експлуатуються, є державні будівельні норми.

Крім того, необхідно зазначити, що ряд будівельних норм, прийнятих Мінрегіоном, стосується безпосередньо експлуатації об'єктів. У цьому переліку ДБН В 1.2-14, ДБН В 2.5-56, ДБН В 2.6-31 та інші норми, які в значній частині спрямовані на підтримання експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, мереж та систем об'єкта.

Наразі ДП «НДІБВ» разом із провідними організаціями та фахівцями розроблено проект ДБН В 1.2-ХХ:20ІХ «Експлуатаційна придатність будівель і споруд. Основні положення», який схвалено науково-технічною спільнотою будівельної галузі, і який після його прийняття повинен стати базовим нормативним документом у вирішенні питань, пов'язаних із реалізацією затвердженого Порядку обстеження будівель і споруд.

Є певні протиріччя між пунктом 1 Порядку, яким визначено, що його дія не поширюється на об'єкти, які обстежуються з метою виконання проектних робіт, та вимогами чинного ДБН А 2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», відповідно до якого не допускається розроблення проектної документації на проведення реконструкції та капітального ремонту об'єктів без інструментального їх обстеження, а до переліку вихідних даних, які надаються замовником проектній організації, включені звіти з висновками про результати обстеження будівельних конструкцій. Крім того, згідно з ДБН В 3.2-2:2009 «Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт» обстеження конструкцій фундаментів, підземних і надземних частин житлових будинків є обов'язковим при розробленні проектів реконструкції і капітального ремонту. Також, відповідно

до вимог ДБН В.1.2-12-2008 «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки»: «З *метою забезпечення комплексної безпеки будівництва відповідно до його індивідуальних умов … до робіт з його здійснення має бути долучено: … обстеження прилеглих об'єктів існуючої забудови*».

У переліку об'єктів за класами наслідків (відповідальності) СС2 та СС3, які підлягають обов'язковому обстеженню (п. 3 Порядку), відсутні об'єкти нафто- і газодобувної, газопереробної, металургійної, хімічної промисловості, об'єкти вугільної і гірничорудної промисловості, шлюзи і основні портові споруди, магістральні трубопроводи високого тиску, гідротехнічні споруди, крупні елеватори та зерносховища тощо. Але відповідно до Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» перелічені об'єкти можуть нести реальну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, і прямий обов'язок власників цих об'єктів вживати необхідних заходів, спрямованих на запобігання аваріям та захист людей від їх впливу, в т.ч. через проведення обстеження об'єкта згідно з вимогами зазначеного Порядку. Обстеження об'єктів, які ідентифіковані як об'єкти підвищеної небезпеки, необхідно проводити в обов'язковому порядку. Крім того, у Порядку не визначено, чи потребують обов'язкового обстеження багатоквартирні житлові будинки та об'єкти культурної спадщини.

Потребують додаткового обговорення вимоги пункту 5 Порядку щодо строку першого обстеження, який настає після закінчення гарантійного терміну і повинен визначатися відповідно до статті 884 Цивільного кодексу України (ЦКУ), а також щодо встановлення періодичності проведення обстеження у відповідних нормативно-правових актах або будівельних нормах. Зазначена стаття визначає термін гарантії якості підрядної організації перед замовником, це десять років від дня прийняття об'єкта в експлуатацію, якщо більший гарантійний строк не встановлений договором будівельного підряду або законом. Наразі відповідно до чинної нормативної бази та з урахуванням усталеної практики проектна організація (автор проекту) визначає у проекті строк першого планового обстеження будівель або споруд. Так, наприклад, перше обстеження несучих металевих конструкцій в залежності від умов навколишнього середовища (середньоагресивне або сильноагресивне) може бути встановлено через 3,5 або 8 років, що суттєво відрізняється від вимог Порядку, а наступний строк обстеження визначає відповідальний виконавець окремих видів робіт за наслідками обстеження фундаментів, конструкцій та інженерних систем, про що здійснюється відповідний запис у паспорті об'єкта.

Прив'язка строку першого обстеження до гарантійного терміну, визначеного ЦКУ, або до строку першого планового обстеження, зазначеного у проекті, можлива для об'єктів, що були побудовані (реконструйовані або капітально відремонтовані). А що робити з об'єктами, які були зведені значно раніше, гарантійні терміни яких, якщо вони і були, вже давно закінчилися?

Таких об'єктів в Україні значна кількість, при цьому більшість їх перебувають в управлінні або на балансі селищних, міських або обласних рад, різних міністерств та відомств. Відповідно до статті 39^2 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» « … *нереалізація заходів щодо забезпечення надійності та безпеки під час його (об'єкта – ред.) експлуатації тягне за собою відповідальність, передбачену законом*», і ця відповідальність покладена на балансоутримувача об'єкта будівництва, хоча, як правило, управителі за відсутності грошей не виділяють бюджетні кошти на нормальну експлуатацію, тим більш на проведення обстежень, навіть тих об'єктів, які перелічені у п.3 Порядку і «*підлягають обов'язковому обстеженню*».

На нашу думку, в Порядку мали б бути передбачені **суттєві критерії**, за якими із всієї сукупності можна було б виділити ті об'єкти, які потребують першочергового **огляду** фахівцями відповідного профілю для прийняття рішення про необхідність проведення попереднього або основного обстеження. Така послідовність дозволила б достатньо швидко отримувати інформацію про стан багатьох об'єктів, призначати (відтермінувати) строки проведення обстежень і тим самим заощадити бюджетні кошти (вартість огляду значно менша за вартість обстеження) і, що важливо, оперативно приймати рішення про запобіжні заходи для ряду об'єктів, які попереджають виникнення аварійних ситуацій.

До таких критеріїв можна віднести наступні:

1. Тривалість експлуатації об'єкта (наприклад, 100 і більше років або 50 і більше років).

2. Виникнення небезпечних факторів в оточуючому середовищі (нове будівництво з риттям котловану поблизу об'єкта, стихійні природні явища тощо).

3. Віднесення об'єкта до класів наслідків (відповідальності) СС2 або СС3.

Наявність (сукупність) перелічених критеріїв потребує термінового проведення огляду об'єкта будівництва.

У Порядку при обстеженні об'єктів значна увага обґрунтовано приділяється врахуванню потреб осіб із інвалідністю та інших маломобільних груп населення і надається право залучати за рішенням власника представників громадських об'єднань осіб з інвалідністю до проведення обстеження (пп. 7 та 11), але не визначено яким чином це зробити, адже згідно з пунктом 2 обстеження мають виконувати виключно сертифіковані спеціалісти із виконання окремих видів робіт та послуг. Очевидно, доцільно було б залучати представників громадськості на стадії підготовки власником завдання на проведення обстеження або до розгляду отриманих висновків.

У пункті 8 визначено етапи обстеження, завершальним із яких є складання паспорта об'єкта. Але об'єкт, що обстежується, може вже мати паспорти. Тому є сенс зазначити, що завершальним етапом обстеження є «складання паспорта об'єкта або внесення до нього потрібних змін та доповнень».

У пунктах 9 та 10 Порядку висвітлюються процедурні питання щодо обстеження об'єктів будівництва, прийнятих в експлуатацію, за наступними етапами: підготовка до проведення обстеження, попереднє та/або основне (детальне) обстеження, складання паспорта об'єкта. Запропонований підхід до реалізації цих етапів може бути використаний для більшості надземних будівель і споруд. Однак такі конкретні заходи передбачені Порядком для проведення попереднього обстеження, як «суцільне візуальне обстеження», обстеження «за зовнішніми ознаками», «фотофіксація» неможливо примінити для підземних магістральних трубопроводів. Для таких об'єктів застосовуються спеціальні методи технічного діагностування.

Мабуть доцільно було б з урахуванням значної кількості типів будинків, будівель, споруд та об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури у Порядку викласти тільки перелік основних необхідних етапів обстеження, а конкретні методи їх реалізації передбачити у будівельних нормах та національних стандартах, тим більше, що певні напрацювання з цього напрямку вже є (див. таблицю).

У пункті 13 Порядку зазначено, що паспорт об'єкта складається виконавцем на об'єкт у цілому. У цьому пункті слід було б дати роз'яснення що під поняттям «об'єкт у цілому» при складанні паспорта слід розуміти окремий будинок, будівлю, споруду з метою уникнення значних складнощів при підготовці паспорта за результатами проведення обстеження об'єктів, які у своєму складі мають комплекси будівель і споруд, у тому числі інженерну і транспортну інфраструктуру. Прикладом такого об'єкта є метрополітен, який зареєстрований як окремий об'єкт, а його частини – це станції з надземним і підземним розташуванням, підземні і надземні магістралі, депо для обслуговування рухомого складу тощо.

До такого типу об'єктів відносяться і великі промислові підприємства, у складі яких є будівлі цехів, адміністративно-побутові приміщення, інженерні мережі, які вимагають окремого підходу до проведення обстеження і, відповідно, складання паспорта.

Паспорт на такий об'єкт буде складатися з декількох паспортів на окремі будівлі, споруди, інженерні мережі, в загальній частині яких має бути посилання і прив'язка до основного об'єкта.

У цьому пункті слід було б зазначити, що паспорт є документом, який складений на весь життєвий цикл об'єкта, аж до повної його ліквідації, і має доповнюватись результатами наступних обстежень.

Вимога пункту 13 щодо недопущення складання паспорта «за результатами обстеження частин об'єкта, його конструктивних елементів (будівельних конструкцій), інженерних мереж і систем» з урахуванням того, що власник (управитель) об'єкта замовляє обстеження в межах своїх фінансових можливостей може взагалі унеможливити складання паспорта. Не зрозуміло, чому не можна зробити цього за результа-

Перелік чинних будівельних норм та стандартів нормативних документів для проведення обстеження об'єктів, прийнятих в експлуатацію

1	ДБН В 3.2-2:2009	Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт
2	ДБН В 2.3-6:2009	Мости та труби. Обстеження і випробування
3	ДСТУ Б В 2.6-23:2003	Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Загальні вимоги
4	ДСТУ Б В 2.6-27:2006	Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Методи випробування
5	ДСТУ Б В 2.6-210:2016	Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються
6	ДСТУ-Н Б В 1.2-17:2016	Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд
7	ДСТУ-Н Б В 1.2-18:2016	Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану
8	ДСТУ Б В 2.1-30:2016	Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд
9	ДСТУ-Н Б А 2.2-13:2015	Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель
10	ДСТУ-Н Б В 2.3-21:2008	Настанова з визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами
11	ДСТУ-Н Б В 2.3-23:2012	Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів
12	ДСТУ-Н Б А 3.1-10:2008	Настанова з проведення технічного діагностування вертикальних сталевих резервуарів
13	ДСТУ Б В 2.1-30:2014	Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд
14	ДСТУ Б В 2.2-39:2016	Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель

тами обстеження, наприклад, надземної частини об'єкта або несучих конструктивних елементів, а потім доповнювати паспорт результатами обстеження інших будівельних конструкцій та інженерних мереж і систем. До того ж при складанні паспорта в ньому відображається загальна інформація про технічні характеристики об'єкта: рік забудови, власник, підпорядкованість тощо.

При проведенні обстежень часто виникає ситуація, яка потребує обстеження та оцінки технічного стану деякої частини об'єкта, для якого паспорт уже складений. Така частина може бути виділена за функціональними або конструктивними ознаками, за поточним рівнем технічного стану або у разі виникненя ситуації, яка загрожує небезпекою. Результати обстеження мають бути занесені до існуючого паспорта. При цьому виділена частина об'єкта може бути віднесена до нижчої категорії технічного стану ніж об'єкт в цілому. Ця категорія може не розповсюджуватись на інші частини об'єкта за умови відсутності загрози зниження надійності та безпеки його експлуатації.

Крім того, у цьому пункті зазначено, що управитель або власник об'єкта один примірник складеного паспорта подає до відповідного органу місцевого самоврядування, але не визначено з якою метою.

Стаття 39[2] Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» покладає обов'язки щодо своєчасного вжиття заходів із забезпечення надійності й безпеки об'єктів будівництва на власників або управителів об'єктів, а контроль – на інспекції державного архітектурно-будівельного контролю. Суттєвою частиною цієї діяль-

ності є збирання та аналіз інформації щодо виявлення аварійних і непридатних до нормальної експлуатації об'єктів, їх належності та технічного стану. Така інформація є основою для реалістичного планування і ефективного відстеження заходів із підтримання й відновлення надійності та безпеки експлуатації об'єктів.

У Порядку доцільно було б зазначити, що інформацію щодо стану основних фондів об'єктів виробничого і соціального призначення слід аналізувати та використовувати для прийняття рішень на регіональному рівні та на рівні центральних органів виконавчої влади, як це було у 1998–2012 роках. Тоді, на виконання Постанови Кабінету Міністрів України від 05.05.97 № 409 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж» був створений реєстр аварійно-небезпечних об'єктів (РАНО), який за підтримки центральних органів виконавчої влади з питань будівництва функціонував на базі Науково-дослідного інституту будівельного виробництва. РАНО і сьогодні функціонує на базі цього інституту, але вже без підтримки центрального органу, а інформацію про аварійні об'єкти та ті, що непридатні до нормальної експлуатації, як надавали, так і надають до РАНО спеціалізовані організації та сертифіковані фахівці з питань обстеження.

Ця інформація аналізувалася, сортувалася та передавалась до центральних органів виконавчої влади з питань будівництва, гірничого та промислового нагляду, надзвичайних ситуацій, центральних органів виконавчої влади та до регіональних держадміністрацій, чиї об'єкти були занесені до реєстру. Органи виконавчої влади та державного нагляду через свої територіальні управління відстежували перелік об'єктів РАНО і вели роботу з керівниками відповідних підприємств (власниками об'єктів) щодо забезпечення їх безпечної експлуатації шляхом виведення об'єктів з аварійно-небезпечного стану через капітальний ремонт, реконструкцію, модернізацію або ліквідацію.

Протягом функціонування РАНО до нього було внесено більше 6500 об'єктів, із яких майже 2700 були вилучені внаслідок проведення на них власниками (управителями) заходів із ліквідації аварійного стану та забезпечення безпечної експлуатації цих об'єктів.

На нашу думку, і сьогодні для прискіпливого вивчення, аналізу і розроблення необхідних заходів із запобігання можливим аварійним ситуаціям на об'єктах, що експлуатуються, необхідно створити в системі Мінрегіону України аналітичний центр координації дій та методичного забезпечення широкого кола питань безпечної експлуатації об'єктів будівництва.

Незважаючи на викладені у статті пропозиції та зауваження, які спрямовані, у першу чергу, на підвищення ефективної роботи власників (управителів) та відповідальних виконавців, впровадження нового Порядку має надати нового імпульсу у важливій загальнодержавній справі безпечної експлуатації об'єктів будівництва.

Надійшла 26.07.2017 р.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ НАВАНТАЖЕНЬ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ ЗА НАЦІОНАЛЬНИМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ НОРМАМИ



В.В. Шалінський
заступник завідувача відділу мостових та спеціальних споруд ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», к.т.н., старший науковий співробітник

Європейський вектор розвитку України сприяє наближенню вимог чинних у державі будівельних норм проектування до європейських. Зокрема, це стосується і регулюючих документів у галузі транспортного будівництва: мостів, шляхопроводів, естакад та ін. Спочатку таке наближення полягало у введенні до національних державних будівельних норм окремих положень Єврокодів. Наступним кроком у цьому напрямку став процес гармонізації Єврокодів та введення їх у дію нарівні з ДБН. Починаючи з 2014 р., гармонізовані Єврокоди у вигляді ідентичних державних стандартів (ДСТУ-Н Б EN) набули чинності на території України. Наразі замовник будівництва має можливість вибору, за якими із зазначених нормативних документів здійснювати проектування. Така ситуація викликає інтерес в частині порівняння величин зусиль у мостах, визначених за ДБН та гармонізованими Єврокодами. З цією метою нижче аналізується методика визначення зусиль в автодорожніх мостах від дії транспорту за [1] та виконується порівняльний аналіз із зусиллями, отриманими за національними нормами [2].

Особливості визначення навантажень від автомобільного транспорту згідно з ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010. Зазначеним гармонізованим Єврокодом передбачається застосування чотирьох моделей вертикальних навантажень при розрахунку дорожніх мостів:

а) модель навантаження 1 (LM1) являє собою зосереджені та рівномірно розподілені по площі навантаження, які імітують вплив на нього вантажних та легкових автомобілів. Дана модель використовується для загальних та місцевих перевірок;

б) модель навантаження 2 (LM2) – одиночне зосереджене навантаження на вісь, прикладене до питомої площини контакту з шиною, що розповсюджується на динамічні впливи транспортного руху на короткі елементи конструкції у звичайному режимі. Ця модель застосовується виключно для місцевих перевірок;

в) модель навантаження 3 (LM3) – навантаження на осі спеціальних транспортних засобів на дорогах, де допускаються ненормативні навантаження (наприклад, промисловий транспорт). Модель застосовується тільки на вимогу замовника для виконання загальних і місцевих перевірок;

г) модель навантаження 4 (LM4) – навантаження від натовпу призначено тільки для загальних перевірок. Дане навантаження застосовується для мостів, що розташовані в містах або поряд з ними, якщо вплив від натовпу не враховано моделлю навантаження 1.

Моделі навантажень 1, 2 і 3 враховуються там, де доречно для будь-якого виду проектної ситуації (наприклад, для перехідних ситуацій під час ремонтних робіт), а модель навантаження 4 застосовується тільки для окремих перехідних проектних ситуацій.

З переліку вище зазначених моделей навантажень основною можна назвати модель навантаження 1 (LM1). Тому виконаємо порівняльний аналіз автомобільних навантажень на мости саме цієї моделі з навантаженням А15 чинного в Україні ДБН В.1.2-15:2009 [2]. Враховуючи, що відповідно до вимог [3] при реконструкції мостів, споруджених у період до 2006 р., часто застосовується навантаження А11 згідно з СНиП 2.05.03-84* [4], в порівняльному аналізі також доцільно розглянути і його.

Принцип завантаження мостів пов'язаний з поділом проїзної частини на смуги навантажень. В [1] кількість смуг навантажень може не співпадати з кількістю смуг руху і визначається шляхом ділення ширини автопроїзду на 3,0 м. Отримане таким чином ціле число і становить кількість смуг навантажень. Смуги навантажень,

які за кількістю перевищують смуги руху, називаються додатковими смугами. На відміну від Єврокоду в національних нормах [2] при визначенні кількості смуг навантажень ширина автопроїзду ділиться на 3,5 м, а в [4] кількість смуг навантажень завжди дорівнює кількості смуг руху.

Відповідно до [1] модель навантаження 1 складається з двох часткових систем – тандему TS та рівномірно розподіленого навантаження UDL (рис. 1).

Тандем-система TS являє собою двовісне зосереджене навантаження, кожна вісь якого має вагу $\alpha_Q Q_k$, де α_Q – регулювальний коефіцієнт (за відсутності обмежень складає 1,0). При цьому:

- слід враховувати не більше однієї тандемної системи на умовну смугу руху та тільки повну тандемну систему;
- для оцінки загального впливу кожну тандем-систему необхідно сприймати як таку, що проходить по центру вздовж осей умовних смуг;
- кожну вісь тандемної системи необхідно враховувати з двома ідентичними колесами, при цьому навантаження на колесо таке, що дорівнює $0{,}5\,\alpha_Q Q_k$;
- контактну поверхню кожного колеса слід приймати як квадрат із стороною 0,40 м (рис. 2).

Рівномірно розподілені навантаження (система UDL) мають наступну вагу на квадратний метр уявної смуги: $\alpha_q q_k$, де α_q – регулювальний коефіцієнт (за відсутності обмежень 1,0).

Модель навантаження 1 застосовується до кожної умовної смуги і до площі, що залишилася. Розрахункові показники моделі навантаження 1 наведені у таблиці 1.

Тут варто підкреслити наступне:

- на противагу чинному ДБН та СНиП, у Єврокоді складова рівномірно розподіленого навантаження від автотранспорту задається на площу проїзної частини в кН/м^2, а не смугами з погонною інтенсивністю в кН/м;
- площа, що залишається після поділу проїзної частини на смуги навантажень, згідно з Єврокодом також підлягає завантаженню рівномірно розподіленим навантаженням на відміну від [2] та [4];
- приведені в таблиці 1 значення навантажень Q_{ik} та q_{ik} включають динамічне посилення і не вимагають застосування додаткових динамічних коефіцієнтів, як це передбачено у ДБН та СНиП.

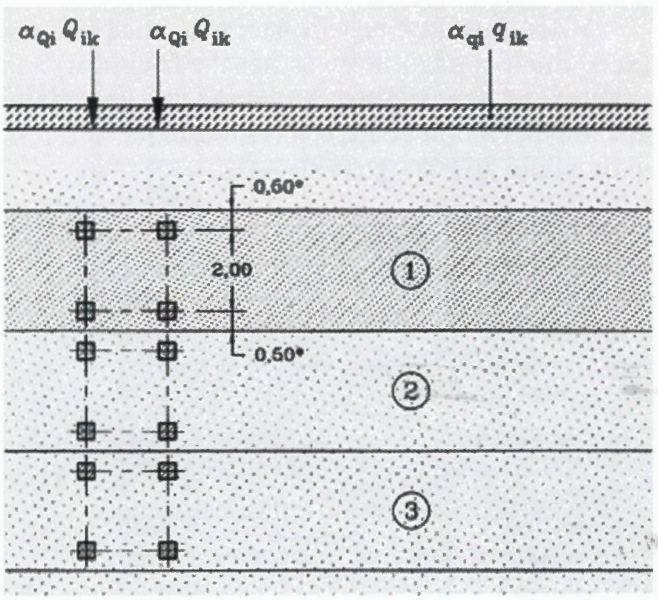


Рис. 1. Застосування моделі навантажень 1 (LM1)

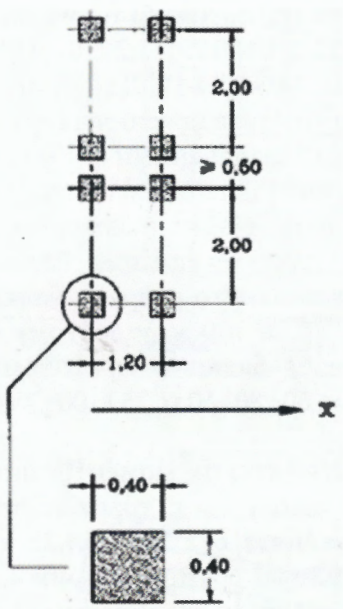


Рис. 2. Застосування тандем-систем для місцевих перевірок

Таблиця 1

Місце-знаходження	Тандем-система TS	Система UDL
	навантаження на вісь Q_{ik} (кН)	q_{ik} (або q_{rk}) (кН/м^2)
Смуга 1	300	9
Смуга 2	200	2,5
Смуга 3	100	2.5
Інші смуги	0	2,5
Площа, що залишилася (q_{rk})	0	2,5

У таблиці 2 наведені часткові коефіцієнти (коефіцієнти надійності за навантаженням) для стійких та перехідних ситуацій, які необхідно враховувати при розрахунку мостів на міцність відповідно до Єврокоду.

Таблиця 2

Дія	Позначення	Часткові коефіцієнти надійності для навантажень, γ
Постійні дії:		
– несприятливі	$\gamma_{G,\,sup}$	1,35
– сприятливі	$\gamma_{G,\,inf}$	1,00
Попереднє напруження	γ_P	1,00
Транспортні дії:		
– несприятливі	γ_Q	1,35
– сприятливі		0
Інші змінні дії:		
– несприятливі	γ_Q	1,50
– сприятливі		0

Порівняльний аналіз автомобільних навантажень за ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010, ДБН В.1.2-15:2009 та СНиП 2.05.03-84*. Для оцінки величини транспортного навантаження на автодорожніх мостах згідно з зазначеними нормами нижче приводиться співставлення згинальних моментів у прогоні для розрізних балок та над опорою і в прогоні для нерозрізних балок. У першому випадку розглянуто розрізні балки прогонами 20, 40, 60, 80 та 100 м, у другому – трипрогонові нерозрізні балки з прогонами 30+40+30 м, 45+60+45 м, 60+80+60 м, 75+100+75 м та 90+120+90 м.

При обчисленні згинальних моментів ширина автопроїзду для однієї, двох, трьох та чотирьох смуг руху прийнята 6,0; 10,5; 14,25 та 18,0 м відповідно. Прийняті розміри ширин автопроїзду на мостах знайшли відображення у чинному ДБН В.2.3-22:2009 [3]. Інформація щодо ширини автопроїзду необхідна для визначення навантажень згідно з [1] та [2]. Як уже зазначалося, кількість смуг навантажень при розрахунку за [1] визначається шляхом ділення ширини проїзду на 3,0 м, а за [2] – діленням на 3,5 м. Кількість смуг навантажень для норм, що розглядаються, наведено у таблиці 3.

На рис. 3 наведені графіки залежності співвідношення згинальних моментів у розрізних балках, визначені за ДБН В.1.2-15:2009 [2] та ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 [1], в залежності від величини прогону при різній ширині автопроїзду. Тут за одиницю по осі ординат прийняті зусилля від навантаження LM1 за ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010. Як видно з рисунка, як правило, зусилля в розрізних балках, визначені за Єврокодом, перевищують зусилля, визначені за ДБН. Із зростанням величини прогону така перевага поступово збільшується. В той же час, при збільшенні ширини автопроїзду різниця зусиль має тенденцію до зменшення, а у випадку короткої прогонової будови 20 м та ширини проїзду 18,0 м згинальні моменти за ДБН навіть перевищили відповідні зусилля за Єврокодом. Слід зазначити, що значна відмінність зусиль для ширини проїзду 6,0 м обумовлена різницею у кількості смуг навантажень (див. табл. 3).

Таблиця 3

Ширина автопроїзду, м	Кількість смуг руху	Кількість смуг навантажень		
		ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010	ДБН В.1.2-15:2009	СНиП 2.05.03-84*
6,0	1	2	1	1
10,5	2	3	3	2
14,25	3	4	4	3
18,0	4	6	5	4

На рис. 4 приведені співвідношення згинальних моментів у розрізних балках, що визначені за ДБН В.1.2-15:2009 [2] та СНиП 2.05.03-84* [4]. Як зазначалося, останнє має місце при реконструкції мостів. На даному рисунку за одиницю по осі ординат прийняті зусилля від навантаження А11 за СНиП 2.05.03-84*. З рисунка випливає, що зусилля за ДБН у 1,44…1,93 раза більші ніж зусилля за СНиП. Зі зростанням величини прогону різниця зусиль поступово збільшується.

На рис. 5 та 6 відображені криві залежності співвідношення зусиль, що вирахувані за ДБН В.1.2-15:2009 [2] та ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 [1] у трипрогонових нерозрізних балках із розмірами прогонів, зазначеними вище. По осі абсцис на графіку вказані максимальні значення прогонів кожної з трипрогонових балок. Аналіз кривих показав, що співвідношення величин згинальних моментів у прогоні для нерозрізних балок близькі до аналогічних показників у розрізних балках. Опорні згинальні моменти за ДБН та Єврокодом більш близькі. При цьому слід зазначити, що в окремих випадках опорні моменти за ДБН більші порівняно з Єврокодом. Це пояснюється тим, що при визначенні опорних зусиль згідно з ДБН передбачається завантаження однієї смуги навантажень двома тандемами. У Єврокоді одна смуга навантажень не може мати більше одного тандему.

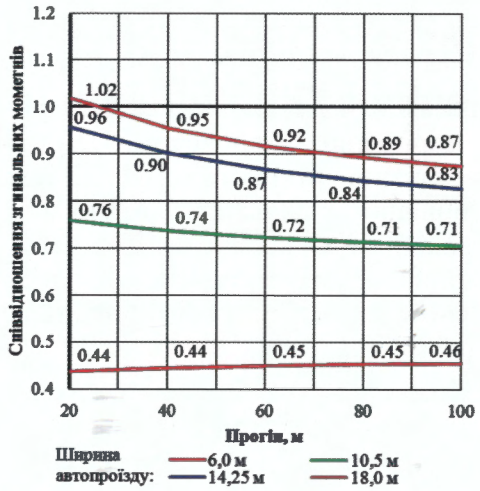


Рис. 3. Згинальні моменти у розрізних балках. Співвідношення ДБН В.1.2-15:2009 / ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010

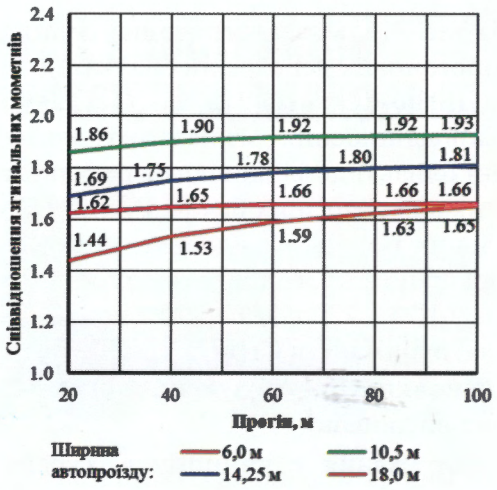


Рис. 4. Згинальні моменти у розрізних балках. Співвідношення ДБН В.1.2-15:2009 / СНиП 2.05.03-84*

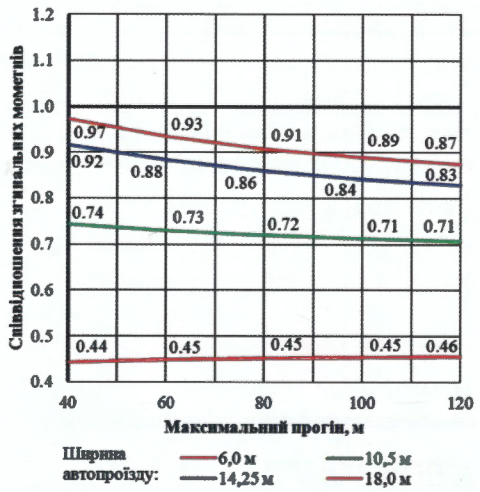


Рис. 5. Згинальні моменти у прогоні (нерозрізні балки). Співвідношення ДБН В.1.2-15:2009 / ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010

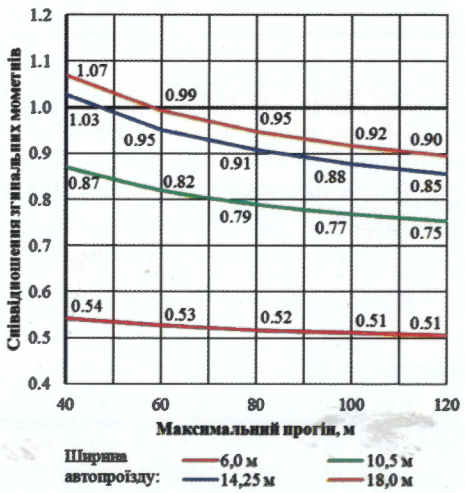


Рис. 6. Згинальні моменти на опорі (нерозрізні балки). Співвідношення ДБН В.1.2-15:2009 / ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010

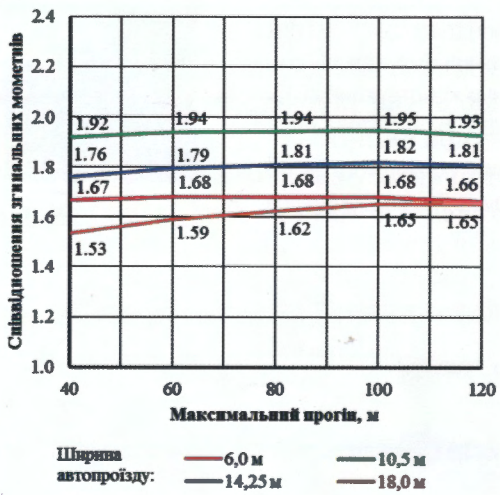


Рис. 7. Згинальні моменти у прогоні (нерозрізні балки). Співвідношення ДБН В.1.2-15:2009 / СНиП 2.05.03-84*

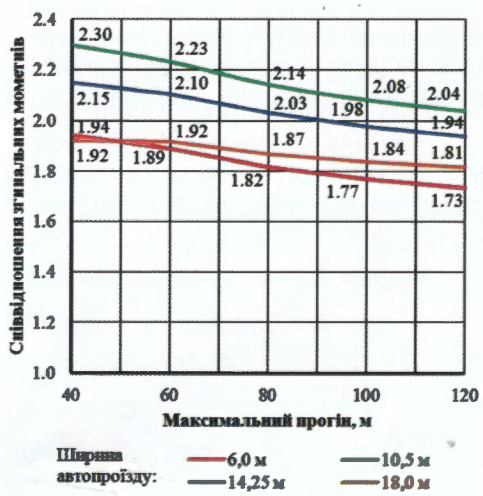


Рис. 8. Згинальні моменти на опорі (нерозрізні балки). Співвідношення ДБН В.1.2-15:2009 / СНиП 2.05.03-84*

На рис. 7 і 8 показані співвідношення зусиль у трипрогонових нерозрізних балках, які визначені за ДБН В.1.2-15:2009 [2] та СНиП 2.05.03-84* [4]. Співвідношення згинальних моментів у прогоні близькі до відповідних результатів, отриманих для розрізних балок. Різниця опорних згинальних моментів за даними нормами більша порівняно з прогоновими – опорні моменти за ДБН у 1,73…2,3 раза переважають відповідні зусилля, отримані за СНиП.

Висновки. Підсумовуючи, можна дійти наступних висновків:

- навантаження у чинному в Україні ДБН значно зблизились із навантаженнями за Єврокодом та суттєво відрізняються від навантажень за СНиП, якими користувалися до 2006 р. та які застосовуються у теперішній час при реконструкції мостів;
- переважно навантаження за ДБН дещо менші порівняно з Єврокодом. Це обумовлюється різною шириною смуг навантажень і відповідно їх кількістю згідно з ДБН та Єврокодом. Оскільки за Єврокодом така ширина менша, то кількість смуг більша, і навантаження й зусилля відповідно більші;
- при розрахунку опорних зусиль нерозрізних балок за ДБН [2] в окремих випадках зусилля можуть бути більшими порівняно з зусиллями, визначеними за Єврокодом, що обумовлено можливістю завантаження смуг навантажень двома тандемами згідно з ДБН.

[1] ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 (EN 1991-2:2003, IDT) Єврокод 1: Дії на конструкції – Частина 2: Рухомі навантаження на мости. – К: Мінрегіон, 2011.

[2] ДБН В.1.2-15:2009 Мости та труби. Навантаження і впливи. – К: Мінрегіонбуд України, 2009.

[3] ДБН В.2.3-22:2009 Мости і труби. Основні вимоги проектування. – К: Мінрегіонбуд України, 2009.

[4] СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы. – М.: Минстрой, 1996.

Надійшла 14.06.2017 р.

Інформація

КАТАЛОГ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ
СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 2017



Украинский Центр Стального Строительства (УЦСС) – ассоциация участников рынка металлостроения, членами которой являются ведущие производители и дистрибьюторы стального проката, заводы по производству металлоконструкций, кровельных и фасадных систем, отраслевые проектные и научные организации, монтажные и строительные компании – подготовил и выпустил в свет «КАТАЛОГ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ стальных конструкций 2017» (авторы – Калафат К.В., Вахитова Л.Н.).

Каталог информирует потребителей металлоконструкций о состоянии украинского рынка огнезащитных материалов и о средствах огнезащиты стальных конструкций и воздуховодов, сертифицированных и разрешенных к применению в Украине в 2017 году.

Каталог состоит из четырех частей:

A – Огнезащитные реактивные покрытия.

B – Огнезащитные покрытия штукатурного типа.

C – Конструктивная огнезащита.

D – Огнезащита стальных воздуховодов.

Украинский Центр Стального Строительства — 1015, Украина, Киев, ул. Лейпцигская, 15-А, БЦ МЕРКС
+38 (044) 280-18-20
info@uscc.ua, www.uscc.ua

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ КОНСТРУКЦІЙ ДУБЛЮЮЧИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ У м. ХАРКОВІ



Д.Ф. Гончаренко
проректор з науково-педагогічної роботи Харківського національного університету будівництва та архітектури, д.т.н., професор

Каналізаційні тунелі м. Харкова протяжністю близько 56 км, діаметром 2000 мм і більше, що були прокладені із залізобетонних конструкцій понад 40 років тому, перебувають в аварійному чи передаварійному стані внаслідок інтенсивної дії руйнівних чинників [1, 2, 3, 4].

Як свідчать дослідження [5, 6, 7, 8], для системи водовідведення найважливішим є довговічність бетону за умов кислотної агресії. Важливим критерієм довговічності є стійкість до дій кислот і сульфатів. Сірчана кислота (H_2SO_4), що міститься в ґрунтових водах, хімічні відходи або продукти окиснення з інших сполук сірки агресивно впливають на складові бетонної матриці та розчиняють їх. У каналізаційних трубопроводах і тунелях можуть виникати сильні пошкодження в результаті розвитку сірчанокислотної корозії біогенного характеру (БСК – BSK) або в результаті несанкціонованого скидання брудних промислових вод, що містять кислоти або сульфати.

Ремонтно-відновлювальні роботи в каналізаційних тунелях глибокого залягання повинні проводитися за умов відсутності стічних вод і забезпечення необхідного вентилювання ділянок ремонту.

Під час розроблення організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів міста важливу роль відіграє наявність і функціонування дублюючих тунелів і пов'язана з ними система кільцювання, яка дає можливість звільняти ділянки, що підлягають обстеженню та ремонту, від стічних вод [9, 10].

На жаль, за майже п'ятидесятирічний термін експлуатації ні дублювання, ні кільцювання на каналізаційних тунелях м. Харкова не було виконано, що практично не дає змоги експлуатаційникам реалізовувати розроблені ще в 1991 р. «Правила технічної експлуатації та ремонту каналізаційних колекторів діаметром більше 1500 мм», які передбачали припинення подавання стічних вод у ділянку, що підлягає обстеженню і відновленню.

Нині не завершено будівництво головного дублюючого колектора із спадним затвором, розташованого перед головною каналізаційною станцією. Слід зазначити, що при проектуванні не була врахована можливість пошкодження конструкцій корозією. Тому наразі є необхідність перегляду проекту і ухвалення рішень щодо додаткових заходів, які підвищують захист колектора від корозії з урахуванням його неповного затоплення ґрунтовими водами.

Окрім головного дублюючого тунелю в м. Харкові незавершеними будівництвом є каналізаційний тунель по пров. Досвідному, каналізаційний розвантажувальний тунель Салтівського житлового масиву, каналізаційний тунель «Селище П'ятихатки», на якому побудовано 4680 м із запроектованих 5420 м. На багатьох із них відсутня залізобетонна обробка.

Головний дублюючий тунель м. Харкова згідно з проектом має протяжність 1052 м (рис. 1).

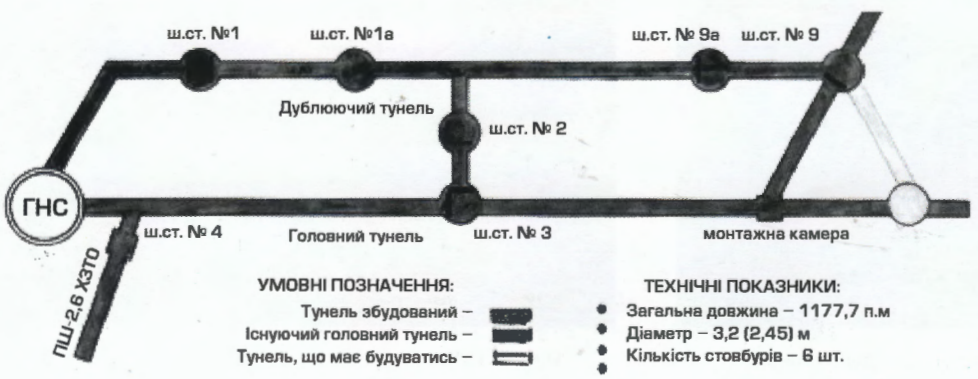


Рис. 1. Схема головного дублюючого тунелю

© Гончаренко Д.Ф.

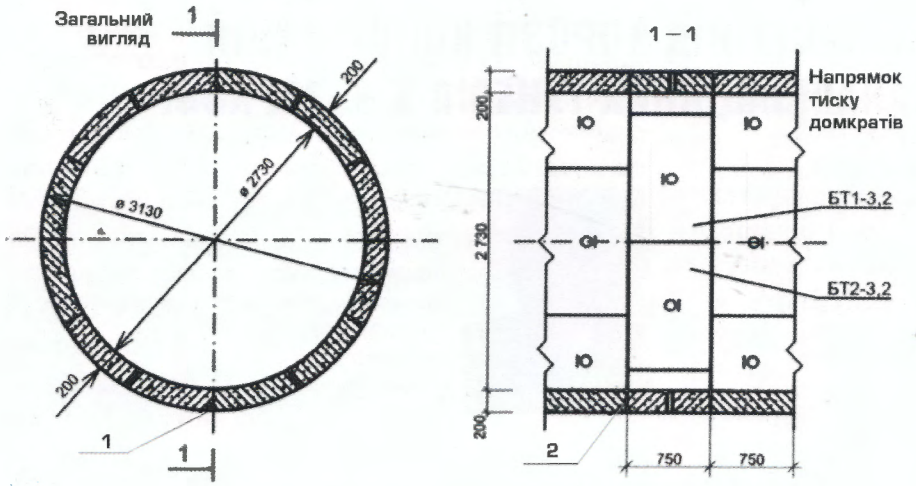


Рис. 2. Конструктивне рішення головного дублюючого тунелю

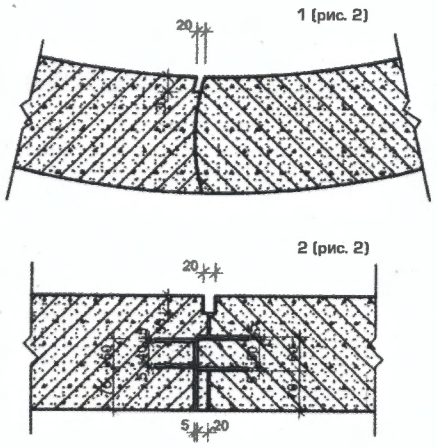


Рис. 3. Стикування тюбінгів головного дублюючого тунелю

Він споруджується з застосуванням щита ПЩ-3,2 (рис. 2, 3) і здатний пропускати близько 70 % стоків, що направляються (у перспективі) по головному колекторному тунелю.

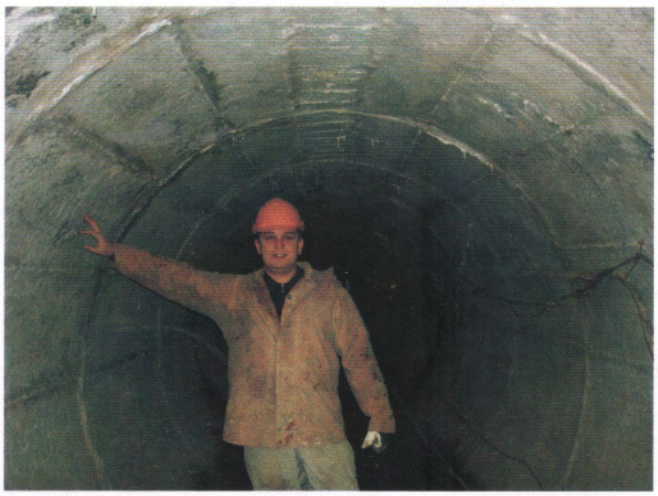


Рис. 4. Загальний вигляд головного дублюючого каналізаційного тунелю



Рис. 5. Стан конструкцій головного дублюючого каналізаційного тунелю

Наразі головний каналізаційний тунель пропускає до 700 тис. м^3 стоків за добу, а в перспективі буде пропускати 1000 тис. м^3 стоків за добу, дублюючий колекторний тунель – 730 тис. м^3 стоків за добу.

Будівництво головного дублюючого каналізаційного тунелю було розпочато ще в 1992 р. і до сьогодні не закінчено (рис. 4, 5, 6).

Враховуючи тривалий термін консервації тунелю (25 років, 1992–2017 рр.), необхідно провести його обстеження, скоректувати проектно-кошторисну документацію, вирішити питання фінансування для завершення будівництва.

Введення його в експлуатацію дозволить ліквідувати п'ять каналізаційних насосних станцій та підвищити надійність усієї системи водовідведення.

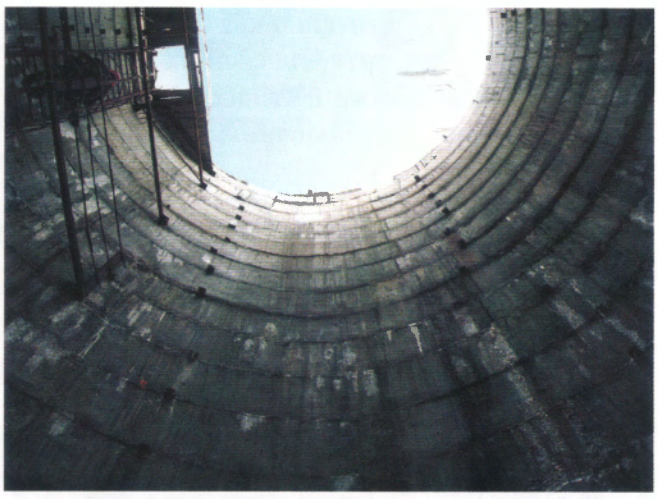


Рис. 6. Оглядова шахта на головному дублюючому каналізаційному тунелі

Згідно з прийнятими у 2013 р. нормативними документами [11] при виборі матеріалів і розрахунку обробки тунелів необхідно враховувати вимоги СНиП 2.06.08, СНиП 2.06.09, ДСТУ Б В.2.7-43, ДБН В.2.3-7. Конструкції залізобетонних обробок повинні відповідати вимогам щодо міцності, водонепроникності, стирання, корозійної стійкості.

Обробку тунелів рекомендується проектувати зі збірного залізобетону, монолітного бетону або залізобетону, а при спорудженні тунелів у складних інженерно-геологічних умовах – із чавунних тюбінгів. Товщина елементів обробки тунелів визначається розрахунком.

Проектні класи бетону конструкцій каналізаційних тунелів за міцністю на стиснення рекомендується приймати не нижче ніж клас, вказаний у таблиці 1 [11].

Таблиця 1

Клас бетону конструкцій за міцністю на стиснення

Вид конструкцій	Клас бетону за міцністю на стиснення, не нижче
Залізобетонні блоки обробки суцільні або ребристі	B30
Залізобетонні блоки обробки монолітні	B25
Бетонні обробки монолітні	B15
Внутрішні бетонні та залізобетонні конструкції монолітні	B15
Внутрішні залізобетонні конструкції збірні	B25
Попередньо напружені залізобетонні конструкції	B25

Облицювання тунелів, що складається з первинної збірної конструкції та вторинної обробки монолітної залізобетонної, повинне розраховуватися на сприйняття і навантаження від гірського тиску тільки першою обробкою. Вторинна обробка призначена для гідроізоляції та в розрахунок на навантаження від гірського тиску не включається.

Відповідно до нормативних вимог [11] бетон для елементів конструкцій каналізаційних тунелів необхідно визначати в проекті залежно від гідрогеологічних умов у районі будівництва, можливого внутрішнього тиску та з урахуванням заходів із захисту залізобетонних і бетонних конструкцій від корозії, але не нижче від марки W12-W20 (не нижче W6) за водонепроникністю, яку рекомендується приймати.

Проектні марки бетону конструкцій каналізаційних тунелів за морозостійкістю слід призначати залежно від умов їх роботи, але не нижче F75.

Для залізобетонних тунелів і шахтних стовбурів з агресивним газоподібним внутрішнім середовищем рекомендується приймати бетон згідно з СНиП 2.03.11 (2.50).

Строк тужавлення (вік) бетону, який відповідає його маркам за міцністю на стиснення, осьовим розтягуванням, водонепроникністю та морозостійкістю, прийнято таким, що дорівнює 180 діб.

Каналізаційні тунелі необхідно захищати від інфільтрації поверхневих і ґрунтових вод, а також ексфільтрації стічних вод. Водонепроникність обробки забезпечується застосуванням відповідних матеріалів, обклеюванням обробки гідроізоляційними матеріалами, металоізоляцією, ущільненням прилеглого до тунелю ґрунтового масиву, цементацією, глинізацією, силікатизацією або іншими методами, нагнітанням за обробку спеціальних розчинів, закладанням швів і отворів із зачеканюванням швидкотужавними матеріалами або пневмобетоном (відповідно до 4.26-4.29 СНиП 11-44).

Відповідно до розділу 8.13.13 [11] слід передбачати техніко-економічні обґрунтовані заходи щодо захисту бетону каналізаційних тунелів, шахтних стовбурів і свердловин від газової корозії для збільшення терміну їх служби, а саме: спеціальні антикорозійні покриття, камери дегазації, примусове провітрювання, зниження турбулентності потоку, застосування спеціальних добавок, збільшення товщини вирівнюючої (не несучої) обробки, гідроізоляції тощо.

Дослідження стану конструкцій головного дублюючого тунелю показало, що у тунелі відсутня герметизація стиків тюбінгів, внаслідок чого спостерігається інфільтрація стічних вод, про що свідчить наявність сталактитів (рис. 5).

Конструкції дублюючих тунелів, як і конструкції експлуатованих тунелів, не відповідають нормативним показникам (табл. 2). Якщо за існуючими нормами [11] клас міцності на стиснення залізобетонних блоків обробки повинен відповідати класу бетону B30, то згідно з проектними даними він відповідає класу B25. Бетонна обробка з монолітного залізобетону класу B15, як випливає з проектних даних, відповідає нормативним показникам, тобто класу бетону B15.

Таблиця 2

Характеристика залізобетонних конструкцій головного дублюючого тунелю

Конструкції	Клас міцності на стиснення		Водонепроникність *W*		Морозостійкість *F*	
	нормативний	проектний	нормативна	проектна	нормативна	проектна
Залізобетонні блоки обробки суцільні або ребристі	В30	В 25	12	4	75	100
Залізобетонні блоки обробки монолітні	В 25					
Бетонні обробки монолітні	В 15	В 15	12	4	75	100
Внутрішні бетонні та залізобетонні конструкції монолітні	В 15					
Внутрішні залізобетонні конструкції збірні	В 25					
Попередньо напружені залізобетонні конструкції	В 25					

Одним із головних показників при експлуатації конструкції в агресивному середовищі є водостійкість. Якщо за нормами водостійкість повинна бути в межах W12–W20, але не нижче W6, то згідно з проектними даними водонепроникність як несучих, так і захисних конструкцій тунелю відповідає показнику W4.

Щодо зменшення впливу агресивного середовища на конструкції каналізаційних тунелів, то в його основі лежить запобігання тим чи іншим механізмам мікробіологічного руйнування будівельних конструкцій. Одним із них є вентиляція тунелів, що при значних відстанях між оглядовими шахтами є неможливою для м. Харкова.

Як свідчать проведені дослідження [9, 12], для бетонів, що зазнають сильної хімічної дії, важливо створювати перешкоду при проникненні агресивного середовища в бетонну матрицю або ж початкові матеріали бетону повинні мати достатню стійкість до цієї агресивної дії.

Одним із варіантів захисту несучих конструкцій тунелів від корозії є застосування самоущільнюваних бетонів [12], які запропоновані для влаштування обробки в головному дублюючому тунелі.

Характерною властивістю бетону (СУБ – SVB) є його самоущільнення від власної ваги. Завдяки своїй високій рухливості бетон звільняється від повітря без будь-яких енерговитрат. А його підвищена рухливість забезпечує отримання комплексних структур із високим ступенем армування. Завдяки таким властивостям самоущільнюваний бетон є альтернативою звичайному бетону за економічними, екологічними і планувальним показниками.

Через безліч видів складів бетону довговічність самоущільнюваного бетону порівняно зі звичайним мало вивчена. Виходячи з цього, метою досліджень, що проводяться, є розроблення самоущільнюваного бетону із підвищеною стійкістю до хімічної агресії в системах водовідведення.

Для влаштування залізобетонної монолітної обробки дублюючих тунелів згідно з нормативними документами [11] використовується бетон класу В15. Роботи з улаштування обробки виконуються з використанням тунельної опалубки.

Дібрано склад важкого бетону класу В15 (марки М200 на цементі марки ПЦ500).

Для досягнення високої структурної щільності запропоновано комбінацію з цементу і золи-винесення в кількості 15 % від маси цементу і гідрофобної добавки Sika-1 у кількості 0,8 % від ПЦ. При цьому гідрофобна добавка вводиться з водою замішування.

У системах водовідведення через наявність мікробіологічних процесів слід було б піддавати бетон випробуванню на стійкість і довговічність у спеціальному біореакторі, зважаючи на біогенну кислотну (сульфатну) корозію та шкідливу дію сірчаної кислоти (H_2SO_4) [12]. Для використання результатів випробувань на практиці потрібні подальші дослідження щодо ступеня агресивності середовища і часу протікання його агресивної дії в тунелях.

Через відсутність спеціального біореактора було запропоновано провести випробування виготовлених кубиків на міцність у лабораторних умовах із подальшим випробуванням цілих кубиків з цієї партії на їх стійкість до дії агресивного середовища в одній з оглядових шахт.

Після набору міцності впродовж 28 діб випробування кубиків показали, що їх міцність перевищує проектну. Тобто, при запроектованій міцності В15 (200 кг/см^2) у результаті випробувань отримали міцність 205 кг/см^2.

Тривале перебування кубиків в оглядовій шахті показало їх високу стійкість до агресивного середовища, що свідчить про можливість використання розробленого складу бетону для влаштування обробки дублюючих тунелів.

Висновки.

Відновлення нормативних експлуатаційних характеристик каналізаційних тунелів м. Харкова, підвищення їх довговічності – витратне і технічно складнен завдання, що потребує негайного вирішення для запобігання аваріям, у тому числі таким, що мають серйозні екологічні наслідки. Це також стосується дублюючих тунелів, конструкції яких за своїми характеристиками не відповідають вимогам державних будівельних норм України і не можуть бути прийняті в експлуатацію.

Для підвищення корозієстійкості конструктивних елементів тунелів і шахт особливу увагу слід приділяти бетонним сумішам із хімічними добавками, самоущільнюваним бетонам, полімерним матеріалам і конструкціям.

Для підготовки до експлуатації дублюючих тунелів, водонепроникність конструкцій яких не відповідає нормативним вимогам, запропоновано склад бетонної суміші, нанесення якої передбачається або торкрет-бетонними установками, або з використанням тунельної опалубки.

[1] *Абрамович И.А.* Сети и сооружения водоотведения. Расчет, проектирование, эксплуатация / И.А. Абрамович. – Харьков: Глобус, 2005. – 288 с.

[2] *Абрамович И.А.* Новая стратегия проектирования и реконструкции систем транспортирования сточных вод / И.А. Абрамович. – Харьков: Основа, 1996. – 316 с.

[3] *Гончаренко Д.Ф.* Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения: [монография] / Д.Ф. Гончаренко. – Харьков: Консум, 2008. – 400 с.

[4] *Гончаренко Д.Ф.* Состояние канализационных сетей Харькова / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, А.А. Гармаш // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип. 2(80). – С. 75–78.

[5] *Parker C.D.* The corrosion of concrete. – Austral. J. Exp. Biol. Med. Sci., 1947, 23, pp. 81-98.

[6] *Юрченко В.А.* Кинетика биогенной коррозии бетона в канализационных сетях (химия, микробиология и контроль процесса) / В.А. Юрченко, Бригада Е.В., Архипов О.В. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 69 p.

[7] *Юрченко В.А.* Кинетические характеристики микробиологической коррозии бетона в сетях водоотведения / В.А. Юрченко, Е.В. Бригада // Вода и экология: проблемы и решения. – СПб.: ЗПО «Водопроект-Гипрокоммунводоканал Санкт-Петербург», 2014. – Вып. 1 (57). – С. 51–61.

[8] *Alexei Garmash, Dmitrii Bondarenko, Gennadii Zubko, Dmitrii Goncharenko.* On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv // World Journal of Engineering, 2016. – Vol. 13 Iss: 1, PP. 72–76.

[9] *Гончаренко Д.* Пути повышения эксплуатационной надежности канализационных тоннелей / Д. Гончаренко, А. Гармаш, В. Булгаков // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin, 2016. – Vol. 18. – № 6. – S. 3–10.

[10] *Гончаренко Д.Ф.* Фактори, що визначають ремонтноздатність каналізаційних тунелів / Д.Ф. Гончаренко, О.О. Гармаш // Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві». – Харків, ХНУБА, 2016. – С. 22–23.

[11] ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 96 с.

[12] *Daniel Ufermann, Manfred Lohse, Jochen Müller-Rochholz.* Untersuchungen zur Korrosionbestendigneit von Selbstverdichtemdem Beton unter Schwefel – Sänreexposition // Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2010 (57), № 3. – S. 231–239.

Надійшла 10.07.2017 р.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЗДАНИЙ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ



В.В. Лихограй
аспирантка кафедры «Технологии строительного производства» Харьковского национального университета строительства и архитектуры

Характерной особенностью восстановления зданий каменных православных храмов, которые были построены с середины XVIII ст. до начала XX ст., является соблюдение основных концепций, а именно: научность и достоверность выполняемых исследований, максимальное сохранение подлинных частей памятника, рациональность и экономичность принятых решений, обоснованное применение «новых» строительных материалов с учетом их совместимости со «старыми», высокое качество выполненных работ [10].

Восстановление памятников культурного наследия, в том числе православных храмов, сопровождается определенными организационно-технологическими особенностями. Так, класс ответственности зданий и ценность их как памятников архитектуры требует соблюдения ряда ограничений относительно методов производства работ и уровня их механизации. Для восстановления уникальных объектов необходима разработка индивидуальных конструктивных решений, что, в свою очередь, требует особого подхода к выполнению строительных и монтажных работ. В этот период необходимо обеспечить сохранность здания и безопасный доступ работников ко всем восстанавливаемым архитектурным элементам, что, в ряде случаев, бывает достаточно затруднительно из-за сложных объемно-пространственных форм объекта.

Согласно выполненным исследованиям установлено, что значительная часть храмов имеет неудовлетворительное состояние вертикальных несущих конструкций, сводов и глав [12]. Проведенные технические обследования храмов, которые подлежат восстановлению, позволили выявить наиболее характерные дефекты: частичные вывалы кирпича в конструкциях стен, разрушение парапетов и карнизов, отсутствие или аварийное состояние покрытий как скатных, так и купольных. Неудовлетворительным является и состояние интерьеров – архитектурные детали и роспись либо отсутствуют, либо на грани исчезновения.

В последние годы объемы работ по восстановлению храмов увеличились. Их выполняют как в нормальных, так и в стесненных условиях городской застройки. Значительная часть ремонтно-восстановительных работ выполняется на определенной высоте, что требует обеспечения эффективного и безопасного производства. Данный вопрос является актуальным и требует дополнительных исследований.

В связи с этим существует необходимость в разработке рекомендаций по выбору организационных решений проведения восстановительных работ на зданиях православных храмов.

Анализ трудов как отечественных, так и зарубежных ученых показал, что значительное внимание уделено вопросам разработки организационно-технологических решений при проведении работ в период реконструкции промышленных зданий [1, 2, 3, 4, 9, 11]. В исследованиях таких ученых, как Д.Ф. Гончаренко, В.В. Савйовский, А.Ф. Гаевой, Н.И. Котляр освещены вопросы реконструкции в стесненных условиях, в работах Ф.Ф. Арсланбековой, П.А. Козырицкого – безопасности выполнения строительных работ в целом, С.Б. Агеенко – надежность и устойчивость средств подмащивания. Однако вопросы организации и рациональности выполнения работ на уникальных объектах архитектурного наследия исследованы недостаточно.

Целью данного исследования является поиск и разработка рекомендаций по проектированию организации производства работ в период восстановления православных храмов. Указанные рекомендации должны быть экономически обоснованными, обеспечивать соблюдение безопасных условий труда рабочих и сводить к нулю негативное влияние производства на отдельные строительные конструкции и здание в целом.

Для достижения цели исследования были сформированы основные организационно-тех-

нологические параметры проведения восстановительных работ в зависимости от объемно-планировочных решений этих сооружений; рассмотрены отечественный и зарубежный опыт проектирования и устройства средств подмащивания; определен тип и обоснована целесообразность использования средств подмащивания для организации работ на высоте в период проведения восстановительных работ на православных храмах.

Согласно православным канонам за формой в плане храмы бывают крестообразными, прямоугольными, круглыми и восьмиугольными (рис. 1).

Выбор способа восстановления храма целесообразно проводить по критерию минимальной стоимости с учетом обеспечения минимальной продолжительности работ.

Вертикальное условное членения фронта восстановительных работ предпочтительно принимать пятиярусным: I – вертикальные несущие конструкции (стены, колонны, пилоны), II – кровля основного объема храма, III – вертикальные конструкции барабана, IV – конструкции кровли завершения (свод и глава), V – колокольня (в том случае, если она надстроена).

Ввиду симметричности сооружения в плане и приблизительно одинакового объема работ для I-го и II-го ярусов рекомендуется принимать четное количество захваток, что позволит сократить задействованные комплекты дополнительных приспособлений и оборудования. Для крестообразного храма условное членение целесообразно выполнять по подпружным аркам, разбивая фронт работ на 4 захватки (алтарь, боковые нефы, притвор с западным объемом). Круглое в плане сооружение, как и восьмиугольное, предпочтительно поделить также на 4 захватки (по 2 смежные стены или по четверти полной площади стен). Прямоугольное в плане здание предлагается делить на западную и восточную захватки. Это обусловлено обеспечением последовательности выполнения кровельных работ.

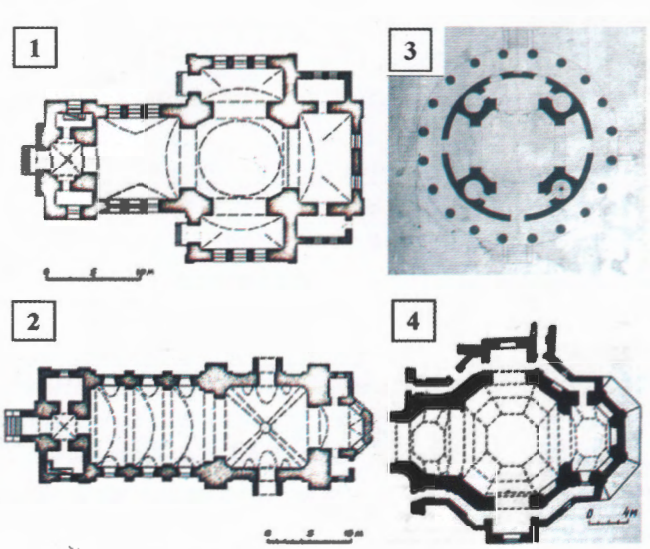


Рис. 1. Планы храмов за формой:
1 – крестообразный (Архангело-Михайловская церковь, с. Малый Истороп); **2** – круглый (Храм покрова Пресвятой Богородицы, с. Кунье); **3** – прямоугольный (Пятницкая церковь, с. Большой Истороп); **4** – восьмиугольный (Покровская церковь, г. Харьков)

Остальные ярусы (III, IV и V) на захватки не делятся, работы выполняются на каждой из них одновременно, что объясняется незначительным объемом работ; интенсивностью их производства, достаточной для продуктивной работы бригады оптимального состава в течение одной рабочей смены; необходимостью обеспечения общей пространственной устойчивости конструкции и здания в целом.

Восстановительные работы на православных храмах рекомендуется выполнять в период с мая по сентябрь. Так как в это время высокая вероятность нормальных погодных условий, допустимых для выполнения работ (температура воздуха, скорость ветра и т.п.), а достаточная продолжительность светового дня позволяет организовать работы в 2 смены (каждая по 6 ч) с соблюдением нормативных требований к промышленной безопасности строителей.

Специфика организации строительной площадки зависит от особенностей расположения объекта реставрации. В городских условиях выполнение восстановительных работ может характеризоваться условиями достаточно тесной застройки с обеспечением возможности кругового обхода здания шириной не менее 3 м. Но в большинстве случаев такие объекты характеризуются нормальными условия строительства.

Анализ технологических карт на производство каменных и отделочных работ, сборку и разборку строительных лесов показал, что все они разработаны для объектов простой конфигурации, что в случае православных храмов требует дополнительной проработки для эффективного их использования. Государственные нормативные документы Украины регламентируют установку лесов для производства каменной кладки, отделки фасадов и отделочных работ внутри помещений [5, 6, 7]. Следует отме-

тить, что для проектирования и выполнения реставрационно-восстановительных работ соответственным разделом ДБН Д.2.5-21-2001 предусмотрено применение инвентарных строительных лесов для производства работ по реставрации фасадов и неинвентарных – в помещении.

С целью рассмотрения возможности применения альтернативных вариантов подмащивания был выполнен сравнительный анализ состава работ, единиц измерения объемов и норм времени по сборке и разборке строительных лесов (табл. 1). В состав бригады по выполнению данных работ были включены монтажники по монтажу стальных и железобетонных конструкций (1 чел. – 4 разряда, 2 чел. – 3 разряда, 1 чел. – 2 разряда). Ввиду сложной конфигурации здания в плане и по высоте, для наружных работ приняты приставные строительные леса. Их конструкция состоит из стоек, горизонтальных и вертикальных поперечных связей, которые соединяются между собою хомутами.

Из таблицы следует, что перечень работ по сборке и разборке строительных лесов в ЕНиР Е6 и ДБН Д.2.5-21-2001 практически одинаковый. Разница в 3,9 раза нормы времени в период реставрации обуславливается транспортированием элементов лесов до начала работ и по их завершению, а также повышенными требованиями к качеству выполняемых работ. Что касается ДБН Д.2.2-8-99, то, очевидно, определенные рабочие операции не оговорены, но учтены, т. к. порядок

Таблица 1

Сравнение технологических показателей по сборке и разборке строительных лесов для наружных работ

Наименование	ЕНиР Е6-1		ДБН Д.2.5-21-2001		ДБН Д.2.2-8-1999
Операции сборки					
Планировка места установки лесов	+		+		+
Установка подкладок (лаг)			+		–
Установка и сборка элементов лесов	+		+		+
Проверка хомутовых соединений	–		+		–
Выравнивание монтажных деталей (в случае необходимости)	+*		+		+
Закрепление лесов к стене, пробивка гнезд, установка пробок и анкеров	+		+		–
Устройство настила из щитов через 2 м по высоте	+		+		+
Установка стремянок и ограждений	+				
Поднесение деталей на расстояние до 10 м и подъем их на необходимую высоту при помощи блока	+		+		–
Завоз готовых элементов лесов со склада на объект и доставка их после разборки на склад или другой объект	–		+		+
Операции разборки					
Разборка лесов со спуском деталей	+		+		+
Сортировка деталей и укладка их в штабель	+		+		–
Отвоз элементов лесов на склад или другой объект	–		+		–
Технологические показатели					
Единицы измерения объемов работ	1 м^2 вертикальной проекции		1 м^2 вертикальной проекции		100 м^2 вертикальной проекции
Требуемые машины и механизмы	Блоки		Электролебедки – грузы до 80 кг; уголки и блоки – 15 кг; вручную – 10 кг		Автомобиль бортовой, грузоподъемность до 5 т
Нормы времени по сборке, чел.-ч	0,25	0,4	1,08	1,55	68,73
Нормы времени по разборке, чел.-ч	0,15		0,47		
Нормы времени по сборке, маш.-ч	–		–		0,17
Нормы времени по разборке, маш.-ч	–		–		

* – Мелкий ремонт элементов лесов до 10 % общего числа элементов и деталей, выполняемый в процессе установки лесов, нормировать по соответствующим графам, умножая на 0,1.

значения нормы времени соответствует двум другим нормативным документам.

Устройство неинвентарных лесов внутри здания включает в себя разметку и распиливание материала, изготовление соединений элементов между собой, установку и укрепление стоек, подкосов, связей и т.д. Согласно ДБН Д.2.5-21-2001 все эти процессы характеризуются достаточно высокими трудозатратами (2,51 чел.-ч) по сравнению с инвентарными металлическими лесами по ДБН Д.2.2-8-99 (0,11 чел.-ч). Таким образом, если использовать инвентарные строительные леса в определенных условиях реставрации, то это позволит повысить эффективность выполняемых работ.

Современный рынок строительной индустрии предлагает альтернативные варианты строительных лесов с эффективными техническими решениями. Например, фирмами «Layher», «Doka», «Peri» разработаны универсальные решения по сборке строительных лесов, которые повышают производительность работ и безопасность рабочего персонала при их проведении. Так система лесов Layher AllroundScafflding была успешно применена при реставрации башни Домского собора в г. Рига (Латвия) (рис. 2) [8]. Она нашла широкое применение и при выполнении работ внутри помещений – для удаления использованных ранее реставрационных материалов и выполнения работ по сохранению архитектурных деталей (рис. 3).



Рис. 2. Реставрация башни рижского Домского собора (Латвия, 2015 г.)



Рис. 3. Реставрация росписи потолков Вюрцбургской резиденции (Германия, 2015 г.)

Для выбора строительных лесов может быть использовано программное обеспечение, например, LayPLAN CLASSIC, SpeedyScaf, Scaffmax. Данные модули способны обеспечить подбор индивидуальных решений конструкций и размещения лесов для объектов любой конфигурации и любыми заданными параметрами. В процессе проектирования, после ввода исходных данных (размеров и требуемого варианта сборки), выдается предложение по строительным лесам, включая анкеровку, крепление и боковую защиту, общая длина, высота, вес и площади непрерывно вычисляются и отображаются в текущем плане. Для принятого решения составляется список материалов, эскиз сборки лесов восстанавливаемой зоны.

Исходя из выше изложенного, целесообразно рассмотреть влияние принятого решения по устройству лесов на технико-экономические показатели строительных работ на конкретном примере. Исходные данные для проектирования строительных лесов следующие:

- вид ремонтно-восстановительных работ – восстановление кровли над основным объемом храма и центрального свода;
- высотная отметка карниза – +7,5 м;
- высотная отметка низа свода – +20 м;
- диаметр барабана (свода) – 8 м;
- нагрузка на внутренние леса – вес опалубки, бетонируемого свода и работающих людей.

В соответствии с поставленной задачей – реставрация фасадов церкви, восстановление конструкции барабана и центрального свода, возведение главы – предусмотрено размещение строительных лесов вдоль наружных стен здания (согласно принятым захваткам), внутри помещения храма в зоне центрального свода и по периметру наружной грани барабана.

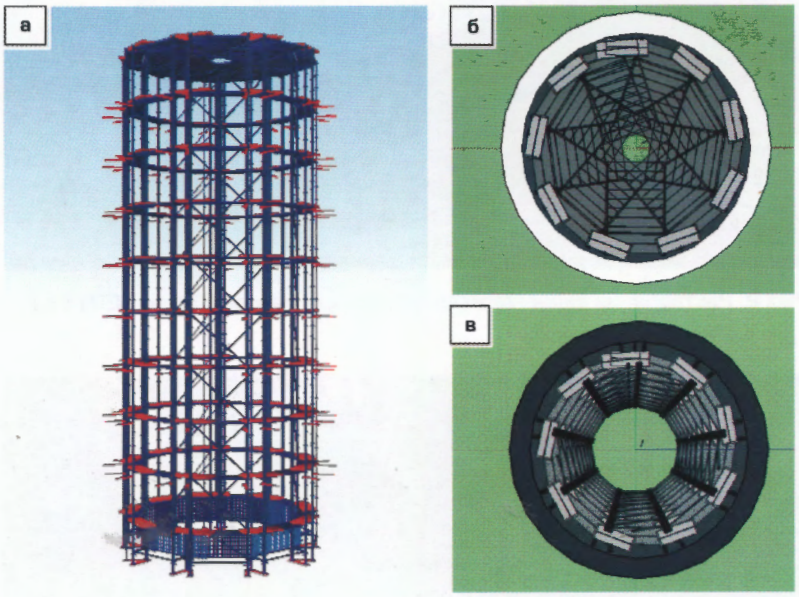


Рис. 4. Схематическое изображение строительных инвентарных лесов:
а – общий вид, **б** – вид сверху на отметке опорного кольца свода;
в – вид сверху в уровне барабана

При сравнении вариантов в качестве альтернативы внутренним деревянным неинвентарным лесам рассматривалось применение инвентарных металлических лесов. По всей высоте здания леса расположены по окружности барабана, верхняя часть имеет сплошной настил, устроенный по усиленным ригелям. На первом ярусе (в уровне подпружных арок) жесткость обеспечивается фиксацией к колоннам и раскосами, на втором ярусе (уровень барабана) – анкерным креплением к стенкам барабана (рис. 4).

Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Технико-экономические показатели сборки и разборки строительных лесов

Нормативный документ	Длительность производства работ, дн.	Трудозатраты, чел.-ч	Удельная трудоемкость на единицу объема
Инвентарные строительные леса для выполнения наружных работ			
ДБН Д.2.5-21-01	7,2	348,8	1,6 чел.-ч/м^2 проекции на стену
ЕНиР Е6-1	1,9	90,0	0,4 чел.-ч/м^2 проекции на стену
ДБН Д.2.2-8-99	3,2	154,0	0,68 чел.-ч/м^2 проекции на стену
Неинвентарные строительные леса для выполнения работ в помещении			
ДБН Д.2.5-21-01	52	3739,7	3,7 чел.-ч/м^3 помещения
ЕНиР Е6-1	23,9	1144,1	1,1 чел.-ч/м^3 помещения
ДБН Д.2.2-8-99	–	–	–
Инвентарные строительные леса для выполнения работ в помещении			
ДБН Д.2.5-21-01	–	–	–
ЕНиР Е6-1	2,9	144,0	2,9 чел.-ч/м^2 проекции на гориз. поверхность
ДБН Д.2.2-8-99	3,6	173,8	3,4 чел.-ч/м^2 проекции на гориз. поверхность
Альтернативный вариант	2,8	130,0	2,6 чел.-ч/м^2 проекции на гориз. поверхность

Примечания:
1. Работы выполняются одной бригадой монтажников или плотников, состав которой предусмотрен нормативными документами.
2. Количество работников в бригаде равняется 4.
3. Работы выполняются в 2 смены, продолжительность 1 смены составляет 6 ч.

Наружные леса для выполнения работ по восстановлению центрального свода и главы предлагается выполнять навесными с деревянным настилом и металлическими несущими конструкциями. Их функциональное назначение – обеспечение безопасного передвижения людей в период производства работ.

Из таблицы следует, что в период ремонтно-восстановительных работ как внутри храмов, так и снаружи в качестве подмащивания целесообразно применять инвентарные строительные леса. Использование предложенного альтернативного варианта способствует сокращению продолжительности и уменьшению трудоемкости производства работ, а также количества задействованных ресурсов.

Выводы.

В результате выполненного исследования были разработаны рекомендации по проектированию организации производства работ в период восстановления православных храмов. Приведенные организационно-технологичные параметры для наиболее распространенных архитектурно-планировочных решений подобных зданий позволяют упростить процесс проектирования технологичных схем производства работ с обеспечением безопасных условий труда рабочих, оптимального количества задействованных ресурсов и более бережного отношения к памятнику архитектуры.

На основании изученного и проанализированного отечественного и зарубежного опыта были разработаны рекомендации и организационные решения по применению современных инвентарных строительных лесов в помещении.

Как показали выполненные исследования, комплексный подход к организационным работам по восстановлению православных храмов позволяет сократить сроки производства работ и снизить их трудоемкость.

[1] *Агеенко С.Б.* Исследование устойчивости модульных ле́сов с учетом расклинивания в узлах стыковки ригелей со стойками / С.Б. Агеенко // Науковий вісник будівництва. – 2015. – № 2. – С. 113–115.

[2] *Арсланбекова Ф.Ф.* Анализ опасностей и оценка профессионального риска при каменных работах в строительстве / Ф.Ф. Арсланбекова, М.А. Калитина, А.В. Казьмина // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 2. – С. 85–93.

[3] *Гаевой А.Ф.* Из опыта реконструкции промышленных объектов / А.Ф. Гаевой, В.Д. Жван, Н.М. Котляр // Промышленное строительство. – 1990. – № 1. – С. 29–31.

[4] *Гончаренко Д.Ф.* Методы формирования инженерной подготовки реконструкции промышленных предприятий: дис. доктора техн. наук: 05.23.08 / Д.Ф. Гончаренко. – М., 1992. – 486 с.

[5] ДБН Д.2.2-8-99 Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 8. Конструкции из кирпича и блоков. – К.: Госстрой Украины. – 2000.

[6] ДБН Д.2.5-21-2001 Ресурсні елементні кошторисні норми на реставраційно-відновлювальні роботи. Збірник 21. Різні роботи. – К.: Держбуд України. – 2001.

[7] ЕНиР Е6-1 Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е6. Плотничные и столярные работы в зданиях и сооружениях. – Госстрой СССР. – М. Стройиздат. – 1998.

[8] *Зазыгин А.А.* Обоснование использования строительных лесов Layher для нефтегазовой и химической промышленности при нанесении различных видов покрытий. (ООО «Лайер», Wilhelm LAYHER GmbH & Co. KG) / А.А. Зазыгин // Сборник докладов и каталог участников пятой международной конференции «Металлургия-интехэко-2012» (27–28 марта 2012 г.), – М.: ГК «Измайлово». – 2012. – С. 149–150.

[9] *Козырицкий П.А.* Анализ травматизма и несчастных случаев при производстве работ на высоте / П. А. Козырицкий // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010. – № 2 (27). – С. 170–178.

[10] Основные технологические принципы реставрации памятников каменного зодчества: Метод. пособие / Проект. ин-т по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация»; [Гельфельд Л.С.]. – М.: Ин-т «Спецпроектреставрация» ОНТИ, 1994. – 82, [1] с. : ил.; 20 см.

[11] *Савйовский В.В.* Возведение и реконструкция сооружений / В.В. Савйовский. – К.: Лира-К, 2015. – 267 с.

[12] *Lykhohrai V.V.* The investigation of the factors which lead to the destruction of Orthodox Church buildings and their parts / V.V. Lykhohrai // Bulletin of Prydniprovs'ka state academy of Civil Engineering and Architecture. – 2017. – № 1 (226). – С. 100–107.

Надійшла 28.07.2017 р.

УДК 624.191.22

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЗАКРІПЛЕННЯ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК У СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Розглянуті найбільш ефективні та актуальні методи закріплення приконтурного масиву, які відповідають сучасному розвитку тунелебудування, вимогам «високих технологій», а саме: метод випереджувального кріплення «екран із труб» («Umbrella»), закріплення приконтурного масиву із забою гірничої виробки з використанням скловолокнистої арматури (метод Analysis of Controlled Deformations in Rocks and Soils «метод A.DE.CO.-RS.»), піддатливе кріплення в поєднанні з анкерами «Titan», струменева цементація «Jet Grouting». Виконаний аналіз досвіду застосування та використання цих технологій закріплення гірських порід, які забезпечують задану ефективність технічних рішень у конкретних інженерно-геологічних умовах.

The most effective and current methods of securing circuit array that meet at the present stage of development of the tunnelling requirements of «high technology», namely: the method of advancing the attachment «Umbrella», securing the circuit array of the bottom of excavation with the use of glass fiber reinforcement (Analysis of Controlled Deformations in Rocks and Soils method, «A. DE.CO.-RS method»), combination with the anchors «Titan», cementation «Jet Grouting». Was the analysis of the experience of application and areas of use of these technologies, the consolidation of the rocks, which provide a predetermined effectiveness of the technical solutions in specific geological conditions.

Ключові слова: цементація, підземна виробка, випереджувальне кріплення, новітні технології, приконтурний масив, анкерне кріплення.



Н.В. Зуєвська
професор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор



С.М. Стовпник
доцент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», к.т.н.



О.С. Осипов
інженер проектного інституту «Укрспецтунельпроект», аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інтенсивне освоєння підземного простору міст і мегаполісів, розвиток транспортної інфраструктури потребує будівництва тунелів, нових станцій метрополітену. За цих умов особливої актуальності набуває питання забезпечення стійкості гірничих виробок великого перерізу в умовах щільної міської забудови з розгалуженою мережею підземних інженерних комунікацій. При проектуванні підземних споруд у складних інженерно-геологічних умовах часто застосовуються методи армування (закріплення) приконтурного масиву. Очевидною перевагою закріплення є його екологічна безпека, технологічність, довговічність, економічна привабливість. Геологічні умови характеризуються неоднорідністю, що обумовлює необхідність використання різних технологічних рішень для закріплення геомасиву.

Метою роботи є огляд сучасних методів та технологій закріплення приконтурного масиву та аналіз їх використання в конкретних інженерно-геологічних умовах.

Наразі найбільш ефективними методами закріплення приконтурного масиву є такі, як метод укріплювальної цементації масивів розчинами, що нагнітаються під високим тиском; застосування набризкбетону по контуру оголення, піддатливе набризкбетонне кріплення з використанням анкерів будь-якої конструкції; випереджувальне кріплення «екран із труб»; закріплення приконтурного масиву із забою гірничої виробки з використанням скловолокнистої арматури; струменева цементація «Jet Grouting».

Метод укріплювальної цементації масивів розчинами, що нагнітаються під високим тиском, полягає в омонолічуванні і зміцненні ін'єкційними розчинами тріщинуватих гірських порід, що залягають навколо виробки. Укріплювальна цементація підвищує міцність і деформаційні властивості гірського масиву в приконтурній зоні, а також зменшує ступінь анізотропності порід і прояви непружних деформацій.

Укріплювальна цементація виконується в три черги:

- свердловини 1-ї черги буряться в непарних розрізах уздовж виробки по периметру з необхідними кроком та глибиною;
- свердловини 2-ї черги буряться в парних розрізах уздовж виробки у шахматному порядку по відношенню до свердловин 1-ї черги;
- свердловини 3-ї черги буряться у шахматному порядку між свердловинами 1-ї та 2-ї черги в кожному розрізі.

Свердловини 1-ї черги цементуються в залежності від інженерно-геологічних умов під тиском приблизно 15 кг/см^2, 2-ї черги – 20 кг/см^2, 3-ї – 40 кг/см^2.

Цементація починається при водоцементному співвідношенні, показник якого дорівнює 10, з поступовим зниженням цього показника до 0,6. Деформативні властивості закріпленого масиву перевіряються геофізичними методами (ультразвуковим профілюванням) по розрізах через кожні 70–150 м по довжині виробки. Цементація дозволяє в середньому на 30–40 % збільшити модуль деформації та в 1,3–1,4 раза зменшити анізотропію порід по периметру виробки.

Цей метод добре зарекомендував себе в тріщинуватих або неоднорідних (шаруватих, блочних) скельних породах середньої міцності та міцних.

При застосуванні **набризкбетону по контуру оголення** головним є забезпечення міцного контакту бетону, що швидко зчіплюється з поверхнею породи в процесі кольматації частинок дрібнозернистої суспензії в тріщини приконтурного масиву [2].

Покриття із набризкбетону застосовують для кріплення гірничих виробок та для запобігання окремих вивалів та вивітрювання порід. Використання набризкбетону відкриває великі можливості для удосконалення будівництва підземних виробок різного призначення. При цьому обладнання для набризкбетонних робіт є одним із важливих чинників успіху. Збалансоване використання кваліфіковано підібраного складу бетонної суміші, високоякісних добавок, а також відповідного обладнання дає змогу створити масив ґрунту з високими характеристиками міцності та деформативності. Сучасні роботизовані установки з маніпуляторами контролюють та корегують (за необхідності) усі параметри процесу набризкбетонування та надають усю необхідну інформацію про склад нанесеного матеріалу, об'єм бетону, кількість цементу та добавок у конкретний період роботи, а також такий важливий параметр, як товщина шару набризкбетону, яку завжди необхідно контролювати.

Метод набризку достатньо широко застосовується (від тріщинуватих напівскельних до скельних порід) завдяки механізації та автоматизації процесу нанесення набризкбетону [2].

Аналіз світового досвіду будівництва тунелів гірничим способом у складних інженерно-геологічних умовах (сильнотріщинуваті гірські породи) свідчить про перевагу новоавстрійського способу «New Austrian Tunneling Method – NATM» (метод поєднання піддатливого набризкбетонного кріплення з анкерами будь-якої конструкції) у порівнянні з класичними методами будівництва гірничих виробок. NATM відповідає сучасному етапу розвитку тунелебудування, вимогам високих технологій [1]. Його новація полягає в переході на поточну схему організації робіт та застосуванні контурного піддатливого кріплення з набризкбетону в комбінації з анкерами або арками, що встановлюються з різним кроком. Тунельні роботи організуються за поточним методом з циклічним їх виконанням. Будівельний процес проходки тунелю розділяється за видами робіт. Принцип організації поточного методу полягає в тому, що просування фронту робіт кожної робочої зони услід за забоєм ведеться з постійною швидкістю. В цьому випадку всі роботи щодо проходки тунелю – це єдиний будівельний потік, який забезпечує будівництво тунелю зі швидкістю просування забою. Максимально можлива швидкість просування фронту робіт у кожній робочій зоні може бути різною згідно з технологічними можливостями.

Головною перевагою набризкбетонного кріплення в поєднанні з анкерами та арками є його висока несуча здатність. Техніко-економічний аналіз показав, що закріплена виробка обходиться в два рази дешевше звичайної монолітнобетонної за класичною технологією, при цьому трудомісткість робіт скорочується також у два рази.

Характерним прикладом використання сучасних технологій для кріплення гірничих виробок великого перерізу можна вважати будівництво двоколійного Бескидського залізничного тунелю. Ведення гірничопрохідницьких робіт у складних інженерно-геологічних умовах флішової товщі новоавстрійським способом NATM дозволило забезпечити безпеку і стійкість гірничої виробки прогоном 12 м.

Результати проведених досліджень міцності набризкбетонного кріплення неруйнівним методом у підземних умовах показали відповідність проектному класу бетону за міцністю В25.

Технологія проходки виробок «екран із труб» (Umbrella) заснована на використанні принципу випереджувального кріплення. До початку проходки по контуру майбутньої виробки створюють захисне кріплення (екран, «umbrella»), під прикриттям якого здійснюється розкриття виробки (розробка ґрунту) та зведення несучої конструкції. Використання випереджувальних захисних екранів дозволяє уникнути вивалів та обрушення породи всередину виробки в процесі проходки, стабілізувати прилеглий до виробки гірничий масив, значно знизити його деформативність та руйнування [3].

Захисний екран складається з металевих труб та підтримувальних елементів (металевої арки). Параметри елементів захисного екрана (діаметр та крок труб, товщина стінок труб, номер профілю та крок арок) визначаються розрахунком.

Зазначену технологію доцільно застосовувати для проходки [1]:

- тунелів у нестійких, слабостійких породах, а також у сильнотріщинуватих масивах середньої стійкості;
- зон тектонічних розломів та скидів;
- портальних ділянок тунелів, коли схили складені сильнотріщинуватими або зсувонебезпечними ділянками;
- тунелів під залізничними коліями, автомагістралями, інженерними спорудами тощо.

Метод закріплення приконтурного масиву із забою гірничої виробки з використанням скловолокнистої арматури (метод Analysis of Controlled Deformations in Rocks and Soils «метод A.DE.CO.-RS.») полягає в використанні спеціальних скловолокнистих елементів, якими армують геомасив (рис. 1, 2).

Ці скловолокнисті елементи армують прилеглий до виробки гірничий масив, закріплюючи слабкі породи, в яких виконується проходка (випереджувальне закріплення лоба забою та/або шелиги склепіння). Головною метою цих робіт є зменшення деформацій прилеглого гірничого масиву [6].

Даний метод ефективний при проходці виробок у зв'язних та напівзв'язних ґрунтах, а також у ґрунтах з низькою міцністю (з коефіцієнтом $f = 0{,}8 - 3{,}0$ за шкалою Протодяконова), за

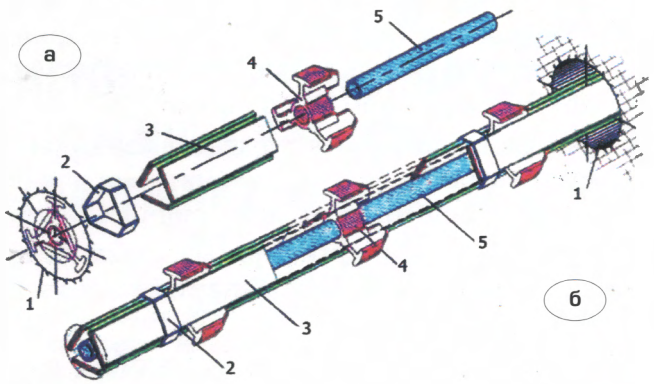


Рис. 1. Конструкція скловолокнистої арматури:
а – в розібраному вигляді; **б** – зібраної;
1 – бурова свердловина, діаметром більше 100 мм; **2** – сталева стрічка; **3** – три скловолокнисті пластини з покращеним зчепленням 40х6 мм; **4** – пластикова прокладка; **5** – ПВХ труба

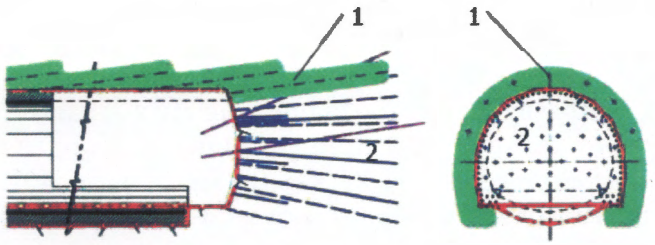


Рис. 2 Принцип методу «A.DE.CO.-RS»:
1– арка «випереджувального кріплення» зі скловолокнистих елементів з цементацією; **2** – укріплення лоба забою скловолокнистими анкерами

умови забезпечення максимально швидкого введення скловолокнистого армуючого елемента в свердловину, що пробурена.

Таким чином, скловолокно в конструкції виконує функцію армованого каркаса в цементному розчині. Застосування даного методу має ряд переваг, а саме [6]:

- можливість ведення робіт із проходки виробки з її розкриттям на повний профіль, що дозволяє виключити з технологічного циклу цілий виробничий етап;
- при розкритті виробки на повний профіль можливо споруджувати тимчасове кріплення в повному обсязі безпосередньо після транспортування розробленої породи. При цьому конструкція тимчасового кріплення взаємодіє з прилеглим геомасивом та сприймає гірський тиск, що сприяє зниженню деформації земної поверхні.

Технологія встановлення анкерів «Titan», SDA полягає в поєднанні операцій буріння та цементації. При цьому виключаються два трудомістких процеси: введення несучого елемента в свердловину та протягування обсадної труби.

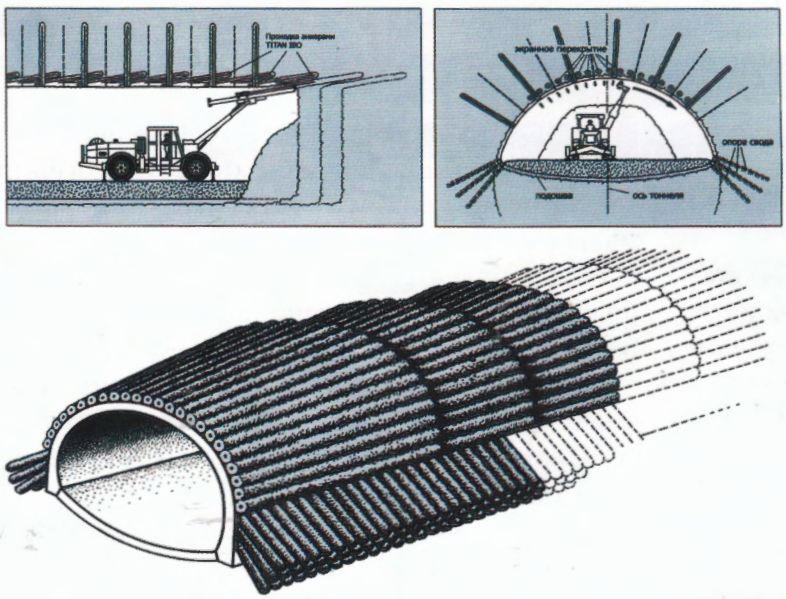


Рис. 3. Влаштування екранного перекриття верхнього склепіння тунелю за допомогою анкерів «Titan», SDA

Анкери «Titan», SDA, які самозабурюються, є універсальною анкерною системою для широкого спектра порід. Бурова штанга разом із цементним розчином оперативно формує в приконтурному масиві виробки армовано-породне закріплене склепіння, що дає змогу вести проходку виробки в слабостійких породах [4].

Ці анкери мають значну міцність на розрив порівняно з іншими анкерами подібної конструкції, тому доцільно використовувати їх при проходці тунелів у ґрунтах флішового складання як випереджувальне кріплення (рис. 3).

Вперше в Україні закріплення приконтурного масиву анкерами SDA, що самозабурюються, було виконано при проходці Бескидського тунелю.

Маркшейдерська служба підрядника робіт засвідчила надійну роботу анкерного кріплення. В короткі проміжки часу воно включається в роботу з масивом порід і забезпечує стійкість виробки великого прогону при проходці буровибуховим способом. Анкери встановлюються безпосередньо у вибої виробки без відставання кріплення, що сприяє високій швидкості та забезпечує безпеку робіт. При контрольному висмикуванні несуча здатність анкерів становила 120–140 кН.

Спостереженнями за встановленими реперами у верхньому склепінні та стінах закріпленої виробки були виявлені деформації тимчасового кріплення, які не перевищують розрахункових значень.

Технологія заміщення слабких порід свердловинним методом (струменева цементація Jet Grouting) полягає в руйнуванні і перемішуванні ґрунту струменем цементного розчину, що подається під високим тиском, в режимі «mix-in-place» (перемішування на місці). В результаті в приконтурній зоні формується новий матеріал – ґрунтобетон з високою несучою здатністю та характеристиками підвищеної міцності [5].

Міцність ґрунтобетону залежить, в першу чергу, від двох чинників, а саме: будівельних властивостей масиву ґрунту та кількості цементу на одиницю об'єму ґрунту, що укріплюється.

Розташування свердловин приймається відповідно до умов забезпечення суцільності ґрунтового масиву, який потрібно закріпити. Якість закріплення ґрунтів оцінюється випробуванням зразків геомасиву. В таблиці приведені натурні випробування закріплення та практичний досвід отримання характеристик цементомасиву в різноманітних типах ґрунтів, в яких застосовувались технології «Jet Grouting».

Характеристики утвореного грунтоцементу

Найменування	Міцність грунтоцементу на стиск σ_c, МПа	Модуль деформації E, МПа
Суглинок	4,5	225
Супісок	6,0	600
Пісок	20,0	7000

Палі з ґрунтобетону влаштовують у два етапи шляхом виконання прямого та зворотного ходу бурової колони. В процесі прямого ходу виконується буріння свердловини, в процесі зворотного – підіймання бурової колони з одночасним її обертанням.

Технологія «Jet-Grouting» має широкий спектр напрямків застосування та великі перспективи в закріпленні приконтурного масиву. Вона набуває все більшого розповсюдження в підземному будівництві.

З допомогою малогабаритного обладнання для буріння закріплення геомасиву можливо виконувати в стиснених умовах за короткий проміжок часу, при цьому деформаційні та міцнісні характеристики утвореного цементомасиву вражають своїми значеннями.

Технологія «Jet Grouting» дозволяє реалізувати технологічні задачі підземного будівництва в складних інженерно-геологічних умовах в поєднанні з різноманітними типами конструкцій та в комбінації з загальноприйнятими технологіями.

Висновки.

Сучасний підхід до вирішення стійкості виробки ґрунтується на максимальному використанні несучої здатності прилеглого масиву шляхом активного його включення в роботу (взаємодії системи «кріплення – геомасив»). Одним із дієвих шляхів підвищення несучої здатності масиву є зміцнення зв'язків по контактах структурних блоків.

Проаналізувавши різноманітні технології, можна дійти висновку, що кожна технологія має оптимальну область використання з урахуванням геотехнічних умов:

- метод укріплювальної цементації ефективний в тріщинуватих чи неоднорідних (шаруватих, блочних) скельних породах середньої міцності і міцних;
- застосування набризкбетону по контуру оголення – від тріщинуватих напівскельних до скельних порід;
- випереджувальне кріплення «екран із труб» («Umbrella») – в нестійких, слабостійких породах та в зонах тектонічних розломів та скидів;
- закріплення масиву із забою гірничої виробки з використанням скловолокнистої арматури (метод A.DE.CO.-RS.) – у зв'язних та полузв'язних ґрунтах, а також у ґрунтах із низькою міцністю.

Тому, найкращим технічним рішенням може бути комбінація окремих технологічних елементів та прийомів, які дозволяють максимально реалізовувати переваги різних технологій закріплення приконтурного масиву порід і забезпечити гарантоване досягнення проектних параметрів.

Прикладом практичного застосування комбінацій окремих технологічних методів є:

- проходка Бескидського тунелю в зонах сильної тріщинуватості і тектонічних порушень під захистом випереджувального кріплення «екрана з труб» («Umbrella») з закріпленням масиву з забою виробки скловолокнистою арматурою;
- проходка сполучного ходу (збійки) між перегінними тунелями метрополітену в м. Москві з попереднім укріпленням дисперсних ґрунтів під підошвою майбутньої споруди з використанням методу струменевої цементації «Jet Grouting», а також з виконанням випереджувального кріплення «екрана з труб» («Umbrella»);
- кріплення тунелю в м. Сочі в процесі його проходки в тріщинуватому масиві ($f = 1–2$) в поєднанні з методом струменевої цементації «Jet Grouting», а також с виконанням випереджувального кріплення «екрана з труб» («Umbrella»).

[1] *Меркин В.Е, Чеботаев В.В., Гиренко И.В.* / Временные технические условия по проектированию и строительству перегонного тоннеля НАТМ // М.: НИЦ ТМ ОАО ЦНИИС, 1998 – 9 с.

[2] *Голицынский Д.М., Маренный Я.И.*/Набрызгбетон в транспортном строительстве // М.: Транспорт, 1993 – 152 с.

[3] *Wittke W.* /New Austrian Tunneling Method (NATM) – Stability Analysis and Desing / Wittke W., Pierau B., Erichsen C. – Aachen (Germany): 2002 – 424 с.

[4] Atlas Copco Rock Reinforcement Products. Каталог продукции, 2014 г.

[5] *Маковский Л.В., Меркин В.Е.* /Струйная цементация грунтов при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов// М.: ТИМР, 1994 – 420 с.

[6] *Pietro Lunardi* / «Design and construction of tunnels» Analysis of controlled deformation in rocks and siols (ADECO-RS) // Springer 2008 – 530 с.

Надійшла 16.06.2017 р.

УДК 727.1-4

ФОРМУВАННЯ МЕТОДУ ПОСЛІДОВНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЛАНЦЮГОВИХ ПРОПОРЦІЙНИХ СТРУКТУР В АРХІТЕКТУРІ

Розглянуто питання формування нових підходів до проблеми пропорціонування в сучасній архітектурі. Запропоновано досить оригінальний метод пропорціонування на основі виявлення системи послідовних співвідношень між різними елементами комплексної розгортки вулиці або цілісного архітектурного ансамблю. Введені нові терміни та поняття.

The article is about the formation of new approaches to the problem of proportioning in modern architecture. It is offered a rather original method of proportioning on the basis of the system identification of series relationships between various elements of complex developed view of streets or cohesive architectural ensemble. The paper introduces new terms and concepts.

Ключові слова: пропорції, логарифмічні пропорції, ступеневі пропорції, пропорційні системи, модульна сітка, гармонізація забудови.

Закінчення. Початок див. ПБІС № 1, 2 – 2017.



С.В. Сьомка
доцент Київського національного університету будівництва і архітектури,
канд. архіт.

Логарифмічна пропорція може стосуватись будь-яких ступеневих співвідношень як простих виду:

$$\frac{y_5^{\frac{1}{k_6}}}{x_6^{\frac{1}{r_5}}} = \frac{y_6^{k_6}}{x_6^{r_6}},$$ так і складних.

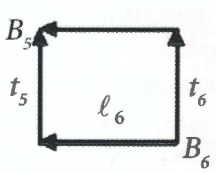
Складні ступеневі пропорції (ССП) – певні співвідношення на основі геометричних пропорцій, показниками яких є перевернуті значення цих же основних пропорцій. Як і в геометричній пропорцій, їх суть полягає в рівності двох відношень чотирьох величин, але кожна з них у такій ступені, що дорівнює величині, обернутій значенню основи.

$$\frac{B_6^{\frac{1}{B_6}}}{B_5^{\frac{1}{B_5}}} = L_6; \quad \frac{B_6^{\frac{1}{B_6}}}{\textcircled{B}_6^{\frac{1}{\textcircled{B}_6}}} = T_6; \quad l_6^{B_6} = \textcircled{B}_5; \quad t_6^{B_6} = \textcircled{B}_6;$$

$$\downarrow l_6^{B_5} = B_5; \quad \downarrow t_6^{B_5} = B_6; \quad \frac{\downarrow t_5}{\downarrow \textcircled{\ell}_6} = \frac{t_6}{\ell_6}; \quad \frac{\downarrow t_6}{\downarrow \ell_6} = \frac{t_5}{\textcircled{\ell}_6}.$$

Такі співвідношення допомагають визначити загальні закономірності існуючого архітектурного середовища і застосувати їх при створенні нових елементів сумарної композиції. Складні ступеневі пропорції теж можуть бути в ступені:

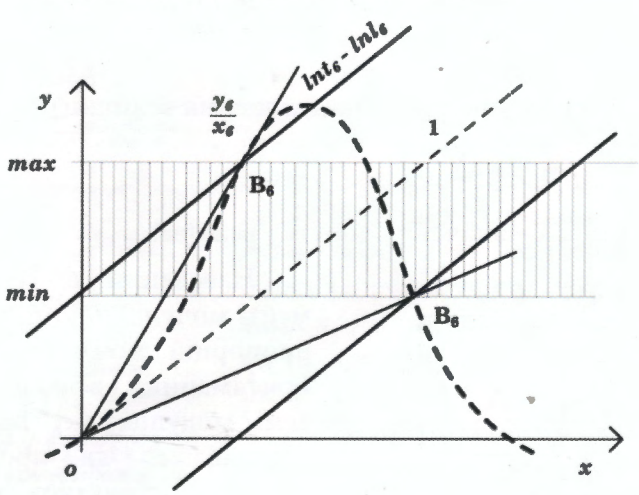
$$\frac{\downarrow t_5^{\frac{1}{k_6}}}{\downarrow \textcircled{\ell}_6^{\frac{1}{r_5}}} = \frac{t_6^{k_6}}{\ell_6^{r_6}}.$$



Ступеневі пропорції (СП) і складні ступеневі пропорції (ССП) можуть бути прологарифмовані, наприклад, попередня формула матиме вид:

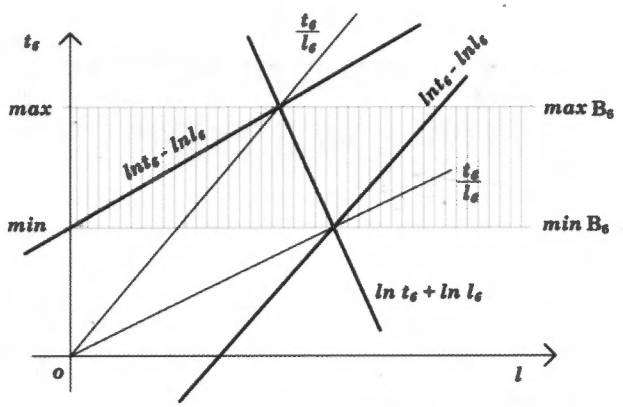
$$\frac{\ln \downarrow t_5}{k_6} - \frac{\ln \downarrow \textcircled{\ell}_6}{r_5} = k_6 \ln t_6 - r_6 \ln \ell_6;$$

Перетин графіків цих двох прямих на системі ординат дасть координати відповідних допустимих (рекомендованих) параметрів висоти (площі або об'єму), які ми і намагались визначити за допомогою існуючих пропорцій.



Графік звичайних геометричних співвідношень

© Сьомка С.В.



Графік складних ступеневих пропорцій у визначенні оптимальних параметрів (min, max) співвідношень, що характеризують новобудову

Складні ступеневі пропорції можуть бути дещо видозмінені за рахунок заміни місцями ступенів, які є такими, що дорівнюють перевернутому значенню існуючої величини $\left(B \to \frac{1}{(B)_6}\right)$.

Наприклад:

$$\frac{B_6^{\frac{1}{B_6}}}{\frac{1}{(B)_6^{(B)_6}}} = T_6,$$

T_6 – мале – значення співвідношення (ділення) ступеневої функції;

$$B_6^{\frac{1}{B_6}} \cdot (B)_6^{\frac{1}{(B)_6}} = T_6,$$

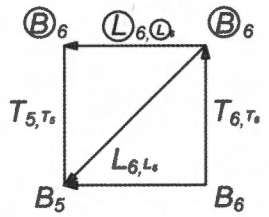
T_6 – велике – значення добутку ступеневої функції;

$$\frac{B_6^{\frac{1}{B_5}}}{B_5^{\frac{1}{B_6}}} = \frac{\downarrow l_6}{l_6}$$

(мала – значення співвідношення величин);

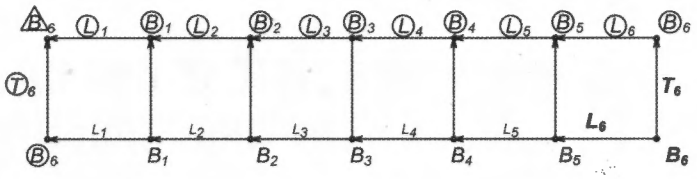
$$B_6^{\frac{1}{B_5}} \cdot B_5^{\frac{1}{B_6}} = l_6 \cdot \downarrow l_6$$

(велика – значення добутку величин).



сегмент-модуль

Наведений в сегменті-модулі принцип пропорцій може бути притаманний і всій системі модулів, яку ми розглядаємо як пропорційну структуру в цілому. Наприклад:



Для такої схеми співвідношень справедливим буде рівняння $L_1L_2L_3L_4L_5L_6 = L_6$ малі

$$\frac{(L)_1(L)_2(L)_3(L)_4(L)_5(L)_6}{(T)_6} = 1 = \frac{L_1L_2L_3L_4L_5L_6}{T_6}.$$

Ступеневі пропорції (звичайні і складні) відіграють дуже важливу роль у досягненні кінцевої мети, а саме: дослідження пропорційних закономірностей існуючих композицій антропогенних і урбанізованих середовищ із подальшим застосуванням цих закономірностей існуючої пропорційної структури при створенні нових елементів (об'єктів) архітектурної композиції в її складі.

Всі ступеневі пропорції (особливо геометричні) можуть також бути прологарифмовані (натуральний логарифм – ln), що дасть нам додаткові графіки (формули), які окреслять межі допустимих параметрів (max, min) майбутньої новобудови в нюансному співвідношенні до оточення.

Необхідно наголосити, що ми від початку не ставимо за мету визначення будь-якої величини (висоти, площі, об'єму з точністю до сантиметрів), а її відношення з точки зору законів пропорціонування. Тим більше, що не можливо розрахувати «з нуля» – «в чистому полі», де ще не склалося урбанізоване архітектурне середовище будь-які співвідношення і їх закономірності. Тому дана методика прийнята тільки для існуючого архітектурного середовища.

Саме існуюче архітектурне середовище (урбанізований ландшафт) надає нам своєрідну пропорційну інформацію у вигляді вихідних величин і співвідношень між ними, які і утворюють індивідуальну пропорційну структуру архітектурної композиції, що розглядається.

Існуюча пропорційна структура забудови може дати відповідь на запитання – в яких межах (max, min) можуть знаходитись допустимі або нюансні рекомендовані параметри висоти (на фасаді) або площі приміщення (на плані), щоб вони «не руйнували» уже сформованої композиційної гармонії.

Поняття композиційної гармонії необхідне в даному випадку як вдалий набір елементів цієї цілісної композиції (за формою, структурою і співвідношеннями між ними), які визнані найкращими. Критеріїв оцінки композиційної гармонії може бути багато, але серед них немає числових, які б по «балах» оцінювали – красива ця річ чи погана.

Але будь-яке матеріальне середовище, частиною якого і є архітектурна композиція, може характеризувати принципи композиційної гармонії, виражені в конкретних величинах і їх співвідношеннях. Щоб не зруйнувати внутрішню гармонію такого існуючого середовища, при новому будівництві необхідно чітко знайти закономірності, пропорційну і цілісну структуру цієї системи, щоб органічно включити в неї нові елементи.

Поняття органічної архітектури, яке так часто згадується в літературі, включає в себе не тільки естетичну складову гармонійності об'єкта з оточуючим середовищем, але й деякі компоненти композиційної оцінки знакового об'єкта (за формою, величиною, фактурою, кольором, співвідношеннями, співрозмірними з іншими елементами середовища, гармонійною внутрішньою пропорційною структурою деталей і самого об'єкта тощо).

Будь-яка *органічна архітектура*, яку ще можна назвати гармонійною відносно оточуючого середовища, ділиться на два основні види:

- органічна архітектура відносно нерукотворного ландшафту (природного оточення);
- органічна архітектура відносно існуючого антропогенного середовища.

Таким чином, можна дійти висновку, що пропорційна складова є досить важливим компонентом при формуванні пропорційної системи нової архітектурної композиції або для врахування пропорційних закономірностей існуючої вже композиції з метою доповнення її будь-яким новим елементом. В архітектурі це трапляється дуже часто, бо саме в існуючій забудові міст, в історичній зоні, в зоні сформованої висотної забудови виникає гостра потреба в новому будівництві, надбудові, добудові, реконструкції тощо.

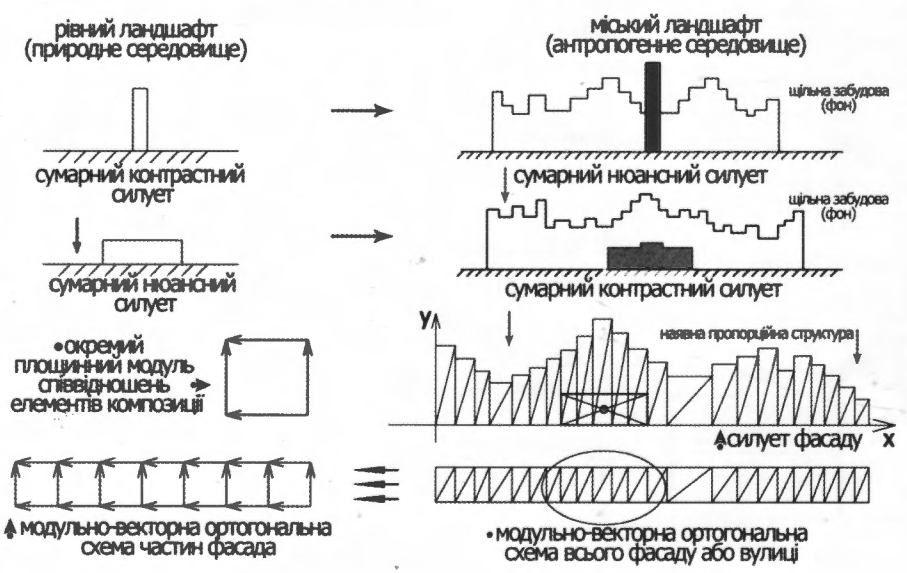
Дослідження закономірностей структурної побудови того чи іншого елемента в архітектурі (деталі інтер'єра, фасаду, плану, висот, розгорток і об'єктів) з метою їх подальшого використання в формоутворенні і є змістом дослідження різноманітних пропорцій в архітектурній композиції.

Усі перераховані пропорції (арифметична, геометрична, ступенева, логарифмічна, складна ступенева) обов'язково мають своє математичне графічне і композиційне вирішення. В зодчестві будь-яка математична складова цілком підпорядкована гармонійному композиційному задуму і передає через пропорційний ряд його внутрішню структуру і зовнішню конфігурацію.

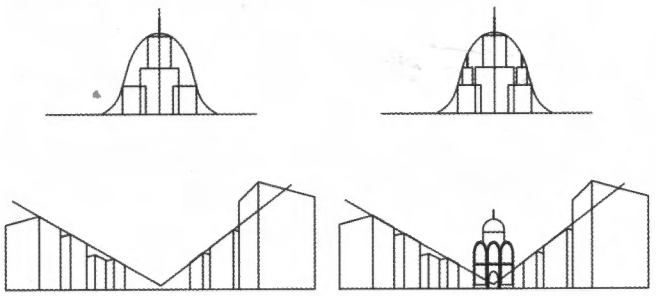
Наведені положення і висновки дозволяють говорити про існування в архітектурі ряду пропорційних закономірностей, подібних досліджуваним раніше в живій природі – «золотий переріз», ряд Фібоначчі тощо.

Процес оцінювання первинного середовища в архітектурній композиції, будь вона природна чи антропогенна, має свої особливості. Проаналізувавши їх, можна теоретично говорити про метод пропорційної (або попередньої) оцінки архітектурного середовища, який передбачає естетичне оцінювання існуючої композиції через числове вираження її внутрішньої пропорційної структури.

Крім того, відпрацювавши закономірності такої композиції на основі вивчення пропорційних співвідношень між її елементами, на засадах

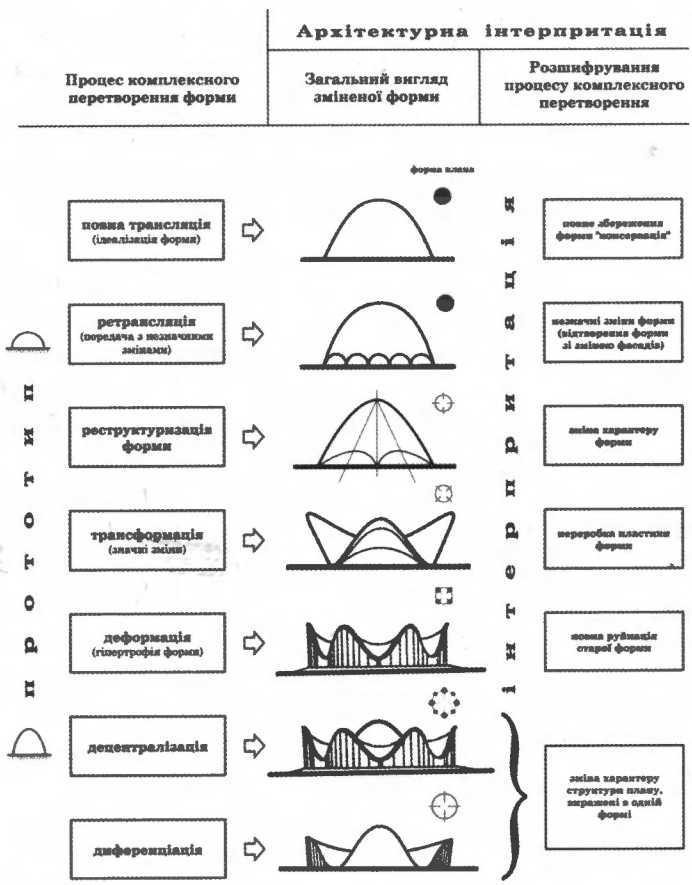


вивченого можна розширити номенклатуру елементів цієї композиції, додавши до неї нові складові. Наприклад:

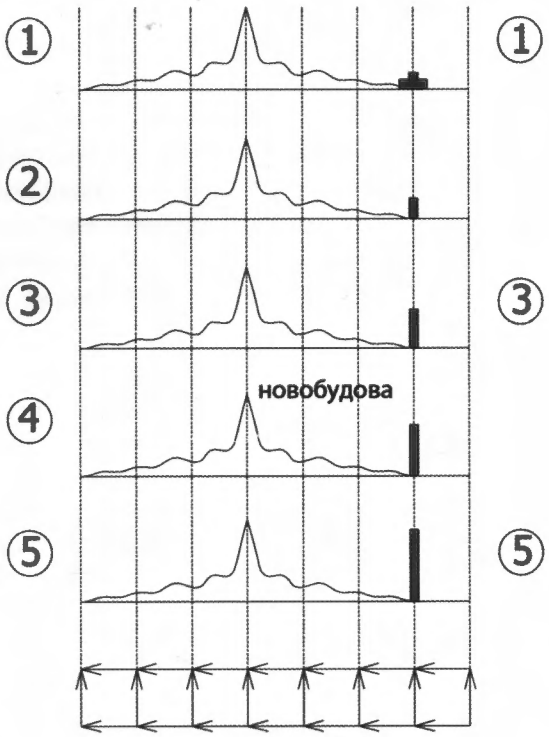


Такі нові елементи, з точки зору геометрії, повинні не руйнувати, а підтримувати існуючу систему, пропорційний стрій, ряд і структуру первинної архітектурної композиції (існуючого середовища).

Основні відомі засоби архітектурної композиції стосуються понять форми, фактури і кольору. Але саме термін «форма» має безпосереднє відношення до характеристики просторової структури архітектурної композиції. Одна і та ж форма може трансформуватись в нове просторове утворення декількома способами.



Форма безпосередньо пов'язана з її структурою точно так, як форма пов'язана з внутрішнім змістом і функцією. Мова структури прослідковується як у внутрішньому, так і в зовнішньому формоутворенні різних за масштабом композицій. Параметри одного елемента архітектурної композиції обумовлені пропорційною структурою всієї системи.



Необхідно відзначити деякі спільні характеристики і значення пропорцій і пропорційних систем в архітектурній композиції.

1. Повторюваність елементів в архітектурі, які подібні за формою і своєю структурою, розташовуються в послідовності і взаємозалежності, що піддається опису простими математичними формулами і графіками.

2. Сталість основних закономірностей, співвідношень і цифрових залежностей, які описують внутрішню структуру окремої архітектурної композиції і її загальний вигляд.

3. Можливість графоаналітичного вираження пропорційних співвідношень, які передають:

а) рівність різниці чотирьох величин між собою:

- арифметична пропорція – $m_6 - n_6 = \textcircled{n}_6 - m_5$;
- арифметично-логарифмічна пропорція – $\ln t_6 - \ln l_6 = \ln\downarrow t_5 - \ln\downarrow\textcircled{l}_6$;

б) рівність співвідношень чотирьох величин між собою:

- геометрична пропорція співвідношень $\frac{y_5}{\textcircled{k}_6}=\frac{y_6}{x_6}$;
- геометрична пропорція ступенів $\frac{r_5}{\textcircled{k}_6}=\frac{r_6}{k_6}$;
- геометрично-ступенева пропорція (співвідношень і їх ступенів) $\frac{y_5^{\frac{1}{\textcircled{k}_6}}}{\textcircled{x}_6^{\frac{1}{r_5}}}=\frac{y_6^{k_6}}{x_6^{r_6}}$;

в) рівність різниці чотирьох логарифмів різних величин між собою – логарифмічна (натуральний логарифм на основі попередніх геометричних пропорцій) $\ln y_5 - \ln\textcircled{x}_6 = \ln y_6 - \ln x_6$.

4. Пропорційна взаємозалежність всіх окремих елементів між собою і великих об'єктів системи в цілому на основі єдиної пропорційної структури саме даної архітектурної композиції надає їй загальну цілісність і гармонійність.

5. Можливість поступового («ланцюгового») розрахунку пропорцій кожного послідовного нового будівництва на базі попередніх нюансних співвідношень існуючої пропорційної системи (перехід з модуля на модуль).

6. В ступеневих пропорціях між величинами B існує така закономірність: якщо співвідношення x_6 між шуканою величиною B_6 і попередньою відомою B_5 більше одиниці, то ступінь k_6, до якого треба підвести величину B_6, щоб отримати величину B_5, буде менше одиниці і, навпаки, – якщо x_6 менше одиниці, то k_6 – більше одиниці. Лінійний графік функції співвідношень (x і y), які дорівнюють одиниці (1), і є своєрідною віссю симетрії, від якої відкладаються основні графіки пропорцій і параметри пропорційних систем.

7. Всі розглянуті пропорції не є матеріальними, оскільки окреслюють уявні співвідношення між матеріальними об'єктами і величинами і мають математико-аналітичне і графоаналітичне вираження.

8. В арифметичних і логарифмічних пропорціях, які є результатом логарифмування або віднімання співвідношень геометричних і ступеневих пропорцій, діє принцип рівності (виражений рівнянням) різниць між чотирма величинами:

1) $m_6 - n_6 = \textcircled{n}_6 - m_5$;

2) $\ln y_5 - \ln x_6 = \ln y_6 - \ln\textcircled{x}_6$.

9. У будь-якій пропорційній системі можуть діяти одночасно арифметичні, геометричні, ступеневі, логарифмічні і складні ступеневі пропорції, які при комплексному виявленні (накладанні їх графіків) можуть чітко характеризувати закономірності комплексної пропорційної структури планів і фасадів даної архітектурної композиції.

10. Переважним чином, функціонально-планувальне, архітектурне і об'ємно-просторове вирішення більшості однотипних архітектурних будівель, ансамблів і комплексів взаємопов'язані при своєму формоутворенні спільною (або подібною) пропорційною структурою і пропорційною системою.

11. Усі розглянуті в розділі пропорції, як складові єдиної пропорційної системи, мають спільні характеристики, закономірності і подібні методики їх застосування в архітектурній композиції.

Крім перерахованих особливостей ПС, необхідно акцентувати увагу на тому факті, що співвідношення носять досить умовний характер і часто не відразу помітні. Однак співвідношення можуть існувати і в оточуючому неаптрологенному середовищі, і в макрокосмосі, і в мікрокосмосі і практично всі вони потребують дослідження і графоаналітичного аналізу, який би виявив їх структуру і особливості побудови. Це було б вкрай важливо, оскільки людство в своїх наукових дослідженнях досягло своєрідного апогею, коли в подальшому формотворенні конче необхідно виходити з формату копіювання структури і форм прототипів живої природи та переходити до формату саморегуляції і самовідтворення в елементах і системах штучного середовища. Таку можливість надають сучасні нанотехнології і надсучасні комп'ютерно-інформаційні ноу-хау. При цьому, ПС в живій природі і ПС штучного походження виявляють в своїх організаціях і принципах побудови досить багато спільних рис.

Всередині будь-якої пропорційної системи діють сталі взаємовідношення, які можна передати відповідними формулами. Ці взаємовідношення діють як у всій системі в цілому, так і в окремих її сегментах, модулях. Однак, якщо розглядати окремий сегмент модульної сітки (окремий модуль), то співвідношення його складових можна передати простою арифметичною або геометричною формулою

$$\frac{b_6}{a_6}=\frac{\textcircled{a}_6}{b_5};$$

$$\frac{y_5}{\textcircled{x}_6}=\frac{y_6}{x_6}=\frac{y_6^{k_6}}{x_6^{r_6}}=\frac{y_5^{\frac{1}{\textcircled{k}_6}}}{x_6^{\frac{1}{r_5}}}=\frac{\textcircled{a}_6^{\frac{1}{r_5}}}{b_5^{\frac{1}{\textcircled{k}_6}}}=\frac{b_5}{\textcircled{a}_6}=\frac{a_6}{b_6}=\frac{b_6^{k_6}}{a_6^{r_6}};$$

$$\frac{b_6^{\frac{1}{R_6}}}{a_6^{\frac{1}{K_6}}}=\frac{\textcircled{a}_6^{\frac{1}{\textcircled{k}_6}}}{b_5^{\frac{1}{r_5}}}.$$

А формульні співвідношення всієї обраної нами системи (з більшою кількістю елементів – елементарних модулів) будуть мати дещо видозмінену і розширену форму, наприклад:

$$b_1\cdot b_2\cdot b_3\cdot b_4\cdot b_5\cdot b_6\cdot y_1\cdot y_2\cdot y_3\cdot y_4\cdot y_5=$$
$$=a_1\cdot a_2\cdot a_3\cdot a_4\cdot a_5\cdot a_6;$$

$$m_1+m_2+m_3+m_4+m_5+m+c_1+c_2+c_3+c_4+c_5=$$
$$=n_1+n_2+n_3+n_4+n_5+n;$$

$$B_1^2B_2^2B_3^2B_4^2B_5^2=\frac{a_1a_2a_3a_4a_5a_6}{b_6};$$

$$\frac{\textcircled{b}_6}{\textcircled{a}_1\textcircled{a}_2\textcircled{a}_3\textcircled{a}_4\textcircled{a}_5\textcircled{a}_6}=\frac{1}{\textcircled{B}_1^2\textcircled{B}_2^2\textcircled{B}_3^2\textcircled{B}_4^2\textcircled{B}_5^2}.$$

В них будуть задіяні всі відомі елементи системи. Але звичні геометричні та арифметичні пропорції дещо видозмінюються з введенням в інструментарій пропорційного аналізу ступеневих пропорцій. Пошук співвідношення між величинами через ступінь створює необхідність і дає змогу ввести в дослідження натуральний логарифм. Його застосування в аналізі співвідношень виправдане змістом ступеню. Ступінь-співвідношення, до якого треба підняти одну величину, щоб отримати іншу, наприклад:

$$\downarrow t_6^{r_6}=\downarrow l_1^{k_1}\Rightarrow r_6\ln\downarrow t_6=k_1\ln\downarrow l_1.$$

Таким чином, наведений приклад ступеневого співвідношення між двома величинами можна передати за допомогою натурального логарифма.

Потрібні пропорційні взаємозалежності, виражені формулами, можуть діяти в будь-яких напрямках науки, де є наявні відповідні величини, в яких можна визначити їх величину, об'єм, площу, висоту, кількість і відповідно порівняти між собою через їх співвідношення. Але одиниця (величина) виміру повинна бути одна для всіх. Виходячи з вище наведених умовних позначень, можна навести приклади математичних виражень, співвідношень в середині окремого модуля, де є одна невідома величина, а відповідно і декілька невідомих співвідношень цієї величини у порівнянні з попередніми відомими нам величинами. Наприклад:

$$x_6=\frac{n_6}{B_5}-1;\qquad \begin{matrix}a_6=n_6B_5-B_5^2;\\ b_6=m_6\textcircled{B}_6-\textcircled{B}_6^2;\end{matrix}\qquad n_6=\frac{a_6+B_5^2}{B_5};$$

$$y_6=\frac{m_6}{\textcircled{B}_6}-1;\qquad m_6=\frac{b_6+\textcircled{B}_6^2}{\textcircled{B}_6}.$$

Однак, пошук таких співвідношень і пропорційних залежностей найбільш виражений у пропорціонуванні, мистецтві, нарисній геометрії, архітектурній композиції, в аналізі фронтальних розгорток і перспектив у зодчестві. Оскільки саме в архітектурі з метою створення гармонійних композицій є гостра необхідність аналізу пропорційних закономірностей існуючого середовища. До опису таких характерних пропорцій можуть входити і формули одного сегмента

$$\frac{\textcircled{x}_6^{\ln r_5}}{y_5^{\ln\textcircled{k}_6}}=\frac{r_5^{\ln\textcircled{x}_6}}{\textcircled{k}_6^{\ln y_5}};\qquad \frac{y_6^{k_6}}{x_6^{r_6}}=\frac{y_6}{x_6}=\frac{y_5^{\frac{1}{\textcircled{k}_6}}}{\textcircled{x}_6^{\frac{1}{r_5}}};\qquad \frac{x_6^{\ln r_6}}{y_6^{\ln k_6}}=\frac{r_6^{\ln x_6}}{k_6^{\ln y_6}}$$

та формульне вираження співвідношень цілої системи модульних елементів (наприклад системи з шести елементів):

$$\frac{b_1^{k_1-1}b_2^{k_2-1}b_3^{k_3-1}b_4^{k_4-1}b_5^{k_5-1}b_6^{k_6}}{a_1^{r_1}a_2^{r_2}a_3^{r_3}a_4^{r_4}a_5^{r_5}a_6^{r_6}}=\frac{\textcircled{b}_6}{\textcircled{a}_1\textcircled{a}_2\textcircled{a}_3\textcircled{a}_4\textcircled{a}_5\textcircled{a}_6};$$

$$\frac{b_6^{k_6(1+k_5+k_4k_5+k_3k_4k_5+k_2k_3k_4k_5+k_1k_2k_3k_4k_5)}}{(a_1^1a_2^2a_3^3a_4^4a_5^5a_6^6)^{r_6}}=$$

$$=\frac{B_1B_2B_3B_4B_5}{B_1^{2r_6}B_2^{4r_6}B_3^{6r_6}B_4^{8r_6}B_5^{10r_6}};$$

$$\frac{y_6^{k_6(1+k_5+k_4k_5+k_3k_4k_5+k_2k_3k_4k_5+k_1k_2k_3k_4k_5)}}{(x_1^1x_2^2x_3^3x_4^4x_5^5x_6^6)^{r_6}}=$$

$$=\frac{B_1B_2B_3B_4B_5}{\textcircled{B}_6^5}=\frac{y_6^6}{x_1^1x_2^2x_3^3x_4^4x_5^5x_6^6};$$

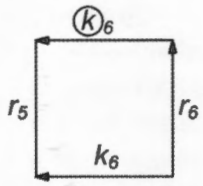
$$\frac{(\textcircled{y}_6y_6)^{k_6(1+k_5+k_4k_5+k_3k_4k_5+k_2k_3k_4k_5+k_1k_2k_3k_4k_5)}}{(x_1^1x_2^2x_3^3x_4^4x_5^5x_6^6)^{r_6r_6}}=$$

$$=\frac{\textcircled{y}_6\textcircled{y}_1\textcircled{y}_2\textcircled{y}_3\textcircled{y}_4\textcircled{y}_5\textcircled{y}_6y_1y_2y_3y_4y_5}{\textcircled{x}_1^1\textcircled{x}_2^2\textcircled{x}_3^3\textcircled{x}_4^4\textcircled{x}_5^5\textcircled{x}_6^6}.$$

Ступеневі і логарифмічні пропорції розширюють спектр формульного вираження харак-

терних співвідношень, які найкращим чином описували б нюансні пропорції даної композиції. Такі співвідношення можуть стосуватись як окремого модуля

$$\frac{\ln r_5\cdot(1-\textcircled{k}_6)r_5}{\ln\textcircled{k}_6\cdot(1-r_5)\textcircled{k}_6}=\frac{\ln k_6(r_6-1)}{\ln r_6(k_6-1)},$$



так і цілого набору сегментів модулів з їх взаємними відношеннями, вираженими добутком

$$a_1^{\ln x_1}\cdot a_2^{\ln x_2}\cdot a_3^{\ln x_3}\cdot a_4^{\ln x_4}\cdot a_5^{\ln x_5}\cdot a_6^{\ln x_6}=b_6^{\ln y_6}$$

або сумою логарифмів цих же величин

$$\ln a_1\cdot\ln x_1+\ln a_2\cdot\ln x_2+\ln a_3\cdot\ln x_3+\ln a_4\cdot\ln x_4+$$
$$+\ln a_5\cdot\ln x_5+\ln a_6\cdot\ln x_6=\ln b_6\cdot\ln y_6.$$

Наведемо деякі приклади необхідних відношень:

$$K_1^{\ln k_1}\cdot K_2^{\ln k_2}\cdot K_3^{\ln k_3}\cdot K_4^{\ln k_4}\cdot K_5^{\ln k_5}\cdot K_6^{\ln k_6}=R_6^{\ln r_6},$$

що витікає з $K_6^{\ln L_6}=k_6^{\frac{1}{1,5}};\quad R_6^{\ln T_6}\cong r_6^{\frac{1}{1,5}};$

$$(a_1b_1)^{\ln k_1r_1}\cdot(a_2b_2)^{\ln k_2r_2}\cdot(a_3b_3)^{\ln k_3r_3}\cdot(a_4b_4)^{\ln k_4r_4}\times$$
$$\times(a_5b_5)^{\ln k_5r_5}\cdot(a_6b_6)^{\ln k_6r_6}\cong(y_1y_2y_3y_4y_5y_6^2)^{-4}$$

(ця формула є досить відносною, оскільки поєднує в собі декілька невідомих відношень).

Далі справедливе рівняння

$$a_6^{\ln R_6\ln R_5\ln\textcircled{a}_6}=b_6^{\ln K_6\ln K_6\ln b_5}.$$

Наступна формула витікає з попередніх:

$$(K_1^{\ln L_1}\cdot K_2^{\ln L_2}\cdot K_3^{\ln L_3}\cdot K_4^{\ln L_4}\cdot K_5^{\ln L_5}\cdot K_6^{\ln L_6}=$$
$$=(k_1\cdot k_2\cdot k_3\cdot k_4\cdot k_5\cdot k_6)^{\frac{1}{1,5}}=r_6^{\frac{1}{1,5}}=R_6^{\ln T_6}.$$

Окрім вже наведених вище формул, що характеризують математичну складову відношень між довільними елементами абстрактної композиції, видається необхідним відзначити додатково деякі відношення, виявлені автором в даному дослідженні. Наприклад, з двох окремих формул

$$a_6^{\ln k_6}\cong x_6^{-2};\qquad b_6^{\ln r_6}\cong y_6^{-2}$$

ми, об'єднавши їх, отримаємо сумарне ступенево-логарифмічне відношення.

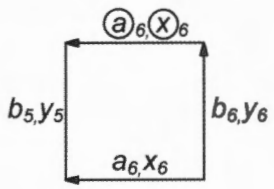
Комплексне вираження всієї модельно-векторної системи, що описується даною формулою, складається з довільних шести елементів (кількість елементів системи обрано довільно)

$$(a_1^{\ln k_1}\cdot a_2^{\ln k_2}\cdot a_3^{\ln k_3}\cdot a_4^{\ln k_4}\cdot a_5^{\ln k_5}\cdot a_6^{\ln k_6}\cong$$
$$=(x_1\cdot x_2\cdot x_3\cdot x_4\cdot x_5\cdot x_6)^{-2}\cong y_6^{-2}=b_6^{\ln r_6}=r_6^{\ln b_6}.$$

Вірними також є такі ступеневі та їх похідні – логарифмічні відношення всередині одного модуля:

$$\frac{b_6^{\ln y_6}}{a_6^{\ln x_6}}=\frac{b_5^{\ln y_5}}{\textcircled{a}_6^{\ln\textcircled{x}_6}};$$

$$\frac{b_6^{\ln r_6}}{a_6^{\ln k_6}}\cong\frac{b_5^{\ln r_5}}{\textcircled{a}_6^{\ln\textcircled{k}_6}}.$$

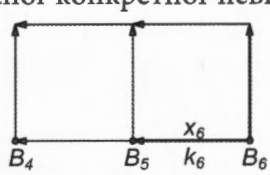


Разом їх можна поєднати в формулу

$$\frac{b_6^{\ln r_6y_6}}{a_6^{\ln k_6x_6}}=\frac{b_5^{\ln r_5y_5}}{\textcircled{a}_6^{\ln\textcircled{k}_6\textcircled{x}_6}},$$ що справедлива окремо для всіх модулів.

Виходячи з вихідних умовних позначень, описаних вище, дійсно є формула відношення і ступеню, що стосується даної конкретної невідомої величини

$$\frac{x_6}{k_6}=\frac{B_6\cdot\ln B_6}{B_5\cdot\ln B_5}.$$



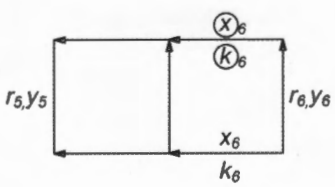
Із даного співвідношення можна скласти комплексну формулу всієї досліджуваної умовної композиції, наприклад:

$$\frac{y_1y_2y_3y_4y_5}{r_1r_2r_3r_4r_5}=$$
$$=\frac{B_1B_2B_3B_4B_5\cdot\ln B_1\ln B_2\ln B_3\ln B_4\ln B_5}{B_1B_2B_3B_4B_5\cdot\ln B_1\ln B_2\ln B_3\ln B_4\ln B_5};$$
$$\frac{\ln t_6}{\ln l_6}=\frac{r_5}{\textcircled{k}_6}=\frac{B_1B_2B_3B_4B_5\cdot\ln l_1\ln l_2\ln l_3\ln l_4\ln l_5}{\ln B_1\ln B_2\ln B_3\ln B_4\ln B_5}=$$
$$=\frac{r_5}{k_6}=\frac{\ln B_6\ln B_1\ln B_2\ln B_3\ln B_4}{\ln B_1\ln B_2\ln B_3\ln B_4\ln B_5}=\frac{\ln\textcircled{B}_6}{\ln B_5}.$$

Також, виходячи зі співвідношень всередині одного модуля:

$$A=\frac{\ln r_5\cdot\ln\textcircled{x}_6}{\ln\textcircled{k}_6\cdot\ln y_5}\cong\frac{\ln k_6\cdot\ln y_6}{\ln r_6\cdot\ln x_6}.$$

Буде справедливим наступне комплексне співвідношення всієї досліджуваної системи модулів-векторів, наприклад:



$$\frac{\ln\textcircled{k}_1\ln\textcircled{x}_2\ln\textcircled{k}_3\ln\textcircled{x}_4\ln\textcircled{k}_5\ln\textcircled{x}_6\ln\textcircled{y}_6}{\ln\textcircled{x}_1\ln\textcircled{k}_2\ln\textcircled{x}_3\ln\textcircled{k}_4\ln\textcircled{x}_5\ln\textcircled{k}_6\ln\textcircled{r}_6}=$$
$$=\frac{\ln x_1\ln k_2\ln x_3\ln k_4\ln x_5\ln y_6\ln k_6}{\ln k_1\ln x_2\ln k_3\ln x_4\ln k_5\ln x_6\ln r_6}.$$

Справедлива також рівність величин, наведених у рівнянні

$$\frac{\ln(K)_6 \cdot \ln b_5}{\ln R_5 \cdot \ln(a)_6} = \frac{\ln R_6 \cdot \ln a_6}{\ln K_6 \cdot \ln b_6}.$$

На початку роботи до складу умовних позначень було включено і позначення, якими умовно позначаються ступеневі функції.

Співвідношення величини, невідомої до оточуючих її елементів композиції, що знаходяться безпосередньо поруч, тобто елементів одного модуля:

$$l_6^{a_6} = B_5^{B_5}; \quad t_6^{b_6} = (B)_6^{(B)_6};$$

$$t_6^{y_6} = B_5^{\frac{1}{B_5}}; \quad t_6^{y_6} = (B)_6^{\frac{1}{(B)_6}}$$

та складових рівняння з застосуванням натурального логарифма

$$a_6 \cdot \ln l_6 = B_5 \ln B_5; \quad b_6 \cdot \ln t_6 = (B)_6 \ln (B)_6;$$

$$x_6 \cdot \ln l_6 = \frac{\ln B_5}{B_5}; \quad y_6 \cdot \ln t_6 = \frac{\ln (B)_6}{(B)_6}.$$

Величини, які мають відношення до ступеневих умовних позначень (t, l), серед загального числа умовних позначень характеризуються такими формулами, які передають їх співвідношення:

$$\frac{t_6}{l_6} = \frac{t_5}{(l)_6}; \quad \frac{t_6 - 1}{l_6 - 1} = \frac{\downarrow t_6 - 1}{\downarrow l_6 - 1}; \quad \frac{t_6 - 1}{l_6 - 1} = \frac{r_5}{(k)_6};$$

$$l_5^{\frac{1}{k_5}} = l_6^{x_6} = \downarrow l_5^{\frac{1}{k_5}} = \downarrow l_6^{\frac{1}{k_6}}; \quad r_6 + \frac{\downarrow t_6 \cdot k_1}{\downarrow l_1 - 1} \cong \frac{2k_1 \cdot \downarrow l_1 - k_1}{\downarrow l_1 - 1};$$

$$l_6^{\frac{r_5}{(k)_6}} = t_6 \cong l_6^{\frac{(k)_6 (x)_6}{r_5 y_5}}.$$

Інші ступеневі позначення T і L, що теж мають відношення до описання пропорцій невідомої величини відносно відомих величин, будуть мати такий вид:

$$L_6 = \frac{\downarrow l_6^{\frac{1}{x_6}}}{l_6^{x_6}}; \quad L_6 = \downarrow l_6^{\frac{1}{x_6}} \cdot l_6^{x_6},$$

а відношення до попереднього елемента буде виражатись формулою

$$L_5^{\frac{1}{1 - x_5 k_5}} = L_6^{\frac{x_6 k_6}{1 + x_6 k_6}} = B_5^{\frac{1}{B_5}}; \quad \frac{T_6^{\ln y_6 r_6}}{L_6^{\ln k_6 x_6}} = \frac{T_5^{\ln y_5 r_6}}{(L)_6^{\ln (k)_6 (x)_6}}.$$

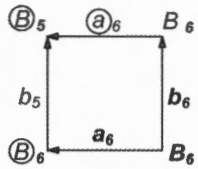
Останню формулу шляхом поступового перемноження послідовних елементів всієї модульно-векторної системи можна перетворити або звести до виду узагальнюючого (результуючого) рівняння

$$L_1^{\ln k_1 x_1} \cdot L_2^{\ln k_2 x_2} \cdot L_3^{\ln k_3 x_3} \cdot L_4^{\ln k_4 x_4} \cdot L_5^{\ln k_5 x_5} \cdot L_6^{\ln k_6 x_6} \cong$$

$$\cong (L_1 \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot L_4 \cdot L_5 \cdot L_6)^{-2} \cong T_6^{-2} \cong T_6^{\ln r_6 y_6}.$$

Досить цікавим є співвідношення двох невідомих умовних позначень a і b, що характеризують добуток даної невідомої величини B_6 щодо двох найближчих до неї величин на розглядуваній площині – ряді, де знаходиться ця невідома величина (новий ряд), і в попередньому ряді. Наприклад:

$$\frac{a_6 b_6}{(a)_6 b_5} = \frac{(a_6 + b_6)^2}{((a)_6 + b_5)^2}.$$



Як і в послідовному логарифмуванні чисел ряду Фібоначчі та чисел «золотого перерізу», при логарифмуванні або логарифмічному вираженні даного арифметичного співвідношення спостерігається подібність і схожість даних формул за своєю математичною конструкцією, де зникає або з'являється лише позначення квадратів над сумою даних величин, а саме:

$$\frac{\ln(a_6 \cdot b_6)}{\ln((a)_6 \cdot b_5)} = \frac{\ln(a_6 + b_6)}{\ln((a)_6 + b_5)}.$$

Наступне логарифмування, тобто другий логарифм, демонструє подібність конструкцій наведених співвідношень

$$\frac{\ln\ln(a_6 \cdot b_6)}{\ln\ln((a)_6 \cdot b_5)} \cong \frac{\ln\ln(a_6 + b_6)^2}{\ln\ln((a)_6 + b_5)^2}.$$

Подібне спостерігається і в подальшому логарифмуванні, однак зупинимось на загальному логарифмічному рівнянні, що характеризує найкращим чином шукану величину за допомогою двох невідомих співвідношень

$$\ln a_6 \cdot b_6 = [\ln(a_6 + b_6)]^{\frac{\ln\ln(a_6 \cdot b_5)}{\ln\ln(a_6 + b_5)}} =$$

$$= \frac{\ln(a)_6 \cdot b_5 \cdot \ln(a_6 + b_6)}{\ln((a)_6 + b_5)}.$$

Це, що стосується добутків, однак рівняння, яке виражається через умовні позначення сум (геометрична арифметична пропорція) невідомої величини B_6 відносно відомих, є майже ідентичним щодо попереднього рівняння, а саме:

$$\ln m_6 \cdot n_6 = [\ln(m_6 + n_6)]^{\frac{\ln\ln(n_6 \cdot m_5)}{\ln\ln(n_6 + m_5)}} =$$

$$= \frac{\ln(n)_6 \cdot m_5 \cdot \ln(n_6 + m_6)}{\ln((n)_6 + m_5)}.$$

Важливо відзначити ще деякі математичні особливості комплексних пропорційних систем, що стосуються знаходження можливих пропорційних параметрів однієї невідомої величини в структурі існуючої модульно-векторної сітки, що в свою чергу є умовною і утворюється деякими реальними складовими елементами досліджуваної композиції. А саме:

а) дана невідома величина може бути виражена ступеневою пропорцією приблизно такого виду: $\left(\frac{1}{x_6}\right)^{\frac{1}{\ln\frac{1}{k_6}}+\frac{1}{2}}=\frac{1}{B_6}$;

б) пропорційні взаємозалежності можуть передаватись через задіяння за можливості всіх невідомих величин, наприклад:

$$\frac{1+(k_6x_6y_6r_6)^2}{-1+(k_6x_6y_6r_6)^2}=\frac{k_6x_6y_6r_6+\frac{1}{k_6x_6y_6r_6}}{k_6x_6y_6r_6-\frac{1}{k_6x_6y_6r_6}};$$

в) характерні співвідношення можна виявити лише через одну невідому умовну величину(позначення), наприклад: $\frac{2+\ln k_6}{2-\ln k_6}\cong k_6$, і вона дійсна для всіх співвідношень, але не дає чіткого означення невідомої величини ні на площині, ні у просторі;

г) якщо ступінь даної пропорції, позначений, мало відрізняється від 1 або близький до цього значення, то одне з характерних невідомих відношень ми зможемо отримати без задіяння натуральних логарифмів за допомогою окремих квадратних рівнянь, які є приблизно справедливими для будь-якої однієї невідомої довільної величини ПС:

$$\frac{r_6^2(1-k_1)}{k_1^3}-\frac{r_6(1-k_1^2)}{k_1^3}+\frac{1}{3k_1^3}-\frac{1}{3}=0;$$

$$r_6^2\left(\frac{r_5}{\textcircled{k}_6}-1\right)-r_6\left(\frac{r_5^2}{\textcircled{k}_6^2}-1\right)+\frac{r_5^3}{3\textcircled{k}_6^3}-\frac{1}{3}=0;$$

$$r_6^3-3r_6^2+3r_6-1\cong 0;\quad r_6^2-2r_6+1\cong 0$$

всі ці рівняння справедливі при r_6, близькому до значення 1;

д) формули, що стосуються пропорціонування, можна дивовижним чином поєднати між собою: $a_6^{\ln k_6}=x_6^{-2}\quad b_6^{\ln r_6}\cong y_6^{-2}$

і отримати рівняння, яке, при підстановці реальних значень, приблизно матиме наступний вид:

$$(a_6b_6)^{\ln k_6r_6}\cong(y_6x_6)^{-4};$$

є) в пропорціонуванні звичайні рівняння пропорцій $\frac{a_6}{b_6}=\frac{b_5}{\textcircled{a}_6}$ шляхом логарифмування можна перетворити до виду:

$$\ln a_6-\ln b_6=\ln b_5-\ln\textcircled{a}_5;$$

при цьому буде справедливим рівняння, яке є своєрідним «похідним» від попередніх двох формул $\frac{(\ln a_6)^2}{\ln k_6}-\frac{(\ln b_6)^2}{\ln R_6}=\frac{(\ln b_5)^2}{\ln R_5}-\frac{(\ln\textcircled{a}_6)^2}{\ln\textcircled{k}_6}$.

Однак у цьому більше задіяна значна кількість невідомих величин;

і) формула є комплексною, бо включає декілька невідомих співвідношень,що характеризують необхідну невідому величину. Справедливим буде також і наступна формула або рівняння: $\frac{(\ln r_6)^2}{\ln y_6}-\frac{(\ln k_6)^2}{\ln x_6}=\frac{(\ln r_5)^2}{\ln y_5}-\frac{(\ln\textcircled{k}_6)^2}{\ln\textcircled{x}_6}$;

е) ще однією математичною особливістю ПС є можливість вираження їх співвідношень через різного виду рівняння ступеневих пропорцій, так би мовити, ступінь у ступені, наприклад:

$$\frac{y_5}{\textcircled{x}_6}=B_5^{t_6-l_6\left(\frac{r_5}{\textcircled{k}_6}\right)}.$$

У даному рівнянні самі умовні позначення t_6 і l_6 є вираженням шуканої невідомої величини через різного виду ступені, до яких підводиться одна з попередніх величин, що створює своєрідний ефект «величини, що знаходиться в ступені».

Подібних цікавих проявів у ПС досить багато і вони допомагають виявити не тільки структуру, але й особливості їх пропорційної побудови. Такі особливості можна описати і передати відповідними графіками або умовними функціями, обрис-контурами існуючої системи фронтальних розгорток, елементів композиції (або елементів панорамної забудови) з виявленням у них нюансних контрастних співвідношень. Наявність подібних відомостей дозволить гармонізувати пропорційні співвідношення даної майбутньої композиції, оскільки гармонізація перш за все є нюансним узгодженням всіх її елементів, у тому числі і нових проектованих (створюваних). Таким чином, результати дослідження довільної ПС прислужаться для подальшого їх застосування в розробці нового елемента майбутньої композиції, які не можна не враховувати, щоб не зруйнувати вже існуючу систему, а покращити її.

Надійшла 23.05.2016 р.

ДИНАМІКА ЕСКАЛАТОРІВ ІЗ ПРОМІЖНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ПРИВОДУ: ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ



Ю.М. Данильченко
завідувач кафедри прикладної механіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор



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



О.В. Закора
к.т.н.

Робота ескалатора, в період сталого руху також, супроводжується вібраціями і супутніми шумами. Виникнення вібрацій пов'язане з перемінними силовими (або параметричними) впливами на елементи конструкції: тяговий орган, опори валів, зубчасті зачеплення в передаточному механізмі тощо.

Засоби і методи вібродіагностичного аналізу технічного стану механізмів і елементів конструкції ескалаторів дають можливість виявляти характер коливних процесів, що відбуваються в них, та ідентифікувати їх параметри, однак не усувають причини виникнення. Дослідження спрямоване на розроблення методики, яка дозволить на кожному етапі створення машини виявляти, ідентифікувати параметри та попереджати можливість виникнення шкідливих вібрацій і шумів (або знижувати їх рівень) та ризик потрапляння в резонансні режими роботи машини.

Характерні для роботи ескалатора частоти зовнішніх збурень. Для відходу від резонансних частот, які проявляються на амплітудно-частотних характеристиках (АЧХ) ескалатора [1], а також для виявлення причини виникнення вібрацій визначені та проаналізовані вібрації (їх частоти), викликані кінематичними збуреннями.

За результатами аналізу доступних джерел інформації обрано типові для роботи редукторів та ланцюгових передач частоти збурень, які наведені у таблиці.

Модель зовнішнього збурення. Для дослідження впливу вище зазначених зовнішніх збурень на динамічні властивості механічної системи ескалатора проведено моделювання її АЧХ при дії полігармонічного зовнішнього збурення типу:

$$F_д = A(\sin\omega t + \sin 2\omega t + \sin 3\omega t + \sin z\omega t), \quad (1)$$

де A – амплітуда збурення, Н [2]; ω – кутова частота обертання привідної зірочки, рад/с; z – кількість зубців привідної зірочки; t – час, с.

Амплітуда збурення розраховується як середньоквадратичне відхилення діючих сил на границях ділянок траси замкненого контуру тягових ланцюгів [2] та обчислюється для кожного розрахункового випадку (комбінації навантаження та висоти підйому) окремо.

Збурення та їх частотний склад

Частота, рад/с		Швидкість руху сходового полотна, V, м/с				
		0,4	0,50	0,65	0,7	0,75
Частота обертання зірочки (збурення викликане її дисбалансом)	ω	1,431	1,789	2,326	2,505	2,684
Кратні частоти (збурення викликані перекосом приводного вала і похибками форми зірочки)	2ω	2,863	3,578	4,652	5,010	5,368
	3ω	4,294	5,368	6,978	7,515	8,051
Зубчаста частота (збурення викликані переспряженням зубів зірочки)	$z\omega$	18,607	23,259	30,237	32,563	34,889

 © Данильченко Ю.М., Горбатенко Ю.П., Закора О.В.

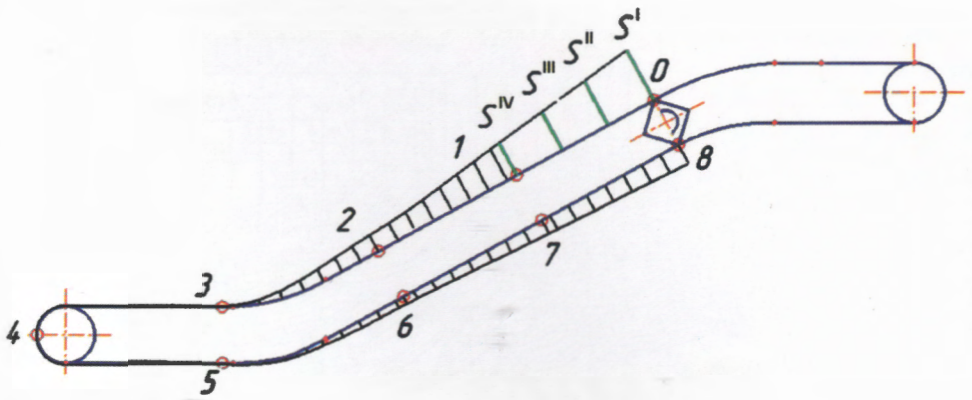


Рис. 1. Схема до визначення амплітуди зовнішнього збурення: S^I, S^{II}, S^{III}, S^{IV} – зусилля в тяговому органі ескалатора на першій ділянці (першій масі) механічної системи ескалатора, Н; 0 ÷8 – умовні позначення відрізків, на які розбито ланцюговий тяговий орган ескалатора між точками збігання та набігання на привідні зірочки

Алгоритм визначення амплітуди зовнішнього збурення полягає у наступному (рис. 1):

- перша ділянка (перша маса) системи, до якої прикладене динамічне навантаження, розбивається на певну кількість відрізків;
- на кожному відрізку визначається зусилля в тяговому органі ескалатора (S^I, S^{II}, S^{III}, S^{IV}) – для визначення зусилля у простому випадку можливо використовувати дані тягового розрахунку або значення зусиль, отриманих з допомогою динамічної моделі, що дає більш достовірні результати;
- визначається середньоквадратичне відхилення отриманих значень зусиль у тяговому органі ескалатора S^I, S^{II}, S^{III}, S^{IV}, Н:

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x-\bar{x})^2}{(n-1)}}, \qquad (2)$$

де x – елемент вибірки;

$\bar{x}$ – середнє арифметичне вибірки $\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$, (3)

n – розмір вибірки.

Амплітуда зовнішнього збурення для ескалатора висотою підйому 45 м та з максимальним завантаженням сходового полотна (продуктивністю) 9000 чол/год становить A = 18773 Н.

Моделювання сигналу зовнішнього збурення. Змодельований сигнал – це сума синусоїд із відповідними частотами. На блок-схемі алгоритму розрахунку динамічних властивостей сигнал представлений сумою блоків Signal Generator (рис. 2). Блок Signal Generator має параметри частоти та амплітуди для налаштування.

На рис. 3 наведено приклад змодельованого синусоїдального полігармонічного сигналу для ескалатора висотою підйому 45 м при максимальному завантаженні (продуктивності) 9000 чол/год та швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с.

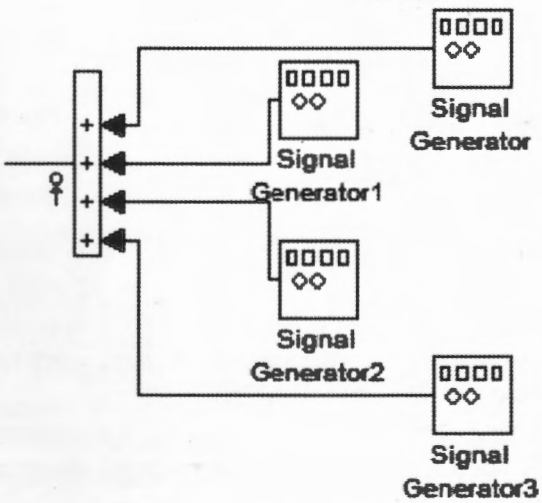


Рис. 2. Представлення синусоїдального полігармонічного сигналу на блок-схемі алгоритму визначення динамічних властивостей ескалатора

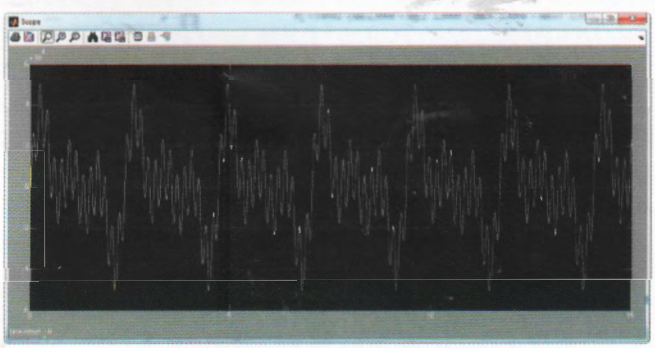


Рис. 3. Приклад полігармонічного синусоїдального сигналу

Зовнішнє збурення для ескалатора висотою підйому 45 м та продуктивністю 9000 чол/год описується функцією

$$F_д = 14542[\sin(2{,}684t)+\sin(2\cdot 2{,}684t)+$$
$$+\sin(3\cdot 2{,}684t)+\sin(13\cdot 2{,}684t)],$$

де ω = 2,684 рад/с – частота обертання зірочки; A = 18773 – амплітуда збурення розрахункового випадку, Н; z = 13 – кількість зубців привідної зірочки.

Дослідження впливу швидкості руху сходового полотна. Змодельована діаграма АЧХ ескалатора висотою підйому 45 м при русі на підіймання з максимальним навантаженням (продуктивністю) 9000 чол/год для діапазону значень швидкості руху тягового полотна від 0,4 м/с (ω = = 1,431 рад/с) до 0,75 м/с (ω = = 2,684 рад/с) приведена на рис. 4. Амплітуда зовнішнього збурення A = 18773 Н. На діаграмі також показана перша власна частота системи p_1 = 0,766 Гц.

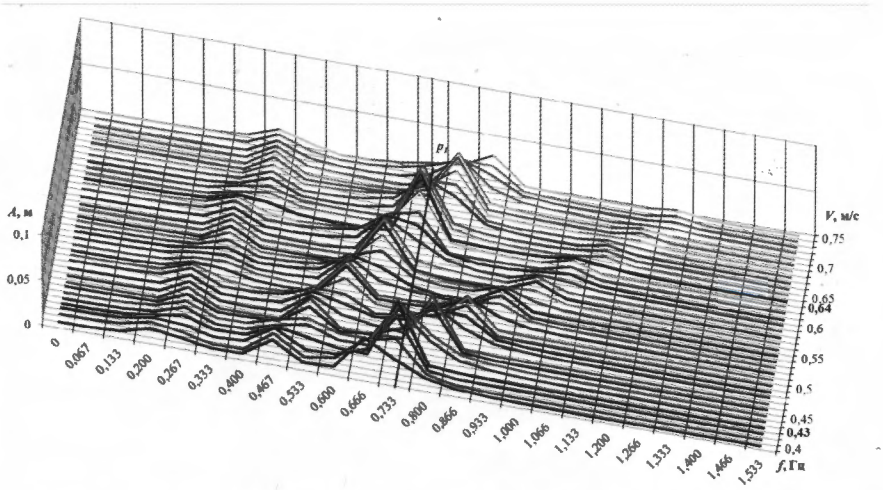


Рис. 4. Діаграма АЧХ ескалатора висотою підйому 45 м при максимальному завантаженні у діапазоні зміни швидкості руху тягового полотна

Діаграма містить три зони коливань:

- перша – від 0,228 Гц до 0,427 Гц відповідає збуренню на частоті обертання зірочки ω;
- друга – від 0,456 Гц до 0,854 Гц відповідає збуренню на подвійній частоті обертання зірочки 2ω;
- третя – від 0,684 Гц до 1,281 Гц відповідає збуренню на потрійній частоті обертання зірочки 3ω.

Найбільші за інтенсивністю збурення виникають при суміщенні частот вимушених коливань із першою власною частотою на швидкостях руху полотна 0,43 м/с (збурення з частотою 3ω) і 0,64 м/с (збурення з частотою 2ω). Тобто при різних швидкостях руху сходового полотна проявляється вплив різних похибок виготовлення і складання елементів тягового органа.

Дослідження впливу висоти ескалатора. Для дослідження впливу частот збурень в ескалаторах типажного ряду побудовані АЧХ ескалаторів залежно від значень висот підйому при максимальній продуктивності 9000 чол/год та значенні швидкості сходового полотна 0,75 м/с (рис. 5).

Крива *1* представляє АЧХ ескалатора заввишки 5 м, крива *2* – 15 м, крива *3* – 25 м, крива *4* – 35 м, крива *5* – 45 м. Амплітуди зовнішніх збурень, розраховані за вищенаведеною методикою та становлять: для ескалатора заввишки 5 м – A = 2191 Н; 15 м – A = 5869 Н; 25 м – A = = 9999 Н, 35 м – A = 14759 Н та 45 м – A = 18773 Н. На рис. 5 також зображені перші власні частоти системи ескалаторів висотою 45, 35 та 25 м. Власні частоти ескалаторів висотою 5, 10 та 15 м виходять за межі досліджуваного діапазону.

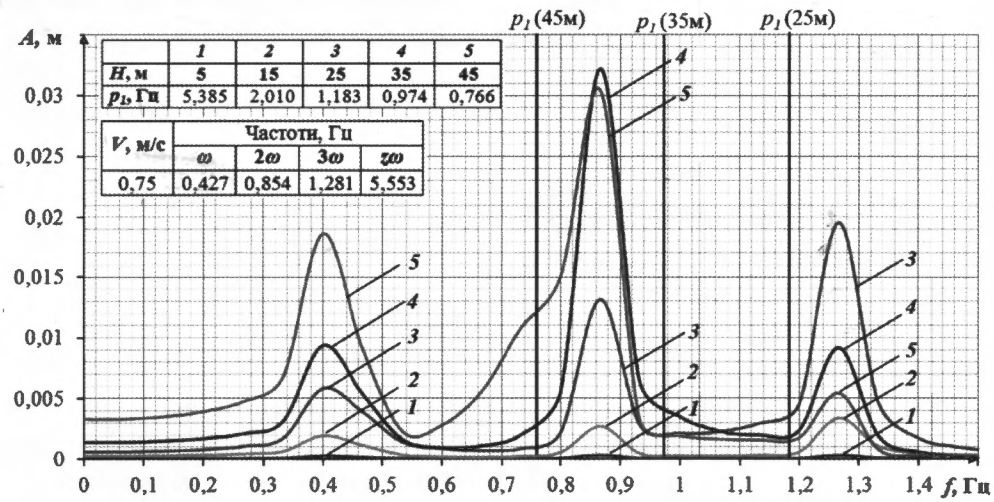


Рис. 5. АЧХ ескалатора при максимальному завантаженні 9000 чол/год та швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с в залежності від висоти підйому ескалатора:
1 **– 5 м;** ***2*** **– 15 м;** ***3*** **– 25 м;**
4 **– 35 м;** ***5*** **– 45 м**

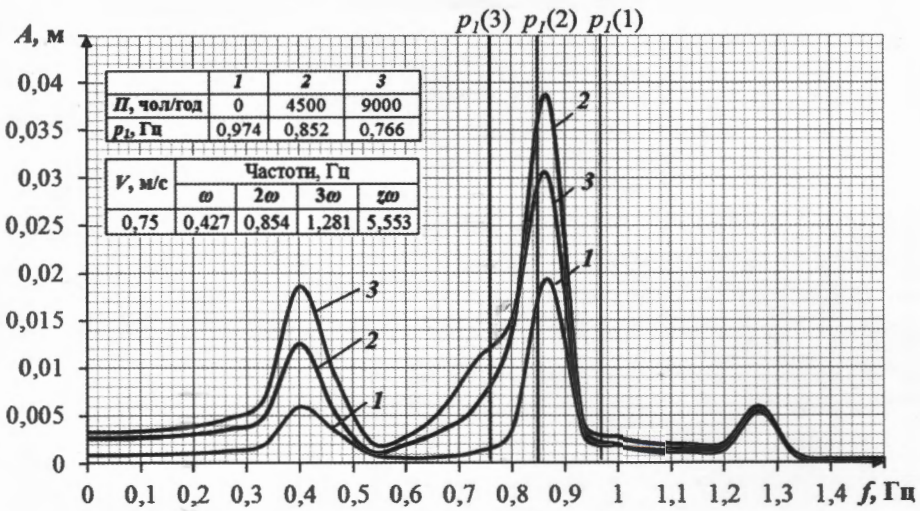


Рис. 6.
АЧХ ескалатора висотою 45 м при швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с для значень продуктивності ескалатора:
1 – 0 чол/год; ***2*** – 4500 чол/год; ***3*** – 9000 чол/год

Дослідження впливу зовнішнього збурення при зміні висоти ескалатора показує, що:

- максимальні збурення ескалаторів заввишки від 25 м до 45 м відповідають наближенню частот вимушених коливань (3ω = = 1,282 Гц та 2ω = 0,854 Гц) до перших власних частот, які змінюються від 1,183 Гц до 0,766 Гц (див. рис. 5);
- перші власні частоти коливань ескалаторів висотою 5 м і 15 м значно перевищують частоти вимушених коливань, тому помітного прояву досліджуваних похибок виготовлення і складання елементів їх тягового органа не спостерігається.

Невисокий рівень амплітуд резонансних зон ескалаторів висотою від 5 м до 15 м обґрунтовує необов'язковість проектного дослідження динамічного стану «низьких» ескалаторів і проблематичність отримання адекватних результатів при динамічних дослідженнях на експериментальних стендах ескалаторів, висота яких зазвичай становить 5 м.

Дослідження впливу продуктивності ескалатора. На рис. 6 приведені АЧХ ескалатора висотою 45 м при швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с для діапазону значень продуктивності. Крива *1* представляє АЧХ системи ескалатора при русі без навантаження; крива *2* – при навантаженні 4500 чол/год та крива *3* – при максимальному навантаженні 9000 чол/год. Амплітуди зовнішніх збурень становлять: для ескалатора заввишки 45 м при русі без навантаження – A = 5786 Н, з навантаженням 4500 чол/год – A = 10272 Н та з максимальним навантаженням 9000 чол/год – A = 18773 Н.

На рисунку також наведені перші власні частоти p_1 для ескалатора при різних значеннях навантаження (продуктивності) та таблиця зі значеннями частот зовнішніх збурень при швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с.

Для ескалатора висотою 45 м на швидкості руху сходового полотна 0,75 м/с за рахунок більшого зближення частот вимушених і власних коливань максимальна амплітуда коливань при навантаженні 4500 чол/год більша ніж максимальна амплітуда коливань при навантаженні 9000 чол/год (рис. 6).

Отриманий результат показує, що зміна величини навантаження на ескалатор призводить до зміни значення його першої власної частоти, що може суттєво вплинути на ступінь наближення вимушеної і першої власної частот коливань і відповідне зростання амплітуди коливань.

Висновки. Значення першої власної частоти тунельних ескалаторів із проміжним розміщенням приводу висотою більше 25 м знаходиться в діапазоні значень частот вимушених коливань, обумовлених похибками виготовлення та складання елементів тягового органа. Саме це й визначає підвищену динамічну чутливість ескалаторів цього типу порівняно з машинами із головним розміщенням приводу, частота обертання привідних зірочок яких, а відповідно і частоти вимушених коливань, значно нижчі.

[1] *Левитский Н.И.* Колебания в механизмах: Учеб. пособие для втузов / Н.И. Левитский. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 336 с.

[2] *Бондарєв В.С.* 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.

Надійшла 06.06.2017 р.

ДО ВІДОМА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !

Вимоги щодо публікації статей:

- Текст статті в електронному виді, авторська довідка (для наукових статей ще анотація мовою статті та англійською, ключові слова, УДК), підготовлені у Microsoft Word та фото авторів.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – tif, eps, jpg, pcx, doc, docx – 300 dpi.
- 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 07.09.2017 р.)
Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02125, ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»
тел. (044) 516-52-85, 543-98-36 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 07.09.2017 р. Формат 60 × 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.
Тираж 300 прим.
Віддруковано ТОВ «Поліпрінт», вул. Лугова, 1-А, м. Київ, 04074, тел. 464-17-91
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1250 від 22.02.2003 р.

* **Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом**
* **Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції**
* **Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори**
* **За зміст реклами відповідає подавач**
* **Редакція не завжди поділяє думку авторів**
* **Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали**

Вітаємо із 80-річчям

КВАШУ ВІКТОРА ГРИГОРОВИЧА

професора кафедри «Автомобільні дороги та мости» Національного університету «Львівська політехніка», доктора технічних наук, члена редакційної колегії журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»



Кваша Віктор Григорович після закінчення інженерно-будівельного факультету Львівського політехнічного інституту в 1959 р. працював у Державному проектному інституті «Білдіпродор» (м. Мінськ) на посаді інженера, старшого інженера, заступника і начальника вишукувальної партії. З 1961 по 1964 рр. навчався в аспірантурі при кафедрі будівельних конструкцій Львівської політехніки. З 1964 р. – асистент кафедри будівельних конструкцій, а після захисту кандидатської дисертації в 1968 р. – старший викладач і доцент цієї кафедри (1971–2003 рр.).

У 1991 р. під керівництвом Віктора Григоровича була створена галузева науково-дослідна лабораторія з обстеження, випробування та реконструкції мостів, конструкцій будинків та інженерних споруд ГНДЛ-88.

У 2002 р. Кваша Віктор Григорович захистив докторську дисертацію на тему: «Ефективні системи розширення і підсилення залізобетонних балкових прольотних будов автодорожніх мостів». У 2003 р. був обраний за конкурсом на посаду професора кафедри будівельних конструкцій та мостів у Національному університеті «Львівська політехніка».

У 2004 р. під керівництвом Кваші Віктора Григоровича в Інституті будівництва та інженерії довкілля Національного університету «Львівська політехніка» було створено кафедру мостів та будівельної механіки, яку він очолював до 2016 р.

Кваша Віктор Григорович зробив вагомий внесок у розробку і впровадження ефективних конструктивно-технологічних систем підсилення та реконструкції залізобетонних автодорожніх мостів. Завдяки розробленим ним способам розширено і підсилено більше 100 мостів в Україні, також ці розробки були впроваджені у Білорусі і Казахстані.

Під керівництвом професора Кваші Віктора Григоровича в ГНДЛ-88 ведуться наукові дослідження, пов'язані з використанням при підсиленні мостів високоміцних конструкційних композитів на базі вуглецевих волокон і епоксидних смол. Лабораторні та натурні дослідження дали змогу вперше в Україні підсилити композитами прогонові будови моста в с. Вістова Івано-Франківської області і надалі застосовувати їх в інших проектах.

В наукових дослідженнях Кваші Віктора Григоровича велика увага приділяється розробленню, плануванню регіональної системи експлуатації залізобетонних мостів на базі їх діагностики і економічної доцільності. Впровадження такої системи дозволить мінімізувати вартість робіт з утримання мостів за рахунок їх попереджувального характеру: технічне обслуговування, профілактичні заходи, поточний ремонт, капітальний ремонт, реконструкція. При своєчасному виконанні робіт з технічного обслуговування і профілактики, що не потребує значних коштів, відтерміновуються більш складні і дороговартісні роботи з поточного і капітального ремонтів, що в цілому дає значну економію коштів.

Кваша Віктор Григорович – автор понад 350 наукових статей і монографій, має десять авторських свідоцтв і шість патентів на винаходи. За результатами виконаних науково-дослідних робіт ним було підготовлено більше 100 доповідей для національних і міжнародних конференцій, що проходили у Білорусі, Польщі, Словенії, Греції тощо.

Кваша В.Г. – дійсний член Академії будівництва України, член спеціалізованої ради із захисту кандидатських і докторських дисертацій Д35.052.17 за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Щиро вітаємо Віктора Григоровича з ювілеєм, зичимо міцного здоров'я та творчої наснаги