

Теорія і практика будівництва

№10, 2012

Засновники:

Українська академія наук,
Київський національний університет
будівництва і архітектури

Редакційна колегія:

Бойко І.П., д.т.н.;
Друкований М.Ф., д.т.н.;
Дудар І.Н., д.т.н.;
Дьомін М.М., д.арх.;
Єсіпенко А.Д., д.т.н.;
Кіслов В.В., д.т.н.;
Лагутін Г.В., д.т.н.;
Лівінський О.М., д.т.н.;
Менейлюк О.І., д.т.н.;
Назаренко І.І., д.т.н. (Головн. редактор);
Онїпко О.Ф., д.т.н.;
Ратушняк Г.С., к.т.н.;
Сабалдир В.П., к.т.н.;
Савицький М.В., д.т.н.;
Смірнов В.М., к.т.н.;
Соха В.Г., к.т.н.;
Терновий В.І., к.т.н. (Відповід. секретар);
Тугай О.А., д.т.н.; (Заст. головн. ред.);
Черненко В.К., д.т.н.

*Статті друкуються в авторській редакції
Відповідальність за достовірність даних у
відкритому друку несуть автори.*

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Київського національного університету
будівництва і архітектури Протокол №38*

ЗМІСТ:

Сівко В.Й., Кузьмінець М.П.

Оцінка впливу робочого середовища на режими
коливань вібраційних машин.....3

Терновий В.І., Масельський С.О.

Зарубіжний досвід висотного будівництва.....5

Саленко Ю.С.

Теоретические исследования однофазного
вибрационного бетоносмесителя принудительного
действия.....8

Клименко М.О., Чичур А.І., Сахно С.В., Шаляпіна Т.С.

Розвиток конструкцій автобетонозмішувачів.....14

Дьомін Ю.М.

Динаміка руху робочого органу установки для нанесення
поліуретанових покриттів на магістральні трубопроводи.....19

Єременко Б.М.

Застосування методів неруйнівного контролю до
визначення технічного стану об'єктів будівництва.....25

Назаренко І.І., Корнійчук Б.В.

Методи та умови експлуатації автомобільних коліс.....28

Голубничий А.В., Голубничий Г.А.

Бетонні суміші для логістичного центру збудованого
за іноземні інвестиції.....31

Паньків Х.В., Потапенко Г.Д., Теренчук С.А., Євтєєва Л.І.

Оцінка рівнів шкідливих факторів виробничого середовища
об'єктів теплопостачання.....34

Соротюк Т.І.

Дослідження видів з'єднання конструктивних елементів
каркасних будівель.....37

Орищенко С.В.

Дослідження ефективності процесу сортування
вібраційного грохота.....40

Купрієнко О.С.

Розробка класифікації спеціалізованих сапр для об'єктів будів-
ництва промислового призначення.....43

Рыбалко И.Ф.

Мобильный комплекс для исследования динамики
процессов преобразований энергий в трансмиссии
транспортного средства.....46

Пенчук В.А., Лукьянец В.Б., Мирончик Н.А.

Особенности технологических процессов в гравитационных
смесителях со струнным интенсификатором.....54

УДК 693.546

Сівко В.Й., Кузьмінець М.П.¹

ОЦІНКА ВПЛИВУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА РЕЖИМИ КОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН

АНОТАЦІЯ. Досліджуються режими роботи касетних установок у виробничих умовах. Показано вплив на коливання робочих органів касет (роздільних листів) арматури, закладних деталей, бетонної суміші.

Ключові слова: касетна установка, бетонна суміш, коливання, режим, напруження

АННОТАЦИЯ. Исследуются режимы работы касетных установок в производственных условиях. Показано влияние на колебание рабочих органов касет (разделительных листов) арматуры, закладных деталей, бетонной смеси.

Ключевые слова: касетная установка, бетонная смесь, колебания, режим, напряжение

SUMMARY. The modes of operations of the cassette settings are probed in production terms. Influence on oscillation of workings organs of cassettes (dividing folios) of armature, mortgaged details, concrete mixture is rotined.

Keywords: dispenser, concrete mix, vibration, position, power

Вступ. У зв'язку з підвищенням вимог до міцності стінових перегородок та якості зовнішньої їх поверхні на київському заводі ДБК-3 були проведені дослідження режимів роботи касетних установок на промисловій машині НД-101 (рис. 1).

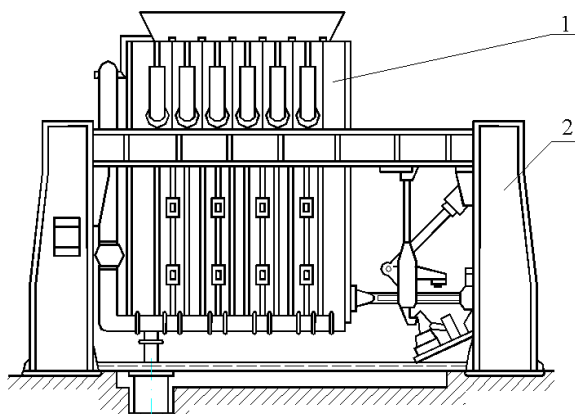


Рис. 1. Касетна установка НД-101: 1 – багатомісна форма касети; 2 – машина для розбирання і складання касети

Вона складається з багатомісної форми – касети 1 і машини для розбирання і складання касети 2. У якості вібраторів застосовувалися ІВ-98 з частотою обертання 2800 об/хв, вони навішувалися на бічних сторонах роздільних листів. Вироби розміром 5,62х2,57х0,14 м формувалися з бетонної суміші рухливістю 12...16 см.

Аналіз досліджень. Аналіз попередніх досліджень показав, що на характер ущільнення бетонної суміші вирішальний вплив мають коливання згину роздільних листів. Оскільки роздільний лист є пластиною зі складними умовами закріплення, причому фіксуючі елементи (арматурні каркаси, закладні деталі, розпірні конуси, дверні отвори) – розподілені по всій площині листа нерівномірно і в різній

мірі впливають на інтенсивність вібраційного режиму. Вимірювання амплітуди коливань виконувалися для безлічі точок на площині листа з урахуванням окремо кожного впливаючого фактора.

Огляд і аналіз результатів досліджень режимів віброущільнення бетонних сумішей в касетних установках, одержаних Афанасьєвим О.О., Ахвердовим Й.М., Куносом Г.Я., Овчинніковим П.Ф., Сівком В.Й., Файтельсоном Л.А., Яковенком В.Б. та інш., дозволили виявити головні причини цих недоліків.

Серед цих причин виділяється нерівномірний розподіл амплітуд коливань роздільного листа в робочій зоні виробу, а спроба підвищити амплітуду коливань за рахунок установки більш потужного вібратора на консольній частині листа не дає бажаних результатів.

Проблема. Таким чином проблема рівномірного ущільнення бетонних сумішей в касетних формах перейшла в загальну площину віброущільнення бетону. В цьому напрямі варто відмітити роботи Гусєва Б.В., Биховського І.І., Десова А.Є., Батлук В.А., Смелянкової І.А., Маслова О.Г., Назаренка І.І., Назарова Л.В., Нестеренка М.П., Оніщенка О.Г., Олехновича К.О., Сердюка Л.І., Сівка В.Й., Яковенка В.Б. та інш.

Методика вирішення задачі. Цікавим, на наш погляд, є розгляд процесу віброущільнення через напружено – деформований стан бетонної суміші під дією вібрації. В роботі [1] приводиться методика такого розгляду процесу виходячи з запропонованого рівняння, що моделює фізико – механічні властивості матеріалу (петля гістерезиса). За таким підходом були розв'язані деякі класичні задачі механіки будівельних матеріалів, до яких можуть бути приведені відомі в практиці процеси.

Методикою досліджень було передбачено заміряти амплітуди коливань роздільних листів за різних умов їх роботи. Заміри проводили за допомогою вібраційного щупа, що являв собою зв'язаний з подовженою штангою жорсткий елемент, на якому кріпиться пезодатчик Д-13 з комплексу апаратури ВА-2. Жорсткий елемент за допомогою підпружиненого штока

¹ Сівко В.Й., д.т.н., професор (КНУБА), Кузьмінець М.П., к.т.н., доцент (КНУБА).

упирається в паровий відсік і притискається до роздільного листа (рис. 2).

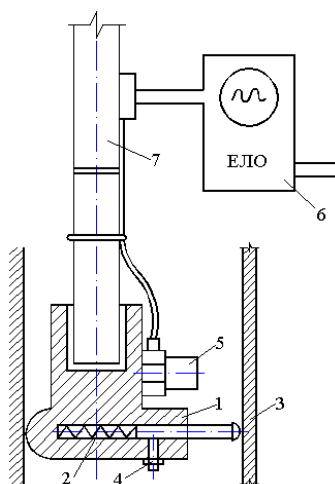


Рис. 2. Схема віброустановки: 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – лист роздільний; 4 – фіксатор; 5 – датчик; 6 – осцилограф; 7 – штанга.

Під час вимірювань упор пружного контакту вносили в порожнину між роздільним листом і паровим відсіком. При роботі касетної установки коливання роздільних листів передавалися на датчик, який генерував сигнал на осцилограф.

Результати досліджень.

Вивчення впливу коливань одного роздільного листа на коливання інших листів показало, що перший закріплений досить жорстко по контуру з трьох сторін - знизу і по боках, тому коливання передаються не тільки на порушуваний роздільний лист, але і на всі вузли установки, що призводить до непродуктивної витрати енергії і отриманню малоінтенсивних режимів віброування. Величина амплітуди переданих таким чином вібрацій змінюється в межах 20...50% від амплітуди основних коливань. В результаті створюються умови для взаємного їх гасіння, оскільки через досить великий опір неминуче відбувається зсув фаз в переміщеннях окремих ділянок роздільних листів.

Також досліджували поширення коливань уздовж роздільного листа за умови почергового включення вібраторів. Найбільша амплітуда спостерігалась у вільному стані руху листів крива 1 (рис. 3).

Аналіз кривої 2 (рис. 3) показує, що роздільний лист при його збудженні за допомогою одного вібратора коливається по першій формі – вузлові точки розташовані на краях листа. Однак на протилежному краю листа амплітуда коливань знижується на 70...80% і є недостатньою (0,15 мм). При включенні другого вібратора створюються передумови для розвитку в середній зоні знижених амплітуд у разі протифазних коливань вібраторів. Ущільнення і укладання суміші в цьому випадку вкрай утруднені.

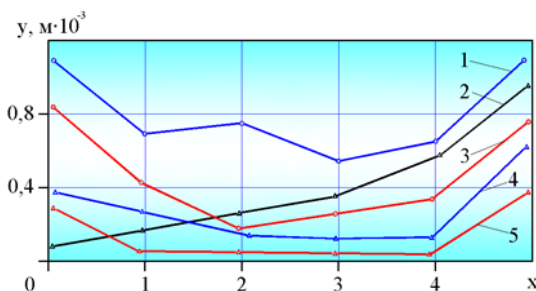


Рис. 3. Вплив конструктивних і технологічних факторів на розподіл коливань роздільних листів касетних установок: 1 – у вільному стані; 2 – при включенні одного вібратора; 3 – встановленою дверною коробкою; 4 – за наявності арматури і закладних елементів; 5 – з урахуванням впливу бетонної суміші.

Крива 3 (рис. 3) свідчить про те, що в зоні установки дверного отвору (точка 4) амплітуда коливань роздільного листа різко падає (до 30%), що призводить до збільшення втрат енергії в цій зоні.

Арматурний каркас, установлюваний між роздільним листом і паровим відсіком, є жорсткою конструкцією, забезпеченою ще й спеціальними заставними деталями, які щільно прилягають до листа з одного боку і до парового відсіку – з іншого. У зв'язку з цим створюються додаткові опори коливанням роздільного листа та збільшується жорсткість його защемлення, що знижує інтенсивність передачі енергії бетонної суміші. Установка арматури (крива 4, рис. 3) зменшує амплітуду коливань в 3 рази (до 0,2 мм).

Описані вище дослідження проводилися в режимі холодного ходу. При цьому було встановлено, що перераховані фактори в окремих зонах знижують амплітуду коливань до гранично допустимих для нормального ущільнення суміші. Крива 5 (рис. 3) показує, що в робочій зоні амплітуда дорівнює 0,08...0,1 мм, що недостатньо для нормального ущільнення бетону. Цим пояснюються недоліки, властиві касетним установкам: погана якість ущільнення суміші, необхідність використання литих сумішей з рухомістю 12...16 см. У результаті підвищується витрата цементу, отримуємо незадовільну якість поверхні, що вимагає проведення шпаклювальних робіт. Міцність виробів по висоті є нерівномірною, відхилення досягають 70%, тобто збільшується відсоток браку.

Для усунення зазначених недоліків необхідно удосконалити конструкції установок з тим, щоб забезпечити умови рівномірного защемлення всіх роздільних листів і кожного окремо по площині защемлення (за винятком зазорів, натягів, перекосів та інш); усунути дефекти короблення роздільних листів. При установці дверних прорізів важливо забезпечити нещільне прилягання їх до роздільного листа. Крім того, для збільшення інтенсивності коливань в зоні дверного отвору бажано ввести демпфуючі прокладки, щоб зменшити жорсткість крайового защемлення роздільного листа. Слід також забезпечити рівномірний розподіл зусиль в розпірних конусах, установку їх з невеликим зазором або з прошарком термостійкого де-

мпфуючого покриття. Виготовлення та установку арматури і закладених елементів у відсіку треба проводити з зазором.

Для оптимізації режимів коливань роздільних листів необхідна установка синхронної роботи вібраторів з обертанням їх в один бік. Вібратори по можливості слід встановлювати у верхній зоні роздільного листа. Для забезпечення необхідної амплітуди коливань вібратори виносяться на величину, рівну $1/4$ довжини хвилі коливань роздільних листів (за розрахунками, це відстань знаходиться в інтервалі $0,85 \dots 1,05$ м від місця защемлення частоти обертів 2800 об/хв), чим забезпечується робота бічної бортоснастки в зонах нульових значень амплітуд вузлових ліній. Розпірні конуси необхідно встановлювати в зонах нульових значень амплітуд коливань роздільних листів – у вузлових лініях (за даними розрахунків). При цьому потрібно забезпечити пружний контакт розпірних конусів і дверних прорізів, а також свободу кутових переміщень роздільних листів в місцях бокового бортоснащення. Роздільні листи в нижній зоні не повинні бути защемлені.

Конструктивні зміни касетної установки передбачають наявність одного індивідуального приводу для одночасного збудження коливань всіх роздільних листів (рис. 4).

В даний час принцип одночасного збудження коливань роздільних листів шляхом їх з'єднання віробалкою випробуваний в умовах виробництва. Отримані достовірні дані про доцільність такого рішення з метою удосконалення режимів ущільнення бетонних сумішей.

Висновки.

1. Середня амплітуда коливання роздільного листа з бетоном рухомістю $4-6$ см становить $0,55$ мм. Розкид міцності по виробу – 10% .

2. Установка вібраторів в оптимальному місці по відношенню до бортового затискання листа дозволяє ущільнювати бетонні суміші з осіданням конуса $4-6$ см. Оптимальне місце розташування стандартних вібраторів, які нині застосовують на касетних установках, по відношенню до бортового зачеплення визначається з умови одержання нульових точок амплітуд коливань розрахунковим і експериментальним способом.

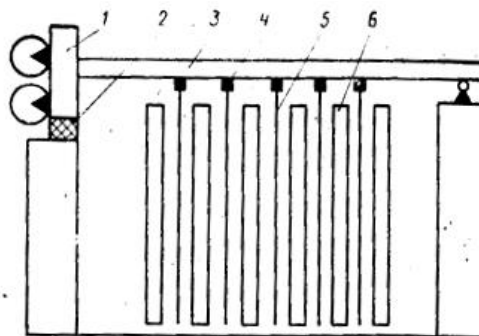


Рис. 4. Схема єдиного приводу для одночасного збудження коливань всіх роздільних листів: 1 – вібратор; 2 – пружний елемент; 3 – балка, 4 – захвати; 5 – роздільний лист; 6 – паровий відсік.

3. Зміна схеми защемлення роздільних листів (защемлення листа по двох сторонах і присутність його в нижній зоні) дозволить поліпшити динамічні режими коливань листів, що дасть можливість ущільнювати бетонні суміші з осіданням конуса до $4-6$ см і знизити непродуктивну вібрацію касетної установки в цілому.

4. Установка індивідуального приводу в середній зоні всіх роздільних листів дозволить регулювати амплітуду та частоту коливань і в певних умовах дасть можливість ущільнювати бетонні суміші практично з нульовою осадкою стандартного конуса.

Література

1. Прикладна механіка робочих процесів машин: Монографія / Сівко В.Й., Кузьмінець М.П. – К.: НТУ, 2009, – 349 с.

Рецензент: В.Б. Яковенко, д.т.н, проф., (КНУБА, Київ).

Одержано: 11.12.2012 р

..

УДК 693.61:69.059.25

Терновий В.І., к.т.н., Масельський С.О.¹

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ВИСОТНОГО БУДІВНИЦТВА

АНОТАЦІЯ: розглянуто особливості зарубіжного досвіду спорудження висотних будівель. Відмічена необхідність досліджень впливу на існуючі технології регіональних умов України

Ключові слова: технології висотного будівництва.

АНОТАЦІЯ: рассмотрены особенности иностранного опыта возведения высотных зданий. Отмечена необходимость исследований влияния на существующие технологии региональных условий Украины.

Ключевые слова: технологии высотного строительства

¹ Терновий В.І., к.т.н., проф. (КНУБА, Київ); Масельський С.О., магістр.

ANNOTATION: the peculiarities of foreign experience erection of high-rise buildings. The necessity of research on the influence of technology on existing regional conditions in Ukraine
Keywords: building construction technology.

Постановка проблеми. Висотне будівництво – це закономірний результат розвитку сучасного мегаполісу, пов'язане з вигідністю вкладення коштів, при умові правильного девелопменту проекту. Крім того воно дає поштовх до розвитку нових технологій, матеріалів та наукових рішень.

Міжнародний досвід забудови сучасного мегаполісу свідчить, що вартість будівель більше 30-50 поверхів зростає в рази і зводять їх з міркувань архітектурної значущості та престижності.

В Україні будують декілька будинків з висотою більше 50 м і при цьому освоюють дорогі зарубіжні технології. Аналіз зарубіжних технологій та врахування регіональних кліматичних, технічних і соціальних умов дозволили б підвищити ефективність спорудження висотних будинків в Україні, а тому такі дослідження є актуальні.

Ціль цієї статті – викладення особливостей зарубіжних технологій висотного будівництва

Виклад основного матеріалу. Перші хмарочоси зводилися на основі сталевих каркасів. Жорсткість забезпечувалася виключно сіткою сталевих колон. Використання сталевих каркасів для висотних будівель має свої плюси та мінуси. Висока вартість, низький поріг вогнестійкості, обмеження конструктивних планів складає від'ємну сторону питання. Застосування металевих каркасів є доцільним у країнах з високою оплатою праці, з метою зменшення термінів будівництва.

Починаючи з 60-х років з'явилися комбіновані сталезалізобетонні каркаси. В останнє десятиліття монолітний залізо-бетон став домінуючим конструктивним матеріалом хмарочосів в Європі, Південно-Східній Азії та Персидському заливі.

Різке збільшення глибини закладення ростверку (10 - 20 метрів, у порівнянні із традиційними 3 - 4 метрами) зумовлює перехід до технології «стіна в ґрунт» або шпунтового чи пальового огороження котловану. Вертикальне огороження котловану, як правило, в подальшому грає роль зовнішніх стін підземних поверхів. Земляні роботи ведуться ярусами по 3 - 4 м традиційним способом.

Використання монолітного бетону у висотному будівництві призвело до створення сучасних систем опалубок, систем комплексної механізації, технологічних процесів приготування, доставки, подачі і укладання бетонної суміші, застосування прискорювачів твердіння.

Світова практика показує, що у висотному будівництві застосовують бетони класів С40 - С60. В останні роки намітилася тенденція до використання високоміцних бетонів класів С60 - С90 і навіть бетонів з міцністю на стиск 80 - 150 МПа. Ці бетони істотно відрізняються за різними параметрами від звичайних. На даний момент в Україні промисловість не здатна забезпечити будівництво високо-марочними бетонами у великій кількості.

Конструкція фундаментів висотних будівель вирішується у вигляді плитно-пальових фундаментів. Товщина фундаментної плити може бути в межах 2 - 4 м і мати об'єм 3000-4000 м³. Слід відмітити труднощі влаштування арматурного каркасу фундаментної плити, як самостійної конструкції значних розмірів, з високим насиченням арматурою. Складності виникають при виготовленні, транспортуванні і укладанні бетонної суміші.

З'єднання арматури з напуском, яке ускладнює бетонування внаслідок зосередження в зоні з'єднання великої кількості стрижнів арматури замінено механічним. Зварні з'єднання потребують високої кваліфікації зварювальника та значних витрат електроенергії.

Механічні з'єднання арматури з використанням конусних муфт забезпечують необхідну міцність та покращують умови укладання бетонної суміші. Крім цього, не потрібна висока кваліфікація робітників, внаслідок високої технологічності та простоти з'єднань, знижуються терміни будівництва та кількість необхідної арматури.

На висоті більше 100 м внаслідок підвищеного вітрового навантаження і туманів крани можуть повноцінно працювати 4 - 5 днів на тиждень. Тому при такій висоті застосовують самопідйомні опалубні системи з гідравлічним приводом. Традиційні системи опалубок можна застосовувати при висоті будівель 20 - 30 поверхів.

Системи опалубок і технології визначають темпи будівництва і трудомісткість робіт на бетонних роботах. Опалубка носить індивідуальний характер, проектується і виготовляється під конкретний об'єкт. Для особливо складних висотних будівель розробляють спеціальні проекти з ув'язкою швидкості переміщення по висоті опалубки, гідравлічної розподільної стріли і індивідуальних кранів, що розміщуються безпосередньо на будівлі.

Для забезпечення виконання робіт на висоті до 130 - 140 м використовують приставні баштові крани, що прикріплюються до конструкцій будівлі.

При більшій висоті оптимальність використання приставного баштового крана вичерпується, тому для зведення споруд висотою більше 130 м використовують самопідйомні крани. Монтажні крани подібного типу кріпляться до ядра жорсткості будівлі і забезпечують виконання робіт на ярусі заввишки від 30 до 40 м. Самопідйомні крани демонтують і частинами опускають вниз за допомогою лебідок. Однак, у окремих випадках подібні крани консервують і залишають на даху будинків для їх подальшого використання при ремонті.

Для дрібних вантажів та робітників використовують спеціальні вантажо-пасажирські підйомники вантажо-підйомністю до 3 т або 20 осіб. Кількість і тип підйомників визначають виходячи з конфігурації будівлі та вимог щодо організації робіт на об'єкті. Підйомники встановлюють післязведення 5 - 10 поверхів надземної частини.

Висотна будівля, як правило, зводиться темпами 4 - 5 поверхів на місяць. При цьому максимально використовують суміщені технології зведення каркаса і фасадних систем. Розрив між влаштуванням каркасу будівлі і навішуванням його фасаду може досягати 5 - 7 поверхів.

По зовнішньому контуру будівлі на значній висоті влаштовують огороження із спеціалізованого обладнання. При зведенні будинків висотою менше 75 м, для цих цілей традиційно застосовують навісні підмощення різних типів. Для безпечного ведення робіт на фасаді висотних будинків висотою більше 100 м слід використовувати спеціальні фасадні платформи.

При зведенні висотних будівель для захисту відкритих робочих місць вико-рис-товують вітрові огорожі та захисні укриття. Зарубіжні спеціалісти встановили, що на висоті більше 50 м на бічній поверхні будівлі

виникають локальні, випадково спрямовані, вертикальні вітрові потоки. Локальні горизонтальні вітрові потоки в рівні верхнього поверху будівлі суттєво ускладнюють монтаж елементів великої парусності і мають негативний фізіологічний вплив на робітників. Все це посилюється низькою температурою повітря при виконанні робіт в зимовий час.

В Україні досвід зведення висотних будівель майже відсутній. Проблема відсутності кваліфікованих інженерів, технологів та робітників є однією з головних. Логічним було б використувати зарубіжний досвід та стандарти, пристосувавши їх до вітчизняних реалій.

Висновок.

1. Зарубіжний досвід висотного будівництва слід вивчати та використовувати дослідження в цьому напрямку для врахування регіональних умов України.

Література

1. Туровец Г. Технология строительства высотных зданий / Г. Туровец, М. Марковский, Бурсов Н. // Архитектура и строительство. – 2011. - №2 – С. 40-44.
2. Марковский М. Высотное строительство из монолитного железобетона / М. Марковский // Архитектура и строительство. – 2011. - №2 – С. 46-49.
3. Актуальные проблемы железобетонных и каменных конструкций: материалы 66-й научно-технической конференции: [«Муфтовые соединения арматуры в железобетонных конструкциях»] (Минск, 18 мая 2010 г.) / Белорусский национальный технический университет. – Минск.: Белорусский национальный технический университет, 2010. – 53 с.
4. Фарокхния М. По системе top&down / М. Фарокхния // Высотные здания. – 2009. - № 1 – С. 102-105.
5. Теличко В. Технологические особенности возведения высотных зданий / В.Теличко, Е.Король, П.Каган, С. Комисаров // Высотные здания. – 2008. - № 2. – С. 104-109.).

Висновки

1. Розглянуто основні методологічні прийоми проектування машин і обладнання переробних виробництв.
2. Запропоновані методи проектування на основі структурного та динамічного синтезів.

Література

1. Игнатьев М.Б., Ильевский Б.З., Клауз Л.П. Моделирование системы машин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1986. – 168 с.
2. Назаренко І.І. та ін.. Системний аналіз технічних об'єктів. – К.: КНУБА, 2009. – 164 с.
3. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем (2-е видання). К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
4. Узунов А.В. Развивающаяся модель и алгоритм проектирования мехатронных объектов/ А. Узунов// Промислова гідравліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний вісник, 2011. - №2(32). – С.87-90.

УДК 693.95(075.8)

Саленко Ю.С.¹

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОДНОВАЛЬНОГО ВИБРАЦИОННОГО БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

АННОТАЦИЯ. Описана конструкция и принцип действия одновального вибрационного бетоносмесителя принудительного действия. Смеситель состоит из корпуса, внутри которого расположен лопастной вал с периферийными и центральными лопатками. В стенке корпуса вмонтирована вибрационная заслонка, которая оказывает вибрационное воздействие на перемешиваемую смесь. Определены основные параметры и закономерность движения вибрационной заслонки. Определено напряженно-деформированное состояние перемешиваемой бетонной смеси.

Ключевые слова: бетоносмеситель, лопастной вал, заслонка, вибрация

АННОТАЦІЯ. Описано конструкцію і принцип дії одновального вібраційного бетонозмішувача примусового дії. Змішувач складається з корпусу, усередині якого розташовано лопатевий вал з периферійними і центральними лопатками. У стінці корпусу вмонтовано вібраційна заслінка, яка надає вібраційне вплив суміші, що перемішується. Визначено основні параметри та закономірність руху вібраційної заслінки. Визначено напружено-деформований стан бетонної суміші, що перемішується.

Ключові слова: бетонозмішувач, лопатевий вал, заслінка, вібрація.

SUMMARY. The author describes the construction and principle of operation vibration concrete mixer of forced action with some of the shaft. The mixer consists of a body, inside of which is located blade shaft with peripheral and Central shoulder blades. In the wall of the chassis is mounted vibration damper, which provides vibration impacts on the concrete mix. Determination of the main parameters and regularity of motion of the vibration damper. Defined stress-strain state of mixed concrete mixture.

Keywords: concrete mixer, blade shaft, dampers, vibration.

Введение. Одновальные бетоносмесители принудительного действия [1...2], предназначены для приготовления пластичных и жестких цементобетонных смесей, бетонов с легким заполнителем и строительных растворов. Эти смесители сочетает в себе высокую эффективность приготовления бетонных смесей с простотой конструктивного исполнения. Имеют сравнительно небольшую металлоемкость. Энергоемкость разработанных одновальных бетоносмесителей принудительного действия [1...2] отвечает требованиям ГОСТ 16349-85 [3] и находится ниже уровня энергоемкости двухвальных бетоносмесителей принудительного действия на 30 – 40%. Однако современное производство требует создания машин и бетоносмесительного оборудования с малой энергоемкостью, обеспечивающих эффективное приготовление жестких и сверхжестких бетонных смесей. Снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса приготовления можно достичь путем использования вибрационных бетоносмесителей принудительного действия [4].

Цель и задачи исследования. Целью настоящих исследований является определение основных параметров вибрационного бетоносмесителя, использующего в процессе приготовления бетонной смеси механическое перемешивание с одновременным вибрационным воздействием.

Изложение основного материала. На рис. 1 представлен предлагаемый одновальный вибрационный лопастной бетоносмеситель [4], который включает корпус 1 с загрузочным 2 и выгрузочным, закрытым заслонкой 3, отверстиями и центральный лопастной

вал 4, смонтированный в подшипниковых опорах 5, вынесенных за пределы области перемешивания. В стенке цилиндрического корпуса 1 со стороны вхождения лопаток в цементобетонную смесь дополнительно проделан продольный проем, в котором при помощи упругих амортизаторов 6 (прокладок) смонтирована вибрационная заслонка 7, снабженная вибровозбудителем круговых колебаний 8.

При этом внутренняя поверхность вибрационной заслонки выполнена в виде цилиндрической поверхности с центральным углом $\theta = 55 \dots 90^\circ$ и радиусом, равном радиусу внутренней поверхности корпуса смесителя R , и имеет длину в продольном направлении равную $0,8 \dots 0,95$ длины внутренней поверхности корпуса смесителя, причем вибрационная заслонка расположена так, что центральный угол между вертикальной прямой, проходящей через ось вращения лопастного вала, и лучом, связывающим верхнюю кромку вибрационной заслонки с осью вращения лопастного вала, равен $\beta = 75 \dots 105^\circ$. На лопастном валу 4 смонтированы центральные 9 и периферийные 10 лопатки. При этом рабочие поверхности периферийных лопаток 10 наклонены под углом $\psi = 120 \dots 130^\circ$ к плоскости, перпендикулярной оси вала, а центральные лопатки наклонены под углом $\gamma = 30 \dots 40^\circ$ к плоскости, перпендикулярной оси вала. При этом периферийные лопатки 10 образуют прерывистую винтовую линию в прямом направлении для транспортирования смеси в зону выгрузки, а центральные лопатки образуют прерывистую линию в обратном направлении. Для закрепления упругих прокладок 6 на кор-

¹ Саленко Ю.С., канд. техн. наук, доцент.

пусе 1 и вибрационной заслонке 7 используются резьбовые соединения 11.

Лопастной вал 4 смесителя связан с приводом (на рисунке не показан) при помощи полумуфты 12.

Одновальный лопастной вибрационный бетономеситель работает следующим образом.

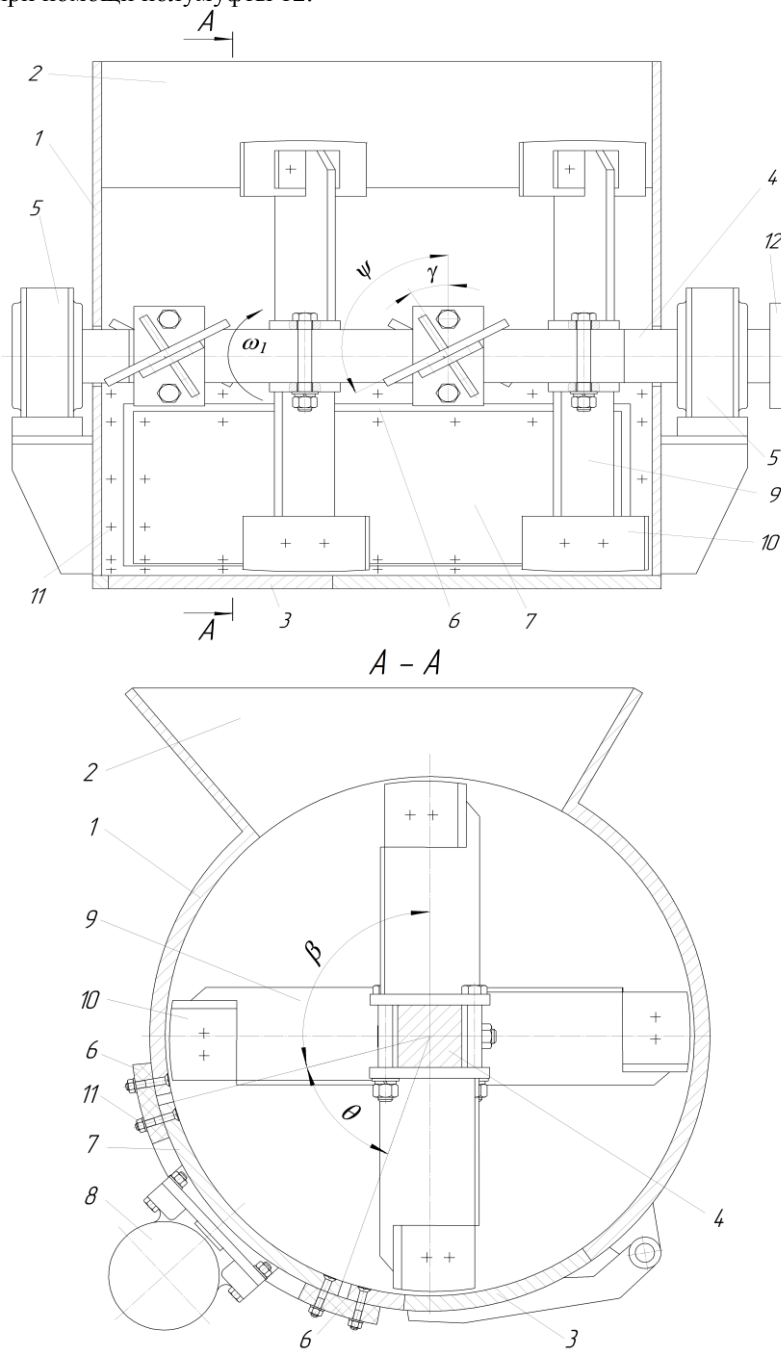


Рис. 1. Общий вид одновального вибрационного бетономесителя принудительного действия.

После включения привода через загрузочное отверстие 2 во внутрь корпуса 1 подают предварительно отдозированные минеральные материалы и воду. При вращении вала по стрелке, указанной на рис. 1, лопасти интенсивно перемешивают смесь, одновременно перемещая ее по двум противоположно направленным потокам: в центральной части и по периферии. Под действием центральных лопаток 9 смесь переводится во взвешенное состояние и образуется центральный поток, который перемещается в продольном

направлении к задней торцевой стенке корпуса, и одновременно закручивается вокруг продольной оси. Под действием периферийных лопаток 10 образуется кольцевой периферийный поток, который вращается вокруг продольной оси и одновременно перемещается в продольном направлении к передней торцевой стенке корпуса. При этом каждая частица испытывает вихревые движения и периодически перемещается из одного потока в другой, обеспечивая тем самым интенсивный массообмен. Одновременно под действием

вибрационного воздействия со стороны вибрирующей заслонки 7 смесь переходит в тиксотропное состояние и, в результате этого, значительно сокращаются силы сопротивления, действующие на лопасть вал 4 со стороны цементобетонной смеси. При этом также интенсивно разрушаются агрегаты, состоящие: а) из слипшихся частиц цемента, покрытых водной пленкой; б) из капелек воды, на поверхности которых силами поверхностного натяжения удерживаются частицы цемента. Смесь становится более подвижной, ускоряется процесс обволакивания минеральных частиц вяжущим. В результате сокращается продолжительность перемешивания и образуется однородная качественная смесь.

Таким образом, в результате снижения сил сопротивления на лопасти, возникающих при перемешивании смеси, и сокращения продолжительности перемешивания, уменьшается мощность привода и достигается эффект снижения энергоемкости. Приведенный диапазон соотношения основных параметров предлагаемого одновального лопастного вибрационного бетоносмесителя является рациональным.

При открывании заслонки 3 смесь выгружается в транспортное средство.

На эффективность вибрационной обработки в процессе перемешивания цементобетонных смесей и снижение сил сопротивления перемешиванию суще-

ственно влияет характер движения вибрационной заслонки, который зависит от массы, момента инерции и центра тяжести масс колеблющихся тел, а также от жесткости упругих амортизаторов, частоты и амплитуды возмущающих сил вибровозбудителя колебаний, геометрических размеров вибрационной заслонки и физико-механической характеристики смеси. Поскольку частота и амплитуда вынужденных колебаний вибрационной заслонки бетоносмесителя являются технологическими параметрами, т.е. параметрами существенно влияющими на качество обрабатываемой цементобетонной смеси, то в процессе теоретических исследований определялись рациональные параметры, закон и области устойчивого движения вибрационной заслонки, обеспечивающие получение необходимого технологического режима.

Для определения характера движения вибрационной заслонки в рабочем режиме рассмотрим расчетную схему динамической системы «вибрационной заслонки – обрабатываемая среда» при номинальной загрузке бетоносмесителя цементобетонной смесью (Рис. 2). При этом динамическая система представлена в виде одностепенной системы, взаимодействующей с цементобетонной смесью. Это допустимо, поскольку масса вибрационной заслонки на порядок меньше массы корпуса смесителя.

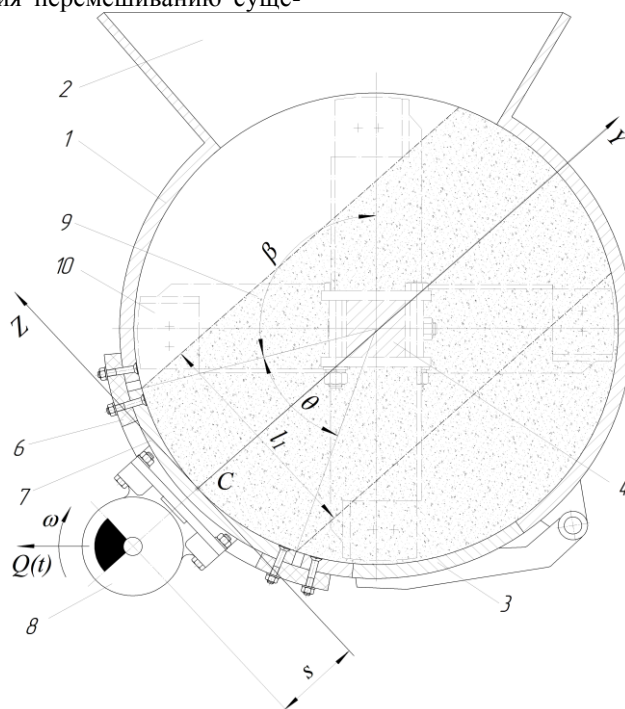


Рис. 2. Расчетная схема одновального вибрационного бетоносмесителя.

Под действием возмущающей силы вибровозбудителя колебаний $Q(t)$ вибрационная заслонка будет совершать круговые колебания в направлении координат Z и Y , а также и крутильные колебания относительно оси X . Оси координат X , Y и Z проходят через центр тяжести C рассматриваемой динамической системы расположенной на заслонке с радиусом R (рис. 2).

Движение вибрационной заслонки можно описать следующей системой уравнений:

$$(m + m_b) \frac{d^2 y_1}{dt^2} + (b_{31} + \mu_b) \frac{dy_1}{dt} + c_{31} y_1 = Q \sin \omega t; \quad (1)$$

$$(m + m_{b2}) \frac{d^2 z_1}{dt^2} + (b_{32} + \mu_{b2}) \frac{dz_1}{dt} + c_{32} z_1 = Q \cos \omega t; \quad (2)$$

$$J_x \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + (n_3 + n_b) \frac{d\varphi}{dt} + k_3 \varphi = Q_s \cos \omega t, \quad (3)$$

где y_1, z_1 – линейные перемещения вибрационной заслонки в направлении координат Y и Z под действием гармонических возмущающих сил $Q \sin \omega t$ и $Q \cos \omega t$ соответственно;

m – масса вибрационной заслонки вместе с вибровозбудителем колебаний;

t – время;

c_{31}, c_{32} – жесткости и b_{31}, b_{32} – коэффициенты неупругих сопротивлений упругих амортизаторов (прокладок) 6 (рис. 3) в направлении координат Y и Z соответственно;

m_b – приведенная масса бетонной смеси, контактирующая с вибрационной заслонкой в направлении координатной оси Y ;

m_{b2} – приведенная масса бетонной смеси, контактирующая с вибрационной заслонкой в направлении координатной оси Z ;

$$m_{b2} = \frac{m_b}{2(1 + \chi)}; \quad (4)$$

μ_b – приведенный коэффициент неупругого сопротивления бетонной смеси в направлении координатной оси Y ;

μ_{b2} – приведенный коэффициент неупругого сопротивления бетонной смеси в направлении координатной оси Z ;

$$\mu_{b2} = \frac{\mu_b}{2(1 + \chi)}; \quad (5)$$

χ – коэффициент Пуассона;

φ – угловое смещение вибрационной заслонки под действием возмущающего момента $Q \cdot s \cos \omega t$;

a – координата по оси Y от оси вибровозбудителя колебаний до центра тяжести вибрационной заслонки;

J_x – совместный момент инерции масс вибрационной заслонки и вибровозбудителя колебаний относительно продольной координатной оси X ;

k_3, n_3 – крутильные жесткость и коэффициент неупругого сопротивления упругих амортизаторов относительно координатной оси X ;

$$k_3 = \frac{(c_{31} + c_{32})l_1}{2}; \quad (6)$$

$$n_3 = \frac{(b_{31} + b_{32})l_1}{2}; \quad (7)$$

n_b – приведенный крутильный коэффициент неупругого сопротивления бетонной смеси относительно координатной оси X ;

$$n_b = \frac{\mu_b l_1}{4}. \quad (8)$$

Решение полученной системы уравнений (1 – 3) для стационарных колебаний вибрационной заслонки, описывающих её установившееся движение в рабочем режиме, найдем в следующем виде:

$$y_1(t) = A_y \sin(\omega t - \xi_1); \quad (9)$$

$$z_1(t) = A_z \cos(\omega t - \xi_2); \quad (10)$$

$$\varphi(t) = \Phi_x \cos(\omega t - \xi_3), \quad (11)$$

где A_y, A_z – амплитуды гармонических колебаний вибрационной заслонки в направлении координат Y и Z соответственно;

Φ_x – амплитуда крутильных колебаний вибрационной заслонки относительно координатной оси X ;

ξ_1, ξ_2 – углы сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы и амплитудами вынужденных колебаний вибрационной заслонки в направлении координат Y и Z соответственно;

ξ_3 – угол сдвига фаз между амплитудой момента возмущающей силы и амплитудой вынужденных крутильных колебаний вибрационной заслонки относительно координатной оси X ;

$$A_y = Q / \left\{ [c_{31} - (m + m_b)\omega^2]^2 + (b_{31} + \mu_b)^2 \omega^2 \right\}^{0,5}; \quad (12)$$

$$A_z = Q / \left\{ [c_{32} - (m + m_{b2})\omega^2]^2 + (b_{32} + \mu_{b2})^2 \omega^2 \right\}^{0,5}; \quad (13)$$

$$\Phi_x = \frac{Q}{\sqrt{(k_3 - J_x \omega^2)^2 + (n_3 + n_b)^2 \omega^2}}; \quad (14)$$

$$\xi_1 = \arctg \frac{(b_{31} + \mu_b)\omega}{c_{31} - (m + m_b)\omega^2}; \quad (15)$$

$$\xi_2 = \arctg \frac{(b_{32} + \mu_{b2})\omega}{c_{32} - (m + m_{b2})\omega^2}; \quad (16)$$

$$\xi_3 = \arctg \frac{(n_3 + n_b)\omega}{k_3 - J_x \omega^2}. \quad (17)$$

Используя выражения (12) и (14), определим закон движения внутренней поверхности вибрационной заслонки, контактирующей с обрабатываемой цементобетонной смесью в направлении оси Y в зависимости от координаты Z :

$$y(z, t) = A_y \sin(\omega t - \xi_1) + \Phi_x z \cos(\omega t + \xi_3). \quad (18)$$

После преобразования приведем выражение (18) к следующему виду:

$$y(z, t) = A(z) \sin[\omega t - \xi(z)], \quad (19)$$

где $A(z)$ – амплитуда колебаний вибрационной заслонки в функции координаты z ,

$$A(z) = \sqrt{A_y^2 + \Phi_x^2 z^2 - 2\Phi_x z \sin(\xi_1 + \xi_3)}; \quad (20)$$

$\xi(z)$ – угол сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы и амплитудой перемещения вибрационной заслонки в функции координаты z ,

$$\xi(z) = \arctg \frac{A_y \sin \xi_1 - \Phi_x z \cos \xi_3}{A_y \cos \xi_1 - \Phi_x z \sin \xi_3}. \quad (21)$$

Полученные выражения (12 – 21) позволяют установить закон движения вибрационной заслонки, взаимодействующей с цементобетонной смесью, и на основании заданных технологических режимов вибрационного воздействия на цементобетонную смесь, определить основные параметры предлагаемого вибрационного устройства.

Для оценки эффективности вибрационного воздействия на обрабатываемую бетонную смесь определим закон распространения волн деформаций и возникающих при этом напряжений в обрабатываемой среде при действии возмущающего воздействия (19) со стороны вибрационной заслонки на обрабатываемую смесь.

Движение уплотняемой среды в направлении координатной оси Y за время t может быть описано следующим волновым уравнением колебаний:

$$\eta \frac{\partial^3 u(y, z, t)}{\partial y^2 \partial t} = \rho \frac{\partial^2 u(y, z, t)}{\partial t^2} + \xi_s \frac{\partial u(y, z, t)}{\partial t}, \quad (22)$$

где u , y – эйлерова и лагранжева координаты;

η – коэффициент динамической вязкости бетонной смеси;

ρ – плотность бетонной смеси;

ξ_s – эквивалентный коэффициент сопротивления, учитывающий боковое трение виброактивного слоя смеси (выделенная область на рис. 2 с нижележащим неактивным слоем).

Решение волнового уравнения колебаний (22) будем производить при следующих граничных условиях:

$$u(0, z, t) = y(z, t) = A(z) \sin[\omega t - \xi(z)]; \quad (23)$$

$$u(H_r, z, t) = 0, \quad (24)$$

где H_r – расчетная толщина виброактивного слоя.

Представляя функцию $u(y, z, t)$ в виде мнимой части комплексной функции

$$u(y, z, t) = U(y, z) e^{i[\omega t - \xi(z)]} \quad (25)$$

и подставляя её в волновое уравнение колебаний (22), получим

$$\frac{\partial^2 U(y, z)}{\partial y^2} + \frac{\rho \omega^2 - i \xi_s \omega}{i \eta \omega} U(y, z) = 0, \quad (26)$$

где $U(y, z)$ – комплексная амплитуда колебаний.

Решение трансцендентного уравнения (26) представим в следующем виде:

$$U(y, z) = M(z) e^{-\tilde{k} y} + N(z) e^{\tilde{k} y}. \quad (27)$$

где M и N – постоянные интегрирования (комплексные амплитуды), определяемые из граничных условий (23) и (24);

$\tilde{k}$ – комплексное волновое число,

$$\tilde{k} = k - i\alpha;$$

k и α – волновое число и коэффициент поглощения.

Решение трансцендентного уравнения (27) для волны распространяющейся в положительном направлении можно представить в следующем виде:

$$U(y, z) = e^{-\alpha y} [M(z) \sin ky + N(z) \cos ky]. \quad (28)$$

Подставляя выражение (28) в граничное условие (24), найдем соотношение между постоянными интегрирования $M(z)$ и $N(z)$:

$$M(z) = -N(z) \frac{\cos kH_r}{\sin kH_r}. \quad (29)$$

С учетом выражений (29) и (28) решение (25) волнового уравнения колебаний (22) примет следующий вид:

$$u(y, z, t) = M(z) e^{-\alpha y} \times \frac{\cos kH_r \sin ky - \sin kH_r \cos ky}{\cos kH_r} \times \sin[\omega t - \xi(z)]. \quad (30)$$

При подстановке зависимости (30) в граничное условие (23) найдем постоянную интегрирования $M(z)$:

$$M(z) = -A(z) \frac{\cos kH}{\sin kH}. \quad (31)$$

Подставляя выражение (31) в зависимость (30), найдем в окончательном решении волнового уравнения колебаний (22) в следующем виде:

$$u(y, z, t) = A(z) e^{-\alpha y} \frac{\sin k(H_r - y)}{\sin kH_r} \times \sin[\omega t - \xi(z)]. \quad (32)$$

Полученная зависимость (32) позволяет определить закон распространения волн деформаций в обрабатываемом слое бетонной смеси в процессе перемешивания при сложном силовом вибрационном воздействии.

Зависимость между напряжением и деформацией в обрабатываемом слое бетонной смеси определится в результате подстановки зависимости (32) в выражение

$$\sigma(y, z, t) = \eta \frac{\partial^2 u(y, z, t)}{\partial y \partial t} - \xi_s \frac{\partial u(y, z, t)}{\partial t}, \quad (32)$$

т.е.

$$u(y, z, t) = A(z)\omega e^{-\alpha y} \sqrt{(k\eta)^2 + (\alpha\eta + \xi_s)^2} \times \\ \times \frac{\cos k(H_r - y)}{\sin kH_r} \cos[\omega t - \xi(z)], \quad (33)$$

$$\text{где } \psi_1 - \text{угол сдвига фаз, } \psi_1 = \arctg \frac{\alpha\eta + \xi_s}{k\eta}. \quad (34)$$

Полученные зависимости (32) и (33) позволяют определить напряженно-деформированное состояние обрабатываемой вибрационным воздействием бетонной смеси в процессе её перемешивания в вибрационном бетоносмесителе.

Используемые выше в уравнениях волновое число k и коэффициент поглощения α , приведенная масса m_b и приведенный коэффициент неупругого сопротивления бетонной смеси μ_b , а также эквивалентный коэффициент сопротивления ξ_s , определяются следующим образом.

Эквивалентный коэффициент сопротивления ξ_s , учитывающий боковое трение виброактивного слоя смеси (выделенная область на рис. 2) с нижележащим неактивным слоем, может быть с достаточной степенью точности определен по методу линеаризации сил кулонового трения [5]:

$$\xi_s = \frac{4\rho g l_1 f_{v2} \cos \theta}{\pi A_0 \omega}, \quad (35)$$

где f_{v2} – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси при наложении вибрационного воздействия;

A_0 – эквивалентная амплитуда колебаний, $A_0 = 0,05$ см при угловой частоте колебаний $\omega = 293$ рад/с;

θ – угол наклона координатной оси Y .

$$k = \frac{\rho\omega}{2\eta}; \quad (36)$$

$$\alpha = \frac{\rho\omega}{2\eta} \sqrt{1 + \frac{4\xi_s\eta}{\rho^2\omega^2}}. \quad (37)$$

$$m_b = \frac{\lambda^2 \rho F_1 (\alpha + k \operatorname{ctg} k H_r)}{\omega^2}; \quad (38)$$

$$\mu_b = F_1 \eta (\alpha + k \operatorname{ctg} k H_r) + F_2 \xi_s. \quad (39)$$

Использование одновального лопастного вибрационного смесителя позволяет увеличить коэффициент заполнения лопастного смесителя до 0,6...0,65 от всего объема смесителя, в 1,6...1,8 раза уменьшить мощность привода, на 30...35% сократить продолжительность перемешивания цементобетонной смеси и обеспечить получение качественной цементобетонной смеси.

Выводы. Предложена новая конструкция одновального вибрационного лопастного смесителя, создающего в результате вибрационного воздействия в перемешиваемой цементобетонной смеси дополнительные эффекты, интенсифицирующие процесс перемешивания и повышающие качество смеси за счет разрушения агрегатов из слипшихся частиц и активации поверхностей минеральных частиц. Предложенный бетоносмеситель позволяет, повысить производительность и уменьшить установленную мощность привода.

Полученные аналитические зависимости позволяют определить закон колебательного движения вибрационной заслонки, определить напряженно-деформированное состояние бетонной смеси и установить рациональные режимы вибрационного воздействия в сочетании с механическим перемешиванием лопастным валом, подобрать рациональные параметры вибрационного смесителя, предназначенного для приготовления жестких и сверхжестких бетонных смесей, рассчитать рациональные режимы работы бетоносмесителя.

Література

1. Саленко Ю.С. Разработка одновальных бетоносмесителей принудительного действия / Ю.С.Саленко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 5/2009 (58). Частина 1. – С. 79 – 83.
2. Патент № 48494 України, МПК⁷ B01F 7/04. Лопатевий змішувач примусової дії / Саленко Ю.С. / Заявник і патентовласник КрНУ ім. Михайла Остроградського; заявл. 03.08.2009; опубл. 25.03.2010, Бюл. № 6.
3. ГОСТ 16349 – 85. Смесители циклические для строительных материалов. Технические условия / Международный стандарт.
4. Патент № 50096 України, МПК⁷ B28C 5/14. Одновальний лопатевий вібраційний бетонозмішувач / Саленко Ю.С. / Заявник і патентовласник КрНУ ім. Михайла Остроградського; заявл. 30.11.2009; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.
5. Прочность, устойчивость, колебания. – Справочник. Т.3./Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко // М.: Машиностроение, 1968. – 568 с.

Клименко М.О., Чичур А.І., Сахно С.В., Шаляпіна Т.С.¹

РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ АВТОБЕТОНОЗМІШУВАЧІВ

АНОТАЦІЯ. Здійснено аналіз конструкцій змішувачів, в їх історичному розвитку. Розглянуті основні тенденції розвитку машин для транспортування та перемішування бетонних сумішей.

Ключові слова: конструкція автобетонозмішувача, об'єм барабана, ефективність перемішування.

АННОТАЦИЯ. Выполнен анализ конструкций смесителей, в их историческом развитии. Рассмотрены основные тенденции развития машин для транспортирования и перемешивания бетонных смесей.

Ключевые слова: конструкция автобетоносмесителя, объем барабана, эффективность перемешивания.

ANNOTATION. Analysis was carried out by mixing structures in their historical development. Basic progress of machines trends are considered for a portage and mixing of concrete mixtures.

Key words: construction of truck mixer, drum volume, efficiency of mixing process.

Вступ. В основу статті покладено історичні факти, які передували створенню окремого виду будівельної техніки – автобетонозмішувача. Зародження ідеї такої машини належить США. На початку XX-го століття значно випереджала інші країни за економічним і промисловим рівнем розвитку.

Актуальність роботи. Прискорений розвиток монолітно-каркасного будівництва в Україні висуває підвищені вимоги до якості бетонної суміші, яка доставляється на будівельний майданчик автобетонозмішувачами. Тому актуальною задачею є оцінка та аналіз різних конструкцій змішувачів з метою вибору найбільш ефективної конструкції.

Мета дослідження. Виконати аналіз, на основі патентного та історичного пошуку основних особливостей конструкцій автобетонозмішувачів, починаючи від перших спроб до сьогодення. А також узагальнення підходів провідних світових виробників у питаннях поліпшення конструкції та інтенсифікації роботи цих машин.

1. Огляд конструкцій

Перший портативний бетонозмішувач був запатентований в Америці 9 лютого 1904 року під назвою "Mortar Mixer", німцем за походженням, Річардом Бодлаєндером (рис.1).

Передня вісь і колеса візка, в конструкції Бодлаєндера були відсутні. Замість них там був розташований великий барабан з лопатами всередині, який і слугував колесом. Коні тягли візок й змішувальний барабан котився по землі, забезпечуючи перемішування. Цей винахід значно полегшив життя виробникам бетону.

Оскільки кінська сила вдосталь не могла задовольнити, невпинно зростаючі, темпи будівельної промисловості, вона стала економічно не вигідною і технічно застарілою. Цей факт дав початок бурхливому розвитку автобетонозмішувачів. А саме пошук найбільш вигідного джерела енергії для перемішування, транспортування та вивантаження.

Інший портативний змішувач, автором якого є Алвах Хендсел з містечка Уїлкс-Барре, штат Пенсільванія, був запатентований 12 січня 1909 року. Його

особливістю було те, що він мав змішувальний барабан гексагональної форми. Працював змішувач від вугільного парового котла, який приєднувався до поршневого насосу. Насос передавав крутний момент на барабан за допомогою ланцюгової передачі.

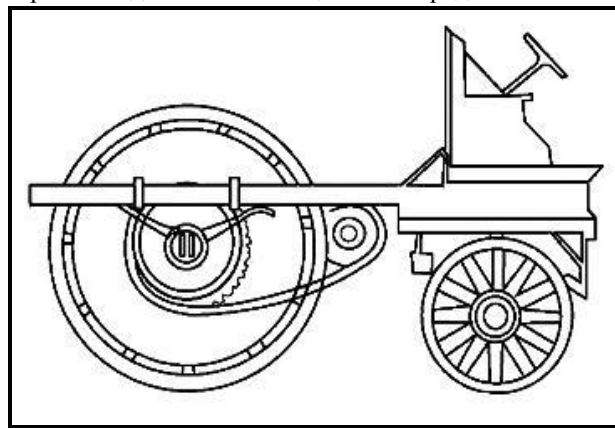
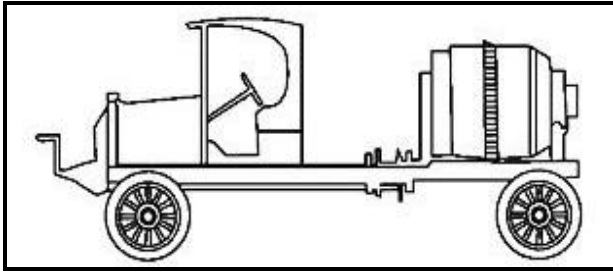


Рис.1. Патент Річарда Бодлаєндера (1904 р.). Кінний причеп із змішувальним барабаном замість коліс.

Єдиною «темною конячкою» за цей період розвитку енергоживлення був патент Ернеста Віджа, родом з містечка Лакросса, штат Вісконсін. 24 березня 1914 року Відж отримав патент на енергоблок. Цікаво, що це був один з перших патентів, котрий став правонаступником машинного обладнання «Sterling». Енергоблок був значно менший за його попередників, до його конструкції був включений маховик, і він використовував прямий привід замість ланцюгового. Та не зважаючи на це енергоблок дуже сильно нагадував свого попередника 1909 року.

Вперше згадування про автобетонозмішувач як про бетонну вантажівку датується 1920 роком. Хоч і називалась ця машина «Апарат для бетонних робіт» (рис. 2), у неї не було ані коней, ані парового котла, натомість вона мала справжнє кермо й двигун внутрішнього згоряння.

¹ Клименко М.О. асистент КНУБА; Чичур А.І., Сахно С.В. студенти Київ. нац. ун-т буд. і арх.; Шаляпіна Т.С. аспірант Київ. нац. ун-т буд. і арх.



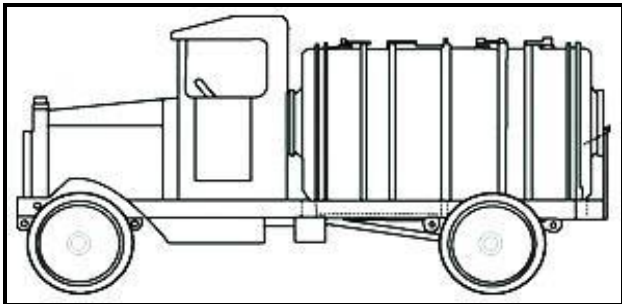
*Рис.2. Патент Еккера Бікела (1920 р.).
Перший «справжній» автобетонозмішувач.*

Недоліком такої конструкції була наявність рукоятки стартера, яка стирчала в передній частині транспортного засобу. Автором цього патенту є Еккерт Бікел з містечка Канзас-Сіті, штат Міссурі.

Найбільш помітною ознакою в автобетонозмішувачах 20-х роках минулого століття була велика кількість порожнього місця на рамі автомобіля між кабіною і барабаном. Це і було поступовою метаморфозою перших автобетонозмішувачів.

Вантажівка Бікела тримала позиції лідерства серед виробників змішувальної техніки майже впродовж 10 років. Аж поки 24 червня 1930 року винахідник Чарльз Болл, з містечка Мілуокі у штаті Вісконсін, що працював у компанії Chain Belt Co., також з Мілуокі, не отримав патент на винахід під назвою «Змішувальна та агітаційна машина» (рис. 3). Це була машина із зовсім нового покоління автобетонозмішувачів.

Вантажівка Болла мала набагато більшу вантажопідйомність порівняно із своїми аналогами. Розхвалюючи її, часто казали, що вона варта всіх дев'яти ярдів, які вона в змозі перевозити. Звідси і пішов вислів «всі дев'ять ярдів».



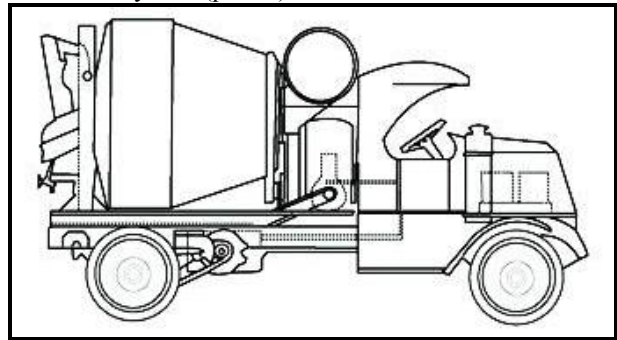
*Рис.3. Патент Чарльза Болла (1930 р.).
«Змішувальна та агітаційна машина»*

Протягом наступних 2-х років Болл радикально змінив дизайн змішувального барабана і включив його у свої патенти (рис. 4). Протягом наступних 40-х років і аж до 50-х років ХХ-го століття загальний зовнішній вигляд бетонної вантажівки не змінювався.

У 1930-і роки, попит на бетонні вантажівки зріс через зростання дорожнього будівництва. У 1927 році, в той самий час коли суттєво зросла кількість патентів на бетонні вантажівки в США, як раз було завершено перше шосе від узбережжя до узбережжя, між Нью-Йорком і Сан-Франциско – шосе Лінкольна.

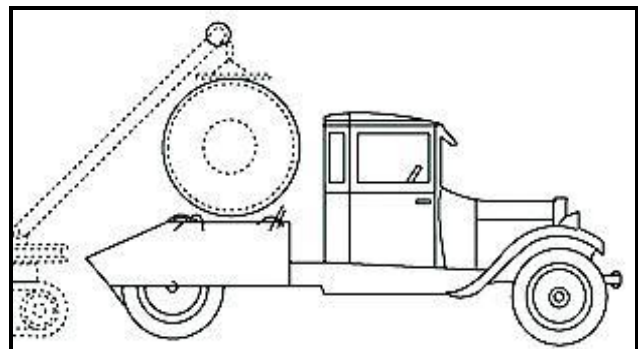
Однією з найбільш цікавих ідей у процесі розвитку авто бетонозмішувачів була ідея нахилити барабан змішувача. Цю ідею втілював і запатентував Роско

Лі 25 грудня 1934 року під назвою "Транспортуючий бетонозмішувач" (рис. 5).



*Рис.4. Патент Чарльза Болла (1932 р.).
«Пристрій для стартового
двигуна внутрішнього згорання»*

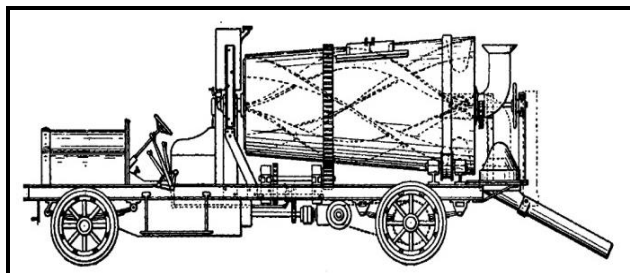
Винахід Лі розташовувався на задній частині звичайної вантажівки і встановлювався туди за допомогою невеликого крана. Така машина була на багато вигіднішою, ніж звичайний автобетонозмішувач. По закінченні контракту на перевезення бетону, машина легко переобладнувалась в звичайну бортову, що давало її власнику дуже широкий спектр використання, а значить і більші можливості заробітку.



*Рис.5. Патент Роско Лі (1934 р.).
«Транспортуючий бетонозмішувач»*

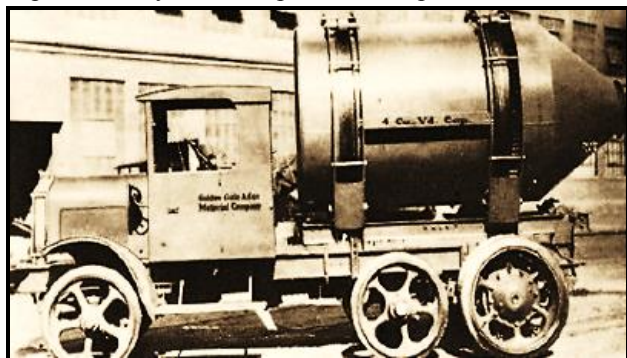
Записи Патентного Бюро США показують, що Еккерт Бікел із містечка Канзас-Сіті, що в штаті Міссурі, першим винайшов справжню бетонну вантажівку. Але записи уряду не можуть дати повноцінну картину подій. Посилаючись на відомості книги «Образотворча Історія Товарної Промисловості», що була видана Національною асоціацією товарного бетону: "Ще в 1916 році Стівен Степанян з міста Колумбус, штат Огайо, спроектував саморозвантажувальний моторизований транспортуючий змішувач. Його патент був остаточно заборонений в 1919 р." (тому що Степанян не був громадянином США). Малюнок, який супроводжував його заявку на патент наводиться в цій книзі (рис. 6.).

Хоча Степаняну було відмовлено в патенті, він отримав всезагальне визнання за його внесок у розвиток галузі. У 1954 р. в місті Чикаго на конвенції, кілька тисяч чоловік вшанували його. Так він став почесним членом ради директорів Національної Асоціації Товарного Бетону.



*Рис.6. Заявка на патент
Стівена Степаняна (1916 р.).
«Саморозвантажувальний моторизований
транспортуючий змішувач»*

До наших часів дійшли не лише патенти, а й фотографії тих машин. Їх частка, періоду зародження перших змішувачів, зображена на рис. 7.



*Рис.7. Фотографії перших
автобетонозмішувачів
(20-ті роки XX-го століття, США)*

Конструкції змішувачів, починаючи зсередини XX-го століття (рис. 8.), мали вже максимально наближену до сучасних їх нащадків, форму барабана, привод, тощо.



*Рис.8. Фотографії післявоєнних
автобетонозмішувачів
(середина XX-го століття, США)*

2. Радянські автобетонозмішувачі

Бурхливий розвиток засобів механізації по доставці бетонної суміші в колишньому СРСР почався в 1979-1980 р., але перші спроби становленню цієї промисловості почався за довго до того, ще до другої світової війни.

Так в 1935 р. в колишньому СРСР за ініціати-ви треста «Будмеханізація» була розгорнута технічна підготовка виробництва автобетонозмішувачів та авто бетоновозів. Ленінградським інститутом механізації будівництва було розроблено два проекти машин, з яких один був проектом машини для перевезення бетонної суміші, а другий – машини для перемішування суміші в дорозі.

Так в 1936 та 1937 рр. серія цих машин в кількості 15-и штук була запущена в експлуатацію. Але через конструктивні недоліки та низьку якість приготування бетонної суміші, вкупі з відсутністю, на той час в Союзі, науково-технічної бази для проектування та виготовлення таких машин, змусили трест «Будмеханізація» припинити випуск цих машин.

В 1938 році, після, майже, двохрічної перерви, на київському заводі «Красный экскаватор» Главстроймаша розпочався серійний випуск уніфікованих автобетонозмішувачів - транспортерів (далі – авто бетонозмішувачів), моделі СССР738/С-49 на шасі автомобіля ЯГ-6 (рис. 9.). Перший радянський серійний авто бетонозмішувач мав змішувальний барабан, об'ємом $1,5 \text{ м}^3$, бак для води на $240 + 40 \text{ л}$, яка, відповідно, необхідна для приготування суміші і промивки барабана. Привід барабана здійснювався, коробкою відбору потужності від базового двигуна машини.



Рис.9. Перший серійний радянський автобетонозмішувач СССР-738/С-49 на шасі ЯГ-6 (1938 р.)

Та не зважаючи на всі свої переваги і ця конструкція мала недоліки. Головним чином це була відсутність індивідуального приводного двигуна. Потужності базового двигуна машини не вистачало для забезпечення режиму належного перемішування суміші і автомобіль втрачав свою швидкість та динаміку.

На той час, окрім змішувача СССР-738, Ленінградським інститутом механізації будівництва сумісно з 16-м Стройтрестом на трьохвісній вантажівці ЗИС-6, випускався ще один – АБ-38 (рис. 10.). Не зважаючи на те, що ЗИС-6 мав меншу вантажопідйомність ніж ЯГ-6, на нього встановлювався барабан більшого об'єму (повний – 4 м^3 , корисний – $2,2 \text{ м}^3$). За оцінкою експертів, конструкція АБ-38 виявилась кращою за СССР-738, та й вона мала недоліки: не

велика швидкість машини, що обумовлювалось перевантаженням шасі.



Рис.10. Версія автобетонозмішувача на базі ЗИС-6 АБ-38 (1938 р.)

Наступний етап розвитку радянських автобетонозмішувачів прийшовся на другу половину 40-х років. В НДИ «Стройдормаш» розробили проект автобетонозмішувача С-269 на базі шасі ЗИС-150 (рис. 11.).



Рис.11. Післявоєнний автобетонозмішувач С-269 на шасі ЗИС-150 (40-і роки ХХ-го ст.)

На відміну від довоєнних змішувачів конструкція мала ряд новацій: змішувальний барабан був не циліндричної а грушоподібної форми і монтувався не горизонтально а під кутом 17° до горизонту. Його корисний об'єм був трохи більший ніж у попередника СССР-738 – $1,6 \text{ м}^3$, водяний бак також збільшився в об'ємі: $270 + 80 \text{ л}$.

Незмінним лишився лише тип приводу барабана, як і до того, від здійснювався за допомогою коробки відбору потужності базового двигуна, що являлось основним недоліком машини.

Тим же підприємством був випущений більш важкий автобетонозмішувач С-224 на шасі ЯАЗ-200 (рис. 12.). Конструкція барабана, завантажувальних і розвантажувальних пристроїв, а також водних комунікацій була аналогічною конструкції С-269. Корисний об'єм змішувального барабану змішувача С-224 складав 2 м^3 , а кут нахилу до горизонту 20° . Принциповою відмінністю С-224 від С-269 була наявність

індивідуального привода обертання барабана від двигуна ГАЗ-МК, потужністю 30 к.с. (22,06 кВт). Незручність такої конструкції полягала в тому, що двигун базової машини був дизельним, а приводний - бензиновим.



Рис.12. Перший вітчизняний автобетонозмішувач С-224 з автономним двигуном на базі ЯАЗ-200 (40-і роки ХХ-го ст.)

Нажаль достовірно не відомо на скільки великим був серійний випуск автобетонозмішувачів ЗИС-150 та ЯАЗ-200, і чи був він взагалі. Лише наприкінці 60-х років ХХ-го століття Радянський Союз опанував серійне виробництво автобетонозмішувачів.

У другій половині 60-х років НДИ «Стройдормаш» розробив проекти двох автобетонозмішувачів - С-942 (СБ-58) на шасі КраЗ-258 (рис. 13.) та С-1036 (СБ-69) на шасі МАЗ-505Б. Їх випускали в 1968 - 1969 рр. Слов'янським заводом будівельних машин. В цілому на нових машинах залишилися компоновальні рішення прийняті на радянських моделях в кінці 40-х років ХХ-го століття.



Рис.13. Третє покоління радянських автобетонозмішувачів (друга половина 60-х років ХХ-го ст.)

Але в їх кінематика мала суттєві відмінності - на всіх попередніх моделях зубчастий вінець барабана отримував крутний момент від шестерні вихідного вала редуктора, а на новинках передача була замінена на ланцюгову. Потужність приводного двигуна (Д-37МС3) змішувача на обох моделях сягала 40 к.с. (29,42 кВт). Корисний об'єм барабана змішувача С-942 сягав 3,2 м³, а С-1036 - 2-2,5 м³. А змішувач С-

1036 ще й міг готувати не тільки рухомі суміші, а й жорсткі.

Та на досягнутому радянські конструктори не зупинилися. І вже на початку 70-х років НДИ «Стройдормаш» розробив вдосконалений автобетонозмішувач СБ-92 ємністю 4 м³ на базі КраЗа та СБ-83 ємністю 4,5-5 м³ - на напівпричепі до автомобіля МАЗ-504. У 1972 році СБ-92 був прийнятий на виробництво Слов'янським заводом будівельних машин. Від С-942 він відрізнявся більшим об'ємом барабана, потужнішим двигуном, кутом нахилу барабана до горизонту - 15°, та внутрішні змішувальні органи були виконані у вигляді плоских гвинтових розташовані лопатей, перпендикулярно до конічних секцій барабану.

В середині 70-х років щорічний об'єм виробництва автобетонозмішувачів в СРСР склав декілька сотень, наприклад, в 1973 р. було виготовлено 253 машина, а в 1974 - 340. Та не зважаючи на це, будівельна промисловість потребувала набагато більшої кількості машин, а оскільки на той час єдиним виробником такої техніки в СРСР був Слов'янський завод будівельної техніки, в 1973 р. владою було ініційоване будівництво нового заводу автобетоновозів в місті Туймази, Башкирської АРСР. Будівництво почалося навесні 1976 року, а вже 5 жовтня 1977 року був випущений перша дослідна модель автобетоновоза СБ-113 на Туймазинському дослідно-експериментальному заводі будівельних машин. В 1980 р. наказом Міністерства будівельної техніки СРСР ці два заводи об'єднали в один. Лише за перший рік роботи було виготовлено більше двох сотень будівельної техніки, яка поставлялась не лише вітчизняним споживачам, а й закордон: В Болгарію, Кубу, Анголу, В'єтнам, Сирію, Угорщину, Китай, Індію.

Бурхливий розвиток виробництва автобетонозмішувачів в СРСР прийшовся на 80-ті роки ХХ-го століття, завдяки запуску Туймазинського заводу автобетоновозів та початку ліцензованого випуску техніки німецької фірми «Stetter» (рис. 14.). Радянській промисловості вдалося значно збільшити випуск змішувальної техніки, але основна її маса експортувалась закордон. Так Кам'янський дослідно-механічний завод в ті часи випускав 1000 комплектів для закордонного ринку і лише 200 для радянських будівельників.

А тим часом радянські конструктори продовжували створювати власні проекти. В 1980-1981 рр. Слов'янський завод за проектом НДИ «Стройдормаш» створив автобетонозмішувач СБ-130 й уніфікований з ним бетоновоз СБ-132 на шасі напівпричепі, що працював в парі з тягачем КамАЗ-5410. Барабан мав вражаючий об'єм - 8 м³ та привід від власного двигуна Д-145Т. Та головною відмінністю від його попередників було використання гідравлічного приводу барабана замість важкої і складної механічної трансмісії. Нова приводна схема знайшла використання і на наступних радянських автобетонозмішувачах - СБ-127 на шасі КраЗ-6505 (1982 р.), СБ-159 на шасі КамАЗ-5511 (1983 р.), А також на більш пізніх машинах і застосовується дотепер.



Рис.14. Автобетонозмішувач виготовлений сумісно із компанією «Stetter» та Кам'янським дослідно-механічним заводом (1981 р.)

Висновки

Проведені дослідження дозволили виявити наступні закономірності та зробити такі висновки

1. Здійснена оцінка розвитку конструкцій автобетонозмішувачів засвідчує високу ефективність їх застосування в каркасно-монолітному будівництві;
2. Виконаний аналіз техніко-економічних показників підтверджує доцільність проведення подальших досліджень для вдосконалення конструктивних параметрів авто бетонозмішувачів та розробки алгоритму їх раціонального використання.

Література

1. Vladimir Novoselov Mixer Passions. The Russian market of concrete mixer trucks // Строительная техника и технологии, - 2011, №7. – С. 84-87
2. Пархомчик П.А., Егоров А.Н., Семко С.Н. Автобетоносмесители Могилёвского автозавода// Строительные и дорожные машины, - 2010, №2. – С.5-7
3. Туймазинские автобетононасосы и автобетоносмесители // Строительные и дорожные машины, - 2011. – №10. – С.4
4. Усовершенствованные автобетоносмесители компании Liebherr// Строительные и дорожные машины, - 2012. – №1. – С.53
5. Новоселов В., Новикова А. Советский автобетоносмеситель с иностранным акцентом: из истории строительной техники// Строительная техника и технологии. - 2005. - №2. - С. 34-37.
6. Матеріали сайту БАТ «Міхневський ремонтно-механічний завод» <http://www.mrmz.ru> (<http://www.mrmz.ru/article/v3/print/1.htm>) .
7. Concrete Construction Staff // Ready Mixed Concrete: The first fifty years, - 1962.

УДК 531.8

Дьомін Ю.М.¹

ДИНАМІКА РУХУ РОБОЧОГО ОРГАНУ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ПОКРИТТІВ НА МАГІСТРАЛЬНІ ТРУБОПРОВОДИ

Анотація. Приведений результат теоретичних досліджень руху робочого органу установки для нанесення поліуретанових покриттів на магістральні трубопроводи та визначені основні параметри.

Аннотация. Приведенные результаты теоретических исследований движения рабочего органа установки для нанесения полиуретановых покрытий на магистральные трубопроводы и определение основных параметров.

Annotation. Resulted results of theoretical researches motion working organ fluidizer causing of poliuretanovykh coverages on main pipelines and determination of basic parameters.

Виклад основного матеріалу досліджень. Проведеними дослідженнями визначені моделі робочого процесу нанесення поліуретанових покриттів на магістральні трубопроводи. Створена

принципова схема установки для реалізації ідеї покращення нанесення захисного покриття. Актуальним є задача теоретичного дослідження на базі окремих раніше результатів.

¹ Дьомін Ю.М., пошукувач НТУ «КПІ»

Мета роботи полягає у встановленні залежностей, що описують рух робочого органу машини для нанесення захисного покриття.

Динамічна модель складається з еквівалентної ведучої 1 і веденою 2 зірочок, сполучених ланцюгом 3 з передавальним відношенням 1. При цьому кутові швидкості обертання ведучої 1 і веденою 2 зірочок рівні кутовій швидкості обертання ротора робочого органу установки. В динамічній моделі робочого органу установки для нанесення поліуретанового покриття.

Наведений момент інерції еквівалентної зірочки визначається відомими методами теоретичної механіки [1].

Грунтуючись на принципах Д'Аламбера, складемо наступні рівняння руху досліджуваної динамічної системи:

$$J_1 \frac{d^2 \phi_1}{dt^2} + b \left(\frac{d\phi_1}{dt} - \frac{d\phi_2}{dt} \right) +$$

$$+ k(\phi_1 - \phi_2) = M(t); \quad (1)$$

$$J_2 \frac{d^2 \phi_2}{dt^2} - b \left(\frac{d\phi_1}{dt} - \frac{d\phi_2}{dt} \right) -$$

$$- k(\phi_1 - \phi_2) = -M_c, \quad (2)$$

де ϕ_1 і ϕ_2 – кути повороту еквівалентної зірочки і ротора.

J_1 – наведений момент інерції еквівалентної зірочки 1;

J_2 – момент інерції ротора робочого органу установки;

$M(t)$ – момент рушійних сил, наведений до еквівалентної зірочки;

M_c – момент сил опору обертанню ротора установки;

k, b – жорсткість і коефіцієнт непружного опору приводного ланцюга.

$$J_1 = \sum_{i=1}^n \frac{J_i \omega_i^2}{\omega^2}, \quad (3)$$

$$a_l = \Sigma$$

де J_i – момент інерції i -го елемента приводу, що обертається;

ω_i – кутова швидкість i -го елемента приводу, що обертається

Помножимо рівняння (1) на J_2 , а рівняння (2.) на J_1 :

$$J_1 J_2 \frac{d^2 \phi_1}{dt^2} + b J_2 \left(\frac{d\phi_1}{dt} - \frac{d\phi_2}{dt} \right) +$$

$$+ k J_2 (\phi_1 - \phi_2) = J_2 M(t) \quad (4)$$

$$J_1 J_2 \frac{d^2 \phi_2}{dt^2} - b J_1 \left(\frac{d\phi_1}{dt} - \frac{d\phi_2}{dt} \right) -$$

$$- k J_1 (\phi_1 - \phi_2) = -J_1 M_c \quad (5)$$

Віднімаючи з рівняння (4) рівняння (5), отримаємо

$$J_1 J_2 \left(\frac{d^2 \phi_1}{dt^2} - \frac{d^2 \phi_2}{dt^2} \right) +$$

$$+ b (J_1 + J_2) \left(\frac{d\phi_1}{dt} - \frac{d\phi_2}{dt} \right) +$$

$$+ k (J_1 + J_2) (\phi_1 - \phi_2) =$$

$$= J_2 M(t) + J_1 M_c \quad (6)$$

Перетворимо вираз (6) до наступного вигляду:

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{b (J_1 + J_2)}{J_1 J_2} \cdot \frac{d\psi}{dt} +$$

$$+ \frac{k (J_1 + J_2)}{J_1 J_2} \psi = \frac{M(t)}{J_1} + \frac{M_c}{J_2}, \quad (7)$$

де ψ – кут повороту еквівалентної зірочки з наведеним моментом інерції J_1 відносно ротора з моментом інерції J_2 .

Обмежуючи кількість членів розкладання в ряд по синусах і по косинусах до трьох, наведемо рівняння (7) до наступного вигляду:

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + 2\delta \frac{d\psi}{dt} + p_0^2 \psi = \frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1} + \frac{M_c}{J_2}$$

$$+ \frac{2M_1}{\pi J_1} \left[\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} \right] +$$

$$+ \frac{M_1}{\pi J_1} \left[\frac{\sin \alpha \cos \omega t}{1} - \frac{\sin 2\alpha \cos 2\omega t}{2} + \frac{\sin 3\alpha \cos 3\omega t}{3} \right], \quad (8)$$

де δ_1 – логарифмічний декремент коливань;

$$\delta_1 = \frac{b(J_1 + J_2)}{2J_1 J_2}; \quad (9)$$

p_0 – частота власних коливань системи,

$$p_0 = \sqrt{\frac{k(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}}. \quad (10)$$

Введемо нову змінну функцію, при якій

$$\psi = \phi + \frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1 p_0^2} + \frac{M_c}{J_2 p_0^2} \quad (11)$$

і поставляючи її в рівняння (8), отримаємо рівняння крутильних коливань досліджуваної динамічної системи в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \phi}{dt^2} + 2\delta_1 \frac{d\phi}{dt} + p_0^2 \phi = \\ \frac{2M_1}{\pi J_1} \left[\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} \right] + \\ + \frac{M_1}{\pi J_1} \left[\frac{\sin \alpha \cos \omega t}{1} - \frac{\sin 2\alpha \cos 2\omega t}{2} + \frac{\sin 3\alpha \cos 3\omega t}{3} \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

Розв'язання рівняння (12) без правої частини має вигляд:

$$\phi_0 = e^{-\delta_1 t} (B \sin p_1 t + D \cos p_1 t), \quad (13)$$

де B і D – постійні інтегрування, які визначаються з початкових умов;

p_1 – частота власних коливань системи з урахуванням демпфування

$$p_1 = \sqrt{p_0^2 - \delta_1^2}. \quad (14)$$

Розв'язання рівняння (12), що описує стаціонарні коливання динамічної системи, буде мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \phi^* = \Psi_{11} \sin(\omega t - \xi_{11}) + \\ + \Psi_{31} \sin(3\omega t - \xi_{31}) + \Psi_5 \sin(5\omega t - \xi_5) + \\ + \Psi_{12} \cos(\omega t + \xi_{11}) - \Psi_2 \cos(2\omega t + \xi_2) + \\ + \Psi_{32} \cos(3\omega t + \xi_{31}), \end{aligned} \quad (15)$$

де $\Psi_{11}, \Psi_{31}, \Psi_5, \Psi_{12}, \Psi_2, \Psi_{32}$ – амплітуди гармонійних крутильних коливань динамічної системи;

$\xi_{11}, \xi_{31}, \xi_5, \xi_2$ – зсув фаз між амплітудами вимушених сил і кутовими переміщеннями на відповідних гармоніках коливань;

$$\Psi_{11} = \frac{2M_1}{\pi J_1 \sqrt{(p_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_1^2 \omega^2}}; \quad (16)$$

$$\Psi_{31} = \frac{2M_1}{\pi J_1 \sqrt{(p_0^2 - 9\omega^2)^2 + 36\delta_1^2 \omega^2}}; \quad (17)$$

$$\Psi_{51} = \frac{2M_1}{\pi J_1 \sqrt{(p_0^2 - 25\omega^2)^2 + 100\delta_1^2 \omega^2}}; \quad (18)$$

$$\Psi_{12} = \frac{M_1 \sin \alpha}{\pi J_1 \sqrt{(p_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_1^2 \omega^2}}; \quad (19)$$

$$\Psi_2 = \frac{M_1 \sin 2\alpha}{\pi J_1 \sqrt{(p_0^2 - 4\omega^2)^2 + 16\delta_1^2 \omega^2}}; \quad (20)$$

$$\Psi_{32} = \frac{M_1 \sin 3\alpha}{\pi J_1 \sqrt{(p_0^2 - 9\omega^2)^2 + 36\delta_1^2 \omega^2}}; \quad (21)$$

$$\xi_{11} = \arctg \frac{2\delta_1 \omega}{p_0^2 - \omega^2}; \quad (22)$$

$$\xi_2 = \arctg \frac{4\delta_1 \omega}{p_0^2 - 4\omega^2}; \quad (23)$$

$$\xi_{31} = \arctg \frac{6\delta_1 \omega}{p_0^2 - 9\omega^2}; \quad (24)$$

$$\xi_5 = \arctg \frac{10\delta_1 \omega}{p_0^2 - 25\omega^2}. \quad (25)$$

Після нескладних перетворень виразу (15) отримаємо розв'язання рівняння (12) для стаціонарних коливань у наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \phi^* = \Psi_1 \sin(\omega t - \xi_1) - \Psi_2 \cos(2\omega t + \xi_2) + \\ + \Psi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) + \Psi_5 \sin(5\omega t - \xi_5), \end{aligned} \quad (26)$$

де Ψ_1, Ψ_3 – наведені амплітуди гармонійних крутильних коливань;

ξ_1, ξ_3 – зсув фаз між наведеними амплітудами вимушених сил і кутовими переміщеннями на першій і третій гармоніках коливань;

$$\Psi_1 = \sqrt{\Psi_{11}^2 + \Psi_{12}^2 - 2\Psi_{11}\Psi_{12}\sin 2\xi_{11}}; \quad (27)$$

$$\Psi_3 = \sqrt{\Psi_{31}^2 + \Psi_{32}^2 - 2\Psi_{31}\Psi_{32}\sin 2\xi_{31}}; (28)$$

$$\xi_1 = \arctg \frac{\Psi_{11}\sin \xi_{11} - \Psi_{12}\cos \xi_{11}}{\Psi_{11}\cos \xi_{11} - \Psi_{12}\sin \xi_{11}}; (29)$$

$$\xi_3 = \arctg \frac{\Psi_{31}\sin \xi_{31} - \Psi_{32}\cos \xi_{31}}{\Psi_{31}\cos \xi_{31} - \Psi_{32}\sin \xi_{31}}. (30)$$

Використовуючи залежності (13) і (15), знайдемо загальне розв'язання рівняння (12):

$$\begin{aligned} \phi(t) = \phi_0 + \phi^* = e^{-\delta_1 t} (B \sin p_1 t + D \cos p_1 t) + \\ + \Psi_1 \sin(\omega t - \xi_1) - \\ - \Psi_2 \cos(2\omega t + \xi_2) + \\ + \Psi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) + \Psi_5 \sin(5\omega t - \xi_5). \end{aligned} \quad (31)$$

Використовуючи вирази (11) і (31) знайдемо загальне розв'язання рівняння (2.18):

$$\begin{aligned} \psi(t) = \frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1 p_0^2} + \frac{M_c}{J_2 p_0^2} + \\ + e^{-\delta_1 t} (B \sin p_1 t + D \cos p_1 t) + \Psi_1 \sin(\omega t - \xi_1) - \\ - \Psi_2 \cos(2\omega t + \xi_2) + \Psi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) + \\ + \Psi_5 \sin(5\omega t - \xi_5). \end{aligned} \quad (32)$$

Постійні інтегрування B і D у виразі (2.41) знайдемо з наступних початкових умов:

$$\text{при } t = 0 \quad \psi(0) = 0 \text{ и } \frac{d\psi(0)}{dt} = 0; \quad (33)$$

$$D = -\frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1 p_0^2} - \frac{M_c}{J_2 p_0^2} + \Psi_1 \sin \xi_1 + \quad (34)$$

$$+ \Psi_2 \cos \xi_2 + \Psi_3 \sin \xi_3 + \Psi_5 \sin \xi_5; \\ B = -\frac{\delta_1}{p_1} \left[\frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1 p_0^2} + \frac{M_c}{J_2 p_0^2} \right] + \quad (35)$$

$$+ \frac{\Psi_1(\delta_1 \sin \xi_1 - \omega \cos \xi_1)}{p_1} + \\ + \frac{\Psi_2(\delta_1 \cos \xi_2 - 2\omega \sin \xi_2)}{p_1} + \\ + \frac{\Psi_3(\delta_1 \sin \xi_3 - 3\omega \cos \xi_3) + \Psi_5(\delta_1 \sin \xi_5 - 5\omega \cos \xi_5)}{p_1}$$

Підставляючи постійні інтегрування B (35) і D (34) у вираз (32), знайдемо зміну кута повороту еквівалентної зірочки відносно ротора (кута закручування) в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \psi(t) = \left[\frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1 p_0^2} + \frac{M_c}{J_2 p_0^2} \right] \cdot \left[1 - e^{-\delta_1 t} \left(\frac{\delta_1}{p_1} \sin p_1 t + \cos p_1 t \right) \right] + \\ + e^{-\delta_1 t} \left[\frac{\Psi_1(\delta_1 \sin \xi_1 - \omega \cos \xi_1) + \Psi_2(\delta_1 \cos \xi_2 - 2\omega \sin \xi_2)}{p_1} + \right. \\ \left. + \frac{\Psi_3(\delta_1 \sin \xi_3 - 3\omega \cos \xi_3) + \Psi_5(\delta_1 \sin \xi_5 - 5\omega \cos \xi_5)}{p_1} \right] \sin p_1 t + \\ + e^{-\delta_1 t} (\Psi_1 \sin \xi_1 + \\ + \Psi_2 \cos \xi_2 + \Psi_3 \sin \xi_3 + \Psi_5 \sin \xi_5) \cos p_1 t + \Psi_1 \sin(\omega t - \xi_1) - \\ - \Psi_2 \cos(2\omega t + \xi_2) + \Psi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) + \Psi_5 \sin(5\omega t - \xi_5). \end{aligned} \quad (36)$$

Крутильну жорсткість приводного ланцюга k можна визначити як подовжню жорсткість ланцюга C_1 , помножену на радіус обертання ланцюга r на зірочці.

В першому наближенні подовжню жорсткість ланцюга C_1 можна визначити, використовуючи видозмінену залежність []:

$$C_1 = \frac{E_y S_y}{l} k_y, \quad (37)$$

де E_y – модуль пружності матеріалу ланцюга;

S_y – середня площа перетину ланцюга;

l – довжина завантаженої ділянки ланцюга;

k_y – коефіцієнт, значення якого для приводних короткозв'язаних ланцюгів приймають рівним 0,7...0,75.

Тоді крутильну жорсткість приводного ланцюга може бути визначено з виразу:

$$k = C_1 r. \quad (38)$$

Коефіцієнт непружного опору ланцюгової передачі b , який використовується в рівняннях коливань (4) і (5) даної динамічної системи, може бути з достатнім ступенем точності визначено з наступного виразу:

$$b = \frac{\mu_0 E_y}{\omega k_y} r, \quad (39)$$

де μ_0 – коефіцієнт загасання коливань, що характеризує внутрішнє тертя в ланцюгу,

$\mu_0 = 3,81 \cdot 10^{-4}$ для сталі Ст.5 [181].

Момент від дії сил опору M_c буде дорівнювати моменту сил тертя в опорах ротора, тобто

$$M_c = G_1 g f_{tr} \frac{d}{2}, \quad (40)$$

де G_1 – сила тяжіння ротора;

g – прискорення вільного падіння;

f_{tr} – коефіцієнт тертя;

d – діаметр бігової доріжки ротора.

Після нескладних перетворень виразу (36), розв'язання рівняння представимо в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \psi(t) = & \Phi_0 - \Delta e^{-\delta_1 t} \sin(p_1 t + \theta_1) + \\ & + \Psi_1 \sin(\omega t - \xi_1) - \Psi_2 \cos(2\omega t + \xi_2) + \\ & + \Psi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) + \Psi_5 \sin(5\omega t - \xi_5), \end{aligned} \quad (41)$$

де

$$\Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2; \quad (42)$$

$$\Phi_1 = \frac{M_1(\pi - 2\alpha)}{\pi J_1 p_0^2}; \quad \Phi_2 = \frac{M_c}{J_2 p_0^2}; \quad (43)$$

$$\Delta = \sqrt{\left(\Phi_0 \frac{\delta_1}{p_1} - \Lambda\right)^2 + (\Phi_0 - Z)^2}; \quad (44)$$

$$\Lambda = \frac{\delta_1 Z - \omega N}{p_1}; \quad (45)$$

$$\begin{aligned} Z = & \Psi_1 \sin \xi_1 + \Psi_2 \cos \xi_2 + \\ & + \Psi_3 \sin \xi_3 + \Psi_5 \sin \xi_5; \end{aligned} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} N = & \Psi_1 \cos \xi_1 + 2\Psi_2 \sin \xi_2 + \\ & + 3\Psi_3 \cos \xi_3 + 5\Psi_5 \cos \xi_5; \end{aligned} \quad (47)$$

$$\theta_1 = \arctg \frac{\Phi_0 - Z}{\Phi_0 \frac{\delta_1}{p_1} - \Lambda}.$$

Величина динамічного навантаження, що виникає в ланцюговій передачі привода, може бути визначена з наступного виразу:

$$F_y(t) = \frac{k\psi(t)}{r}. \quad (48)$$

де F_y – величина подовжньої динамічної сили, діючої на ланцюгову передачу.

Аналіз отриманих залежностей показує, що величина виникаючих динамічних навантажень в приводі робочого органу установки для нанесення поліуретанового покриття суттєво залежить від моментів рушійних сил і сил опорів, моментів інерції

мас, що рухаються, кутової швидкості обертання ротора, частоти власних коливань динамічної системи.

З аналізу отриманих виразів слідує, що в процесі роботи установки можливі випадки, коли знаменники виразів (16)...(21) приймають значення близькі до нуля на одній з гармонік вимушених коливань, тобто

$$\begin{aligned} (p_0^2 - \omega^2) \approx 0 \text{ или } (p_0^2 - 4\omega^2) \approx 0, \text{ или} \\ (p_0^2 - 9\omega^2) \approx 0, (p_0^2 - 25\omega^2) \approx 0, \end{aligned}$$

а це наведе до різкого збільшення навантаження на цій гармоніці.

Тому при розробці установки пропонованої конструкції необхідно вибрати такі параметри привода, щоб виключити різкого зростання динамічних навантажень на одній з гармонік, яке спостерігається у разі виконання умови (51).

Для визначення закону руху ротора φ_2 необхідно в рівняння (2) підставити вираз (41), на тій підставі, що $\varphi_1 - \varphi_2 = \psi(t)$. Тоді вираз (2) перетвориться до наступного вигляду:

$$J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} - b \frac{d\psi(t)}{dt} - k\psi(t) = -M_c, \quad (49)$$

або

$$\frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = 2\delta_2 \frac{d\psi(t)}{dt} + p_{02}^2 \psi(t) - q_2. \quad (50)$$

де

$$\delta_2 = \frac{b}{2J_2};$$

$$p_{02} = \sqrt{\frac{k}{J_2}}; \quad q_2 = \frac{M_c}{J_2}. \quad (51)$$

Двічі проінтегрувавши вираз (51), визначимо закон зміни кута повороту ротора.

Для цього спочатку, диференціюючи вираз (41), визначимо швидкість закручування еквівалентної зірочки відносно ротора, тобто

$$\begin{aligned} \frac{d\psi(t)}{dt} = & \Delta e^{-\delta_1 t} [\delta_1 \sin(p_1 t + \theta_1) - p_1 \cos(p_1 t + \theta_1)] + \\ & + \Psi_1 \omega \cos(\omega t - \xi_1) + \\ & + 2\Psi_2 \omega \sin(2\omega t + \xi_2) + 3\Psi_3 \omega \cos(3\omega t - \xi_3) + \\ & + 5\Psi_5 \omega \cos(5\omega t - \xi_5). \end{aligned} \quad (52)$$

Підставляючи (52) і (41) у вираз (48) і потім, двічі інтегруючи його, визначимо зміну кута повороту ротора залежно від часу і початкових умов

$$\text{при } t=0 \quad \frac{d\varphi_2(0)}{dt}=0; \quad \varphi_2=0; \quad (53)$$

$$\begin{aligned} \phi_2(t) = & \left(\Phi_0 p_{02}^2 - q \right) \frac{t^2}{2} + \\ & + p_{02}^2 \left[\Delta e^{-\delta_1 t} \sin(p_1 t + \theta_1 - \lambda_1) - \frac{\Psi_1}{\omega^2} \sin(\omega t - \xi_1) + \right. \\ & + \frac{\Psi_2}{4\omega^2} \cos(2\omega t + \xi_2) - \frac{\Psi_3}{9\omega^2} \sin(3\omega t - \xi_3) - \frac{\Psi_5}{25\omega^2} \sin(5\omega t - \xi_5) \left. \right] + \\ & + 2\delta_2 \left[\frac{\Delta}{p_0} e^{-\delta_1 t} \cos(p_1 t + \theta_1 - \lambda_1) - \frac{\Psi_1}{\omega} \cos(\omega t - \xi_1) - \frac{\Psi_2}{2\omega} \sin(2\omega t + \xi_2) - \right. \\ & - \frac{\Psi_3}{3\omega} \cos(3\omega t - \xi_3) - \\ & \left. - \frac{\Psi_5}{5\omega^2} \cos(5\omega t - \xi_5) \right] + N_1 t + N_2, \end{aligned} \quad (54)$$

де N_1, N_2 – постійні інтегрування, які визначаються з початкових умов (2.59);

$$\begin{aligned} N_1 = & 2\delta_2 (\Delta \sin \theta_1 + Z) - p_{02}^2 \left(\frac{\Delta}{p_0} - \frac{\Psi_1}{\omega} \cos \xi_1 - \frac{\Psi_2}{2\omega} \sin \xi_2 - \right. \\ & \left. - \frac{\Psi_3}{3\omega} \cos \xi_3 - \frac{\Psi_5}{5\omega} \cos \xi_5 \right); \end{aligned} \quad (55)$$

$$\begin{aligned} N_2 = & 2\delta_2 \left[\frac{\Delta}{p_0} \cos(\theta_1 - \lambda_1) - \frac{\Psi_1}{\omega} \cos \xi_1 - \frac{\Psi_2}{2\omega} \sin \xi_2 - \right. \\ & - \frac{\Psi_3}{3\omega} \cos \xi_3 - \frac{\Psi_5}{5\omega} \cos \xi_5 \left. \right] - \\ & - \left[\Delta \sin(\theta_1 - 2\lambda_1) + \frac{\Psi_1}{\omega^2} \sin \xi_1 + \frac{\Psi_2}{4\omega^2} \cos \xi_2 + \right. \\ & \left. + \frac{\Psi_3}{9\omega^2} \sin \xi_3 + \frac{\Psi_5}{25\omega^2} \sin \xi_5 \right]; \end{aligned}$$

(56) λ_1 – кут зсуву фаз,

$$\lambda_1 = \operatorname{arctg} \frac{\delta_1}{p_1}.$$

Таким чином, отримані залежності, які дозволяють визначити закономірність зміни кута повороту ротора установки для нанесення поліуретанового покриття залежно від моменту, що прикладається, моменту сил опорів, кутової частоти обертання ротора, тривалості перемикавання на реверсування, фізико-механічних характеристик привода. Вони також дозволяють визначити раціональні параметри привода і величину динамічних навантажень у приводі.

Висновки

Виконані теоретичні дослідження розвинули наукові уявлення про механізм виникнення крутильних коливань робочого органу машини для нанесення поліуретанового покриття на поверхню магістральних трубопроводів і послужили основою для визначення раціональних параметрів робочого органу, раціонального співвідношення між моментами рушійних сил, моментами сил опору, кутової частоти обертання ротора, тривалості перемикавання на зворотний хід, динамічними і фізико-механічними характеристиками привода. Встановлено, що на основну частоту крутильних коливань накладаються більш високі гармоніки коливань, які при певних фізико-механічних характеристиках привода, можуть навести до руйнування механізму привода і нестійкої роботи системи. Виявлено, що від характеру зміни величини моменту рушійних сил залежить і без ударна робота привода при реверсуванні.

Література

1. Яблонський А.А. Курс теоретичної механіки. Часть II. Динамика «Высшая школа», М. – 1966. – 411 с.

УДК 658.5:004.9:69.05

Єременко Б.М.¹

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

АНОТАЦІЯ. Проведено аналіз методів неруйнівного контролю. Показано переваги застосування методу акустичної емісії для дослідження технічного стану об'єктів будівництва.

Ключові слова: неруйнівний контроль, акустична емісія, тріщина.

АННОТАЦИЯ. Проведен анализ методов неразрушающего контроля. Показаны преимущества использования метода акустической эмиссии для исследования технического состояния строительных объектов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустическая эмиссия, трещина.

SUMMARY. The analysis methods of non-destructive testing. The advantages of using acoustic emission method to study the technical condition of buildings.

Keywords: non-destructive testing, acoustic emission, crack.

Постановка проблеми. Об'єкти будівництва – складні інженерні конструкції, які повинні надійно функціонувати зазначений період часу з моменту їх створення. Досвід експлуатації будівельних об'єктів в умовах агресивного зовнішнього середовища вимагає проведення поточного контролю їх стану. Особлива увага приділяється методам неруйнівного контролю, сутність яких полягає в аналізі динаміки зміни технічного стану об'єктів будівництва, виявленні та класифікації дефектів *без шкідливого впливу на об'єкт*.

За технічним виконанням неруйнівні методи поділяють на три групи:

- автономні прилади для контролю однієї або декількох взаємозв'язаних якісних характеристик;
- системи неруйнівних методів контролю для автоматизованого управління технологічними процесами за якісними ознаками;
- комплексні системи, автоматичні лінії та роботи призначені для визначення широкого ряду основних параметрів, що характеризують технічний стан об'єкту.

На теперішній час виділяють дев'ять основних методів неруйнівного контролю (рис.1), які класифікують за характером взаємодії фізичних полів з об'єктом контролю та за способом отримання первинної інформації [1,2]. Для вирішення проблеми виявлення та спостереження за динамікою розвитку дефектів в процесі експлуатації будівельних об'єктів без шкідливого впливу на сам об'єкт та мешканців доцільним є використання оптичних та акустичних методів. При чому, самі методи детально досліджені, але різноманіття будівельних матеріалів, їх властивостей, та умов експлуатації (природні та техногенні), що визначають причини та характер руйнування матеріалів, передбачає визначення великої кількості параметрів, обробка яких потребує розробки спеціальних програмних засобів, які в свою чергу, базуються на відповідних моделях і методах [2].

Метою даної роботи є аналіз методів неруйнівного контролю технічного стану об'єктів будівництва та фізико-хімічних моделей, які можуть нестационарний потік енергії. Як правило, це

бути основою для розробки програмних засобів обробки первинної інформації про технічний стан об'єктів будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Оптичні методи неруйнівного контролю мають широке застосування завдяки різноманіттю способів отримання первинної інформації [3]. До основних переваг методів відносять простоту контролю, невелика трудомісткість, нескладне обладнання, (рис.2).

Недоліками вважаються [2]:

- порівняно вузький діапазон параметрів, що контролюються;
- необхідність визначати параметри оточуючого середовища та стану поверхні контролюваного об'єкту;
- можливість виявлення лише дефектів, прояви яких спостерігаються на поверхні.

При поширенні звукових та ультразвукових хвиль відбуваються ті ж самі явища, що й при поширенні оптичних хвиль: відбивання, поглинання, розсіювання, інтерференція, дисперсія та дифракція. Всі перелічені явища призводить до перерозподілу напружень у матеріалі та виникненню акустичних полів, моделювання яких дозволило розробити ефективні методи діагностування пошкоджень конструкцій. Перевага акустичних методів полягає в тому, що акустичні хвилі здатні проникати всередину об'єкту. Це дає змогу виявляти дефекти не лише на поверхні, а й в середині піддослідного будівельного об'єкту (рис.2).

Виклад основного матеріалу. Хвилі напруження виникають в матеріалі внаслідок пластичної деформації, яка спричинена зовнішніми, термічними залишковими або іншими напруженнями, що обумовлюють накопичення пружної енергії в потенціальних дефектах. Навколо дефектів підвищується інтенсивність напружень. При перевищенні цих напружень певного значення відбувається розрив зв'язків і зростання тріщин. При зростанні тріщини виділяється енергія у вигляді хвиль напруження, або акустичної емісії (АЕ) [3], що представляє собою

¹ Єременко Б.М., аспірант КНУБА (м. Київ).

призводить до більш інтенсивної АЕ поблизу вершини тріщини.



Рис. 1. Класифікація неруйнівних методів оцінки технічного стану.

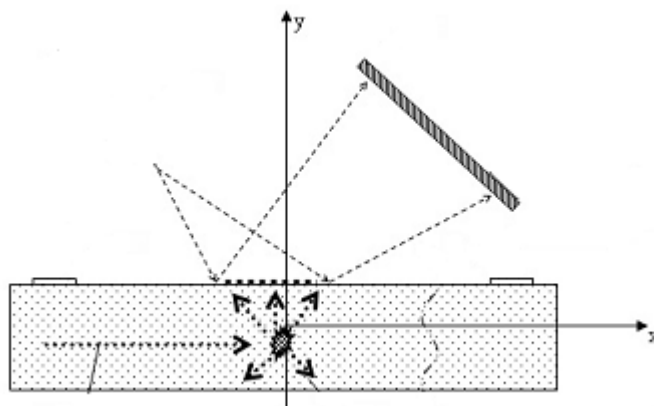


Рис. 2. Схематичне зображення способів отримання первинної інформації.

Позначення:

1 - джерело оптичних хвиль; 2 - джерело напружень; 3 - шуми; 4- дефект; 5, 6 – приймачі хвильового (оптичного чи акустичного) поля; 7- засоби обробки інформації.

Кількість енергії, що трансформується у хвилю напруженості, залежить від характеру розподілу енергії в процесі проростання тріщини а також:

- природи релаксаційного процесу росту тріщини;
- швидкості релаксації та частоти повторення процесів;
- мікроструктури матеріалу.

В процесі росту тріщини найбільшу роль відіграють: розвиток локальної зони пластичних деформацій поблизу вершини тріщини та стрибок фронту тріщини. В металевих конструкціях АЕ відбувається при виникненні і зростанні тріщини, або розвитку

пластичної зони в її вершини. В конструкціях з композиційних матеріалів джерелом акустичної емісії є розрив волокон, розшарування та перетворення в матриці.

Навіть мікроскопічний дефект, під дією локальних напружень або деформації, генерує хвилі напруження, які можна зафіксувати за допомогою п'єзо перетворювачів, що встановлюються на конструкцію певним чином. Емісія таких хвиль з джерела, зазвичай має вигляд коротких широкополосних імпульсів, гіпотетична форма яких зображена на рис. 3.

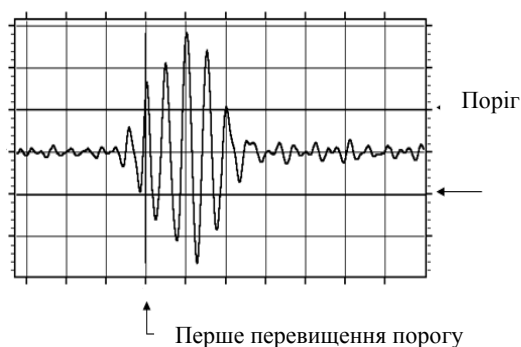


Рис. 3. гіпотетична форма АЕ – сигналу.

При аналізі сигналу використовуються такі його характеристики: максимальна амплітуда, час, тривалість імпульсу, час наростання імпульсу, поріг чутливості [4]. Час наростання АЕ - сигналу залежить від тривалості процесів деформування або руйнування, що викликають АЕ. Амплітуда сигналу визначається інтенсивністю цих процесів а частота імпульсу залежить від структури матеріалу, що руйнується.

На відміну від інших методів, в методі акустичної емісії енергія виділяється з самого матеріалу. Як наслідок, АЕ більш чутлива до росту дефектів, її легше інтерпретувати, ніж сигнали, які виникають при збуренні ззовні, що характерно для методів ультразвукової дефектоскопії та радіографії. Окрім того, акустичну емісію можна реєструвати на високих частотах, що дозволяє використовувати метод в присутності інтенсивних зовнішніх шумів, оскільки природні та технічні шуми на таких частотах дуже слабкі.

АЕ - система складається з п'єзо перетворювачів та підсилювачів, що розташовуються в ключових

точках конструкції та дозволяють виявити змінення мікроструктури в матеріалі. Сигнали акустичної емісії від перетворювачів підсилюють, перетворюють в стандартні логічні імпульси та підраховують. Характеристики АЕ - сигналів залежать від властивостей матеріалів, оточуючого середовища та технологічних факторів. Аналізуючи дані акустичної емісії, можна визначити швидкість окремих стрибків збільшення тріщини й площі поверхні, що утворюються при цих стрибках, тобто виявити розбіжності між різними процесами руйнування.

Руйнування композиційних матеріалів може бути крихким (з малою роботою руйнування) або не крихким (з великою роботою руйнування). У другому випадку можуть спостерігатися різні мікромеханічні процеси - зсув та руйнування матриці, розрив та вирівнювання волокон.

Однак характер хвиль АЕ, що сприймаються при деформації гетерогенних матеріалів, таких як бетон, має складний характер, так як спотворюється внаслідок залежності згасання від частоти, розсіювання і перетворення мод коливань.

Саме тому, розробка інформаційних систем обробки АЕ - сигналів, що забезпечать встановлення наявності, розташування, небезпечності дефекту і надавати інформацію щодо його типу та небезпечності на основі аналізу хвиль напруження лишається **актуальною**. Слід зазначити, що розробка таких систем передбачає створення нечіткої бази знань дефектів та пошкоджень елементів будівельних конструкцій, що є предметом подальших досліджень.

Висновки

1. Метод акустичної емісії базується на явищі генерації хвиль напруження в твердих тілах при їх деформаціях. Це дозволяє за результатами реєстрації та аналізу АЕ - сигналів отримувати інформацію про динаміку розвитку дефекту.
2. Метод акустичної емісії являється пасивним, активну роль виконують дефекти, що представляють собою джерела акустичної енергії.
3. Складний характер розповсюдження хвиль АЕ в гетерогенних матеріалах та наявність шумів роблять аналіз АЕ – сигналів складним процесом. Тому доцільною є розробка інформаційних засобів для встановлення та ідентифікації дефектів.

Література

1. Патон Б.Е. Техническая диагностика: вчера, сегодня, завтра / Б.Е.Патон, Л.М.Лобанов, А.Я.Недосека // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2003.-№4.- с.6-10.
2. Єременко Б.М. Огляд та аналіз методів і моделей діагностування об'єктів будівництва / Б.М.Єременко // Теорія і практика будівництва. – 2012. – Вип. 9. – С. 43-46.
3. Разумовский И.А. Интерференционно-оптические методы механики деформируемого тела.- М.: Изд. МГТУ., 2007.- 240 с.
4. Панасюк В.В. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. / Панасюк В.В., Саврук М.П., Дацишин А.П. / - К.: Наук. думка, 1976. - 442 с.
5. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. / Айфичер Э., Джервис Б. / М., "Вильямс", 2004, 992 с.

УДК 534

Назаренко І.І., Корнійчук Б.В.¹

МЕТОДИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ КОЛІС

Актуальність проблеми та аналіз дослідження. Для різних умов роботи автомобільного транспорту на пневматичних колесах створено цілий ряд шин, тому що малюнок протектора значно впливає на експлуатаційні якості шини і автомобіля в цілому. По типу малюнка протектора розрізняють шини з дорожнім протектором, шини з універсальним малюнком протектора, шини підвищеної прохідності та кар'єрним малюнком протектора [1]. Тому робота машини на різних дорожніх покриттях ускладнюється закупівлею шин для відповідних умов праці та їх установкою на машину. Чи можна запобігти цьому явищу? В деякій мірі так.

Методика досліджень. Розглянемо спочатку загальну схему дії сил на колесо під час маневрування (рис. 1). Згідно існуючих рекомендацій для вантажних автомобілів [1] на колесо діють сили від нормального

навантаження P_z , поздовжні сили P_x та бокові P_y ; сили від: крутного моменту M , що діє в площині обертання колеса; моменту повертання колеса M_{Π} , що діє в площині, паралельній опорній площині колеса; та моменту на перекидання $M_{оп}$, що діє в площині, перпендикулярній опорній площині колеса. В результаті дії цих сил зі сторони поверхні дороги виникають відповідні реакції: нормальна R_z , поздовжня R_x та бокова R_y .

Як видно з даної схеми, змінити ті чи інші сили ми не можемо, тому краще піти по шляху зміни опорної площини колеса за рахунок зміни тиску в шині. Цей метод дасть можливість скоротити витрати на закупку спеціалізованих шин і обійтися лише універсальним малюнком протектора (рис. 2).

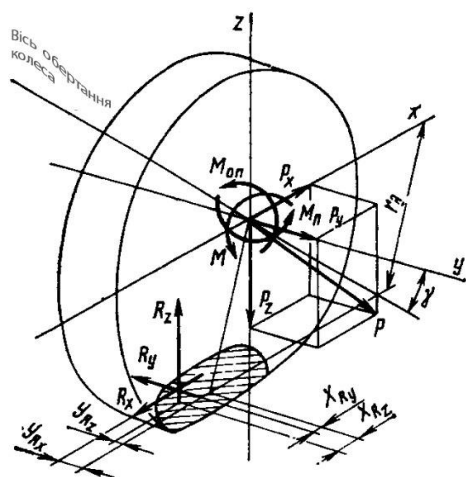


Рис. 1. Схема зовнішніх сил, що діє на колесо.

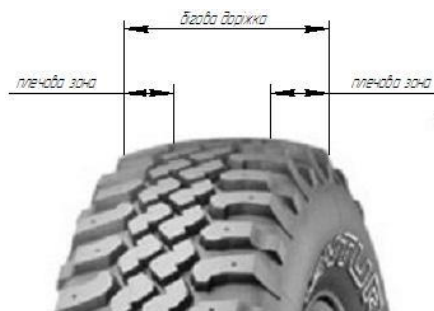


Рис. 2. Шини з універсальним малюнком протектора.

Універсальність малюнка протектора полягає в тому, що при твердому і рівному покритті працює середня частина бігової доріжки, в якій протектор не має широких канавок, а при нестійкому дорожньому покритті – в зачеплення входять плечові зони, з широкими канавками протектора. Але це все можливо досягти лише при правильному регулюванні тиску в шинах.

Наведемо кілька практичних рекомендацій по використанню шини з універсальним малюнком протектора.

Коли машина буде використовуватися на сухому, твердому і рівному покритті, в літній період, а це характеризується невеликими змінами динамічних навантажень під час її роботи, доцільним шини пере-

качувати. Це дасть можливість зменшити опорну площу колеса, що в свою чергу призведе до зменшення енергозатрат на подолання опору кочення. При цьому ніякого погіршення в роботі машини не буде відбуватися.

Під час їзди по камінню чи щебеню тиск в шинах теж необхідно збільшувати. Цим самим ви зменшуєте можливість пошкодження шини об гострі кути каменя. Пояснюється це тим, що можлива точкова дія реакції каменя на шину буде компенсуватися підвищеним тиском самої шини, а отже корд бігової доріжки та гумовий склад робочої поверхні шини будуть піддаватися меншій деформації.

При перекачуванні шин необхідно також дотримуватися рекомендацій заводів-виробників, які

вказують прямо на шині її максимально допустимий тиск. Збільшувати тиск за максимально допустимий не рекомендується, тому що стають можливим пошкодження корду та може відбутися незворотна деформація брекера (корду бігової доріжки).

Варто також відмітити, що зменшення опорної площі колеса за рахунок перекачування також

негативно впливає на гальмівний шлях машини, а також погіршує зчеплення шини з дорожнім покриттям під час маневрування. Тиск на поверхню покриття відносно шини в такому разі буде нерівномірним (рис. 3,а), із збільшенням до центру і майже відсутнім по краях (в плечовій зоні) бігової доріжки.



*Рис. 3. Розподілення реакції в залежності від зміни тиску в шині.
а – реакція поверхні дорожнього покриття від перекачування шини;
б – недокачена шина;
в – реакція поверхні дорожнього покриття від недокачування шини.*

У випадку необхідності використанні машини на бездоріжжі, піску, сніговому покриві, льодяній поверхні необхідно збільшувати величину опорної площі колеса. Досягається це зменшенням тиску в колесі. Це дає можливість не тільки збільшити площу дотику протектора, що одночасно входять в зачеплення із покриттям (рис. 3,б), а й зменшити тиск на поверхню. Така зміна також позитивно відображається на зменшенні гальмівного шляху машини.

Зменшення тиску в шині створює більше навантаження в плечовій зоні і менше в центральній частині бігової доріжки (рис. 3,в). Як видно з даного малюнка, така схема найоптимальніше працює в момент маневрування по нестійкому дорожньому покритті, адже тоді бокова реакція R_y може розкладатися на дві основні складові, які діють на дві плечові зони (рис. 4).

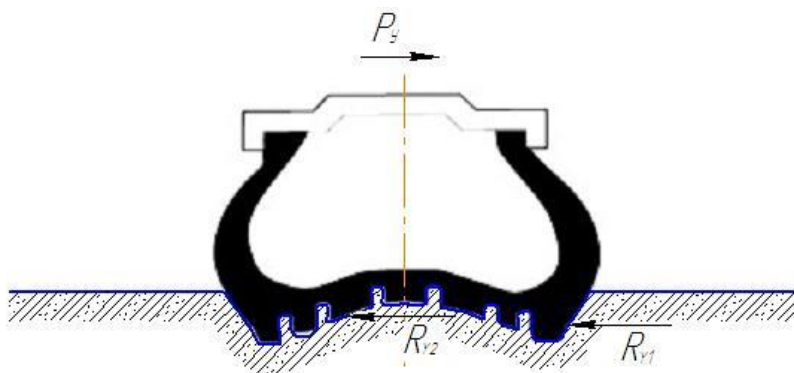


Рис. 4. Схема дії бокової реакції R_y під час маневрування на недокачених шинах.

Негативним явищем недокачених шин на машині є не тільки збільшення спрацювання цих шин, а й збільшення енергозатрат на подолання опору кочення. Не варто забувати, що машина на недокачених шинах більш схильна до перекидання під час різкого маневрування. Негативним є те, що безперервне ви-

користання недокачених шин призводить до сильного їх нагрівання, що може стати причиною пожежі.

Також не варто на недокачених шинах їздити по вибоїнам. Це може призвести не тільки до пошкодження шини об кромку диска, а й деформувати сам диск під час зіткнення із дорожнім полотном.

Варто також зазначити, що таке регулювання тиску в шинах слід виконувати для ведучих коліс.

В ведених колесах зміна тиску проводиться у випадку їзди по вкатуваному снігу, льодяній поверхні, а також при їзді по камінню чи щебеню.

Тиск у ведених колесах при їзді по пухкому снігу чи по дорогам з нестійким покриттям повинен відповідати рекомендованому або бути трохи вищим. Це зменшить опір коченню на ведених колесах і тим самим допоможе подолати бездоріжжя.

Виходячи із вищенаведених аргументів, іншим варіантом покращення динамічних характери-

стик автомобіля на різних покриттях може слугувати підбір та встановлення шин з максимально можливою шириною протектора для даного типу машини. Так в залежності від збільшення ширини профілю шини опорна площа буде збільшуватися, при цьому зовнішній радіус колеса буде залишатися незмінним. Для приклада було проведено підрахунок опорної площі колеса при зміні накачування в залежності від величини просідання шини відносно диска, а також підрахована опорна площа для двох типорозмірів шин, зовнішній радіус яких залишається однаковим (табл. 1).

Таблиця 1

Результати теоретичних розрахунків зміни опорної площі.

Просідання, мм	Параметри шини 215/65 R16		Параметри шини 235/60 R16	
	Довжина лінії опори, мм	Опорна площа, мм	Довжина лінії опори, мм	Опорна площа, мм
5	116	25 017	116	27 345
10	164	35 249	164	38 529
20	230	49 478	230	54 081
30	280	60 138	280	65 733
40	320	68 907	320	75 317
50	356	76 438	356	83 549
60	386	83 069	386	90 279
70	414	89 000	414	97 280

Як видно з даної таблиці, навіть незначне зменшення чи збільшення тиску від оптимального значно впливає на динамічні характеристики авто-

мобільних коліс за рахунок суттєвої зміни опорної площі колеса.

Висновки

За рахунок зміни тиску в шинах можна розширити можливість використання шин з універсальним малюнком протектора як для їзди по різним дорожнім покриттям, так і по бездоріжжю, піску, сніговому чи льодяному покриттю.

Встановлюючи шини з максимально можливою шириною протектора для даного типу машини призводить до збільшення опорної площі колеса, що в свою чергу покращує динамічні характеристики автомобіля навіть при встановленні рекомендованого оптимального тиску в колесах.

Література

1. Савельев Г.В. Автомобильные колеса. –М.: Машиностроение, 1983, -151с.
2. Киороз В.И., Кленников Е.В. Шины и колеса. – М.: Машиностроение, 1975, -194с.
3. Дехтяр Б.А., Кальмансон Л.Д., Невзоров А.М., Цырлин В.М. и др. Автомобиль «волга» ГАЗ-24-10: Конструктивные особенности, техническое обслуживание и текущий ремонт. –М.: Транспорт, 1993, -303с.
4. Евзович В.Е., Райбман П.Г. Автомобильные шины, диски и ободья. –М.: Автополис-плюс, 2010, -144с.
5. Кнороз В.И., Кленников Е.В., Петров И.П.. Работа автомобильной шины. –М.: Транспорт, 1976, -238с.
5. Цукерберг С.М., Гордон Р.К., Нейенкирхен Ю.Н., Пращикин В.Н. Пневматические шины. –М.: Химия, 1973, -264с.

УДК 693.54

Голубничий А.В., Голубничий Г.А.¹

БЕТОННІ СУМІШІ ДЛЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ЗБУДОВАНОГО ЗА ІНОЗЕМНІ ІНВЕСТИЦІЇ

АНОТАЦІЯ. Наведені результати досліджень бетонних сумішей для конструкцій логістичного центру.

Ключові слова: бетонні суміші, міцність, залізобетонні конструкції.

АНОТАЦІЯ. Приведены результаты исследований бетонных смесей для конструкций логистического центра.

Ключевые слова: бетонные смеси, прочность, железобетонные конструкции.

SUMMARY. The results of researches of concrete mixtures for construction logistics center is resulted.

Key words. Concrete mixtures, strength, reinforced concrete constructio

Вступ. В теперішній час на теренах України споруджується значна кількість будівельних об'єктів, які фінансуються повністю або частково за рахунок іноземних інвесторів це обумовлює підвищені вимоги до організації і технології будівельного виробництва, у тому числі до якості бетонних сумішей і матеріалів, які застосовуються у монолітних залізобетонних конструкціях. Відносно властивостей бетонних сумішей існує значна кількість наукових робіт [1...9]. Але питання пов'язані із управління їх властивостями при їх транспортуванні на значні відстані залишаються ще не вирішеними.

Метою роботи є. Розробити бетонні суміші БСГ В25 П4 і БСГ В30 П4, які зберігають свої властивості як у літній, так і зимовий період при транспортуванні від місць їх виготовлення до місць їх застосування на відстань 35...45 км на протязі 60...70 хв.

Виклад основного матеріалу. На житомирському шосе на відстані 30 км від міста Києва збудовано логістичний центр загальною площею 60 тис. м². Будівництво здійснювалось за рахунок інвесторів з м. Москва. При спорудженні цього об'єкту були виконані у повному обсязі вимоги нормативних документів, що діють на території України і не суперечать таким, що діють на території інвестора. Одним з таких документів є ДБН А.3.1-5-96 «Організація будівельного виробництва». Згідно з ним виконанню робіт на цьому будівельному об'єкті передували комплекс заходів і поза майданчикових робіт, що забезпечують можливість здійснення будівництва у відповідності з умовами підрядних контрактів і взаємозв'язану діяльність усіх його учасників. До таких спроможностей підприємств виробничої бази будівництва постачати на будівельний майданчик у необхідних об'ємах і термінах якісні бетонні суміші і інші вихідні матеріали.

Внаслідок виконаного моніторингу постачальниками були визначені: бетонних сумішей – заводи „Dysker hoff Ukraine” і “Форум ДС”; цементів – Балаклійський цементно-шиферний комбінат (Балцем), Здолбунівський цементно-шиферний комбінат (Волиньцемент), Криворізький цементно-гірничий комбінат; щебеню – ТОВ «Коростенський кар'єр». Як дрібний заповнювач у бетонних сумішах використано

пісок річковий дніпровський. Хімічні добавки суперпластифікаторів постачались: СП-1 – ТОВ „Поліпласт” Новомосковськ; „Динамон СР3” (Dynamon SR3) – підприємствами Італії, Sikaplast 2508 – підприємствами Італії.

Хімічний склад клінкерів у застосованих цементах був визначений у відповідності з ГОСТ 5382 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа» і наведений у табл. 1; мінеральний склад клінкерів – згідно [10] і наведений у табл. 2. Результати фізико-механічних випробувань цементів, які виконані у відповідності з ГОСТ 310.2 «Цементы. Методы определения тонкости помола», ГОСТ 310.3 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема», ГОСТ 310.4 «Цементы. Методы определения прочности при изгибе и сжатии» наведені у табл. 3, 4.

Таблиця 1.

Хімічний склад клінкерів і шлаку			
№ п/п	Найменування клінкерів і шлаку	Вміст оксидів, мас %	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	Балаклійський	22.39	4.79
2	Здолбунівський	22.82	5.19
3	Криворізький	21.49	5.39
4	Криворізький(шлак)	39.82	7.86

Продовження таблиці 1.

№ п/п	Вміст оксидів, мас %			
	Fe ₂ O ₃	CuO	MgO	SO ₃
1	3.78	68.01	0.22	0.23
2	4.02	66.42	0.40	0.22
3	3.68	65.68	3.04	0.72
4	0.76	47.14	4.28	0.14

Примітка: у клінкері криворізькому також є, мас %: FeO-0.24, MnO-0.16, в.п.п.-0.60; клінкері Балаклійському-R₂O-0.27, в.п.п.-0.31; клінкері Здолбунівському-R₂O-0.26, FeO-0.21, в.п.п.-0.46.

¹ Голубничий А.В., м.н.с. КНУБА, Голубничий Г.А., м.н.с. НДІБК.

Таблиця 2

Характеристики і мінеральний склад клінкерів

№ п/п	Найменування клінкерів	Характеристики клінкерів			
		Кн	П	Р	СаО вільн.
1	Балаклійський	0.93	2.61	1.26	-
2	Здолбунівський	0.89	2.47	1.29	0.23
3	Криворізький	0.91	2.33	1.40	0.98

Продовження таблиці 2.

№ п/п	Вміст мінералів мас.%			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
1	67.2	13.4	6.3	11.4
2	55.5	23.6	6.9	12.3
3	59.0	16.5	7.7	11.6

Таблиця 3

Тип і характеристики цементів

№ п/п	Тип цементу	Вид клінкеру, № табл.2	Вміст, мас.%	
			Шлаку	SO ₃
1	ПЦІ-500	1	-	2.22
2	ШПЦ Ш/А 400	2	40.0	2.00
3	ПЦ П/Б-Ш-400	3	28.0	2.15

Продовження таблиці 3.

№ п/п	Тони на помелу цементів	
	Залишок на ситі 008	Питома поверхня, м ² /кг
1	8.0	312
2	11.4	290
3	9.5	303

Таблиця 4

Результати фізико-механічних випробувань цементів

№ п/п	Тип цементу, № табл.3	Нормальна густина тіста, %	Водоцементне співвідношення, В/Ц	Розплив конуса, мм
1	1	24.3	0.39	11.0
2	2	25.9	0.40	112
3	3	25.0	0.40	110

Продовження таблиці 4.

№ п/п	Строки тужавлення, хв, початок кипіння	Міцність при згині/стиску, МПа після твердіння в умовах		
		Нормальних		ТВО
		3	28	
1	170 235	5.12	6.89	5.21
		32.6	52.1	34.2
2	230 285	3.28	5.94	3.47
		19.1	42.8	20.2

3	<u>195</u> 275	<u>3.10</u> 18.4	<u>5.75</u> 41.7	<u>3.28</u> 19.5
---	-------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Примітка: тепло вологу обробку (ТВО) проводити по режиму 3+6+2 з температурою ізотермічного прогріву 333±5К.

На Балаклійському цементному підприємстві клінкери виготовляли по мокрому способу виробництва з використанням обертових печей 5х185 м, Здолбунівському - мокрому способу виробництва з обертовими печами 4.5х170 м, Криворізькому – сухому способу виробництва з використанням циклонних теплообмінників, реактору – декарбонізатору і обертової печі 4х90 м.

Вміст у цих клінкерах, мас. %: оксиду магнію не перевищував 3.04 (норматив не більше за 5), вільного СаО не перевищував 1.0 (норматив не більше за 1.0), SO₃ – 0.72 (норматив не більше за 1.0), Na₂O + 0.658 K₂O – 0.27 (норматив не більше за 1.2). Втрати маси після нагріву цих клінкерів до 1273 К не перевищували 0.6 мас. % (норматив не більше за 1 мас. %). Вміст нерозчинного залишку не перевищував 1.0 мас. % (норматив не більше за 1 мас. %). Проведені дослідження свідчать, що ці клінкери відповідають вимогам ТУ 21-13-2 «Клінкер портландцементний».

Доменний гранульований шлак комбінату «Криворіжсталь» (Міталстіл) випробували по ГОСТ 5382 і ГОСТ 3476 «Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов». Вміст у ньому MgO – 4.28 мас. % (норматив не більше за 5 мас. %). Шлак стійкий до силікатного розпаду. Проведені дослідження свідчать, що цей шлак відповідав вимогам ГОСТ 3476.

Гіпсовий камінь відповідав вимогам ГОСТ 4013 «Камень гипсовый и гипсонгидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия».

Рання міцність цементів (у віці двох діб цементу ПЦІ-500) складала 22.5 МПа (норматив не менше за 15 МПа) і у віці семи діб цементів ШПЦ Ш/А-400 і ПЦ П/Б-Ш-400 відповідно 25.7 і 25.0 МПа (норматив не менше за 20 МПа). Цементи показували рівномірність зміни об'єму при випробуванні зразків кип'ятінням у воді і не виявляли ознак хибного тужавлення. Проведені дослідження свідчать про те, що ці цементи відповідають вимогам ДСТУ БВ 2.7-46-96 «Будівельні матеріали. Цементи загально-будівельного призначення».

Дослідження гранітного щебеню фракції 5...20 мм проводили у відповідності до ДСТУ БВ 2.7-71-98 «Щебень і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва. Методи фізико-механічних випробувань». Визначено, що його зерновий склад характеризується такими показниками: повні залишки по ситах, мас. %: д – 97 (норма 90...100); 0,5 (Д+д) – 73 (норма 30...80), Д – 9 (норма до 10); 1.25Д – 0 (норма до 0,5). Вміст у мас. % зерен пластичної та голчастої форми – 22 (норма до 35), глинистих та пилуватих часток – 0.7 (норма до 1). Марка щебеню по міцності дорівнювала 1200, за стиранням – Н1, по морозостійкості – F200. Насипна густина щебеню дорівнювала 1450 кг/м³, істинна-2850 кг/м³.

Питома природна активність природних радіонуклідів – 245 Бк/кг. Проведені дослідження свідчать, що цей щебінь відповідає вимогам ДСТУ БВ.2.7-75-98 «Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови» і може застосовуватись у всіх видах будівництва без обмежень.

У якості дрібного заповнювача застосовано пісок річковий дніпровський. Його випробували у відповідності з ГОСТ 8735 «Песок для строительных работ. Методы испытаний». Встановлено, що його насипна густина дорівнювала 1300 кг/м^3 , істинна – 2600 кг/м^3 . Пісок має модуль крупності $M_{кр} = 1.3$ і характеризується такими повними залишками на відповідних ситах, мас %: № 5 – 0, № 2.5 – 2, № 1.25 – 6, № 0.63 – 27, № 0.315 – 37, № 0.16 – 59, менше за 0.16 – 15 (норматив не більше за 20). Вміст пиловидних та глинистих часток у піску дорівнював 1.5 мас.% (норматив не більше за 3 мас. %). Цей пісок відноситься до дуже дрібних (модуль крупності у межах 1.0...1.5) і може застосовуватись у бетонах з класом по міцності при стиску до В30 включно. Проведені дослідження свідчать, що цей пісок задовольняє вимогам ДСТУ БВ 2.7-32-95 «Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».

Проведені дослідження свідчать, що хімічні добавки – суперпластифікатори, відповідають вимогам ДСТУ БВ.2.7-69-98 «Будівельні матеріали. Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності».

Усі компоненти бетонних сумішей задовольняли вимогам ДБН.В.1.4-1.01-97 «Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні», ДБН В.1.4-2-01-97 «Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва», ДСТУ БВ.2.7-43-96 «Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови» і можуть застосовуватись у всіх видах будівництва без обмежень.

Склади бетонних сумішей визначали у відповідності до ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава».

При виготовленні бетонних сумішей для спорудження залізобетонних конструкцій фундаментів з проектним класом бетонів по міцності при стиску В25 застосовано цемент ШПЦ ІІІ/А-400. При виготовленні бетонних сумішей для спорудження залізобетонних конструкцій, які розташовані на відмітках вище за 0.000 і мають проектний клас бетонів по міцності при стиску В30, застосовані цементы ПЦ-І-500 і ПЦ ІІ/Б-ІІІ-400.

Бетонні суміші виготовляли у відповідності з вимогами ДБН А.3.1-7-96 «Виробництво бетонних та залізобетонних виробів», посібника до ДБН А.3.1-7-96, ДСТУ БВ.2.7-96-2000 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови» і технологічних карт, розроблених з урахуванням конкретних умов виробництва на кожному із вказаних підприємства. Так крупні і дрібні заповнювачі складували окремо і зберігали у відкритих складах або під навісом в умовах, що виключали змішування заповнювачів різних видів і фракцій та їх забруднення і замерзання. Цементи

складували і зберігали окремо у спеціалізованих силосних складах. Вивантаження і транспортування цементів здійснювали пневмотранспортом. Хімічні добавки – суперпластифікатори зберігали у герметично закритій тарі в умовах, що забезпечують підтримання їх температури у межах 278...308 К і виключають їх змерзання або втрату функціональних властивостей. Склади для зберігання цих речовин були обладнані пристроями для їх підігрівання, барботування, промивання трубопроводів та виділення нерозчинних осадів.

Основними технологічними операціями при приготуванні бетонних сумішей були: підготовка вихідних матеріалів, їх дозування, перемішування матеріалів, видавання на транспортні засоби готових сумішей.

При підготовці хімічних добавок їх розчиняли до потрібної концентрації. Компоненти бетонних сумішей дозували ваговим способом, при цьому похибки не перевищували $\pm 2 \text{ мас.}\%$ - при дозуванні цементів, $\pm 2.5 \text{ мас.}\%$ - при дозуванні заповнювачів, ± 1 - при дозуванні розчинів суперпластифікаторів. Дозатори відповідали вимогам ГОСТ 10223.

Вихідні сировинні матеріали завантажували у працюючий змішувач примусової дії з одним шнеком об'ємом 1 м^3 , який входив до складу комплексу по виготовленню бетонних сумішей «Ельба» у наступній послідовності. При роботі у літній період у бетонозмішувач спочатку завантажували крупний заповнювач, потім – дрібний, цемент, розчин добавок-суперпластифікаторів з водою. При роботі у зимовий період воду підігрівали до температури у межах $343 \pm 5 \text{ К}$. У зв'язку з застосуванням гарячого розчину добавок – суперпластифікаторів послідовність завантажування вихідних матеріалів змінювалась і цемент завантажували у змішувач в останню чергу.

Фізична сутність перемішування компонентів бетонних сумішей полягає у багатократному перетині траєкторій часток змішуваних матеріалів. При цьому чим цей процес інтенсивніше і чим траєкторії перетинів складніше, тим краще ефективність перемішування. При сумісному перемішуванні компонентів бетонної суміші на протязі 30...50 с, після завершення завантаження останнього, досягали однорідності бетонної суміші і створювали умови для оптимального протікання фізико-хімічних процесів формування технологічних властивостей бетонних сумішей.

Температури бетонних сумішей на виході з бетонозмішувача у літній період (температура навколишнього середовища вища за 278 К) не перевищувала $298 \pm 5 \text{ К}$, зимовий-була не меншою за 288...293 К (норматив згідно з ДБНА 3.1-7 – не менше за $303 \pm 5 \text{ К}$).

Бетонні суміші від заводів до будівельного майданчика транспортували авто бетонозмішувачами фірми «Вольво», які обладнані змішувачами гравітаційного принципу дії. Зсідання стандартного конусу (ОК) при проведенні випробувань сумішей класів БСГ В25 П4 і БСГ В30 П4 на бетонних заводах складала 19...20 см, а на будівельному майданчику у зимовий період – 19...20 см, літній період – 18...19 см. Це свідчить про те, що і після транспортування цих бетон-

них сумішей на протязі 60...80 хв. їх легкоукладальність відповідає марці П4.

При транспортуванні бетонних сумішей має місце їх ущільнення внаслідок вилучення частки захопленого повітря, перетворення частки вільної води у адсорбційну і хімічно зв'язану. Коефіцієнт ущільнення застосованих бетонних сумішей після їх доста-

вки на будівельний майданчик дорівнював – 0.98...0.99. Розшарованість цих бетонних сумішей характеризувалась такими показниками: водовідділення – 0.3...0.4% (норматив не більше за 0.8%), розчиновідділення – 0.7...1.0% (норматив не більше за 4%)

Висновки

1. Застосовані цемент, крупний і дрібний заповнювачі, хімічні добавки – суперпластифікатори дозволяють отримати бетонні суміші для бетонів БСГ В25 П4 і БСГ В30 П4 з стабільними показниками їх фізико-хімічних властивостей.
2. Застосовані цемент і добавки суперпластифікатори дозволяють транспортувати бетонні суміші у автобетонозмішувачах фірми «Вольво» на протязі 60...70 хв. як у літній, так і зимовий періоди при збереженні їх марки по легкоукладальності.

Література

1. Атаев С.С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона. – М.: Стройиздат, 1989. – 336 с.
2. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Высшая шк., 2002. – 701 с.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
4. Lea's Chemistry of cement and concrete: ed. By Peter C. Hewlett, 1988. -1008 s.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высш. шк., 1987. – 449 с.
6. Майер Г.Г. Система европейских стандартов на бетон и составляющие материалы// Бетон и Железобетон. – 2002. – №1. – С.2-4.
7. Будівельне матеріалознавство. /Кривенко П.В., Пушкарєва К.К., Барановський В.Б. і інш. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704 с.
8. Aitcin P. High Performance Concrete, E&FN Spon/-London. – 1998. -591 p.
9. Хаютин Ю.Г. Монолитный бетон: технология производства работ.– М.: Стройиздат. 1991. – 576 с.
10. Теория цемента. /Под ред. А.А. Пашенко. – К.: Будивельник 1991. – 168 с.

УДК 331:45

Паньків Х.В., Потапенко Г.Д., Теренчук С.А., Євтєєва Л.І.¹

ОЦІНКА РІВНІВ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

АНОТАЦІЯ. Робота присвячена дослідженню напруженості електромагнітного поля, іонізації повітря та шумового навантаження на об'єктах теплопостачання.

Ключові слова: об'єкти теплопостачання, електромагнітне поле, іонізація, шум.

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена исследованию напряженности электромагнитного поля, ионизации воздуха и шумовой нагрузки на объектах теплоснабжения.

Ключевые слова: объекты теплоснабжения, электромагнитное поле, ионизация, шум.

SUMMARY. The work is devoted to investigation of electromagnetic field ionization of air and noise load on the heating facilities.

Keywords: DH objects, electromagnetic field, Ionization, noise.

Постановка проблеми. Безперебійне функціонування об'єктів теплопостачання є важливою ланкою інфраструктури та системи життєзабезпечення населених пунктів. Вагомою складовою стабільної роботи цих об'єктів є забезпечення належних умов праці персоналу з їх обслуговування.

На сьогоднішній день більшість уваги приділяється заходам з нормалізації фізичних факторів

при експлуатації великих енергетичних об'єктів, таких як теплові електростанції та теплоелектроцентралей. Та дослідження у цьому напрямі поодинокі і не мають системного підходу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У роботах [1,2] розглядаються рівні електричних і магнітних полів, причому у місцях, де працівники перебувають епізодично. Втім на таких підприєм-

¹ Паньків Х.В., аспірант НТУ «Львівська політехніка» (м. Львів); Потапенко Г.Д., к.ф.-м. н. КНУБА (м. Київ); Теренчук С.А., к.ф.-м. н. КНУБА (м. Київ); Євтєєва Л.І., асистент НТУУ «КПІ» (м. Київ).

ствах, особливо у машинних залах, мають місце значні перевищення гранично допустимих рівнів шуму, що не тільки заважає виконанню службових обов'язків персоналом, а й має негативний вплив на здоров'я працюючих [3].

Відомо, що одночасний вплив на людину кількох факторів має гірші наслідки, ніж сума їх окремих впливів (синергетичний ефект). Це доведено низькою вітчизняних та закордонних досліджень [4,5], та не розглядалося відносно об'єктів енергетики.

У першу чергу це стосується великих міських котельень, де поряд з потужним електричним обладнанням працюють насоси великої продуктивності, газові котли, тощо. Комплекс технологічного обладнання, окрім генерації електромагнітних полів промислової частоти 50Гц, створює ненормативні рівні шуму та впливає на якість повітря, що на сьогоднішній день не досліджувалося.

Мета роботи - оцінка рівнів електромагнітних полів, шуму та іонізації повітря на об'єктах теплопостачання та визначення основних напрямів їх нормалізації.

Виклад основного матеріалу. Натурні вимірювання виконувалися у двох центральних газових котельнях м. Львова. Кількісні характеристики фізичних факторів визначалися повіреними приладами з переліків, наведених у чинних нормативних документах [6-8].

Вимірювання напруженості магнітного поля проводилось вимірювачем напруженості поля промислової частоти ПЗ-50. Результати вимірювань напруженості магнітного поля наведено у табл.1.

Табл.1

Напруженості магнітного поля навколо електричного обладнання

Технічний засіб	H, А/м
Мережні помпи	14,-8-22,0
Насоси холодної води	8,6-9,5
Повітряні насоси	3,6-5,8
Щити керування	7,5-8,3

Отримані дані свідчать, що у місцях постійного перебування персоналу (щит керування) має місце перевищення гранично допустимих рівнів магнітного поля на 15 - 20% [6]. Таке перевищення є результатом суперпозиції полів комплексу електричного обладнання великих енергетичних об'єкта.

Випромінювальні властивості окремих приладів або відомі, або легко визначаються за допомогою стандартного або спеціального обладнання, тому для виконання розрахунків потрібні тільки математичні функції просторових змін амплітуди поля. Зважаючи на те, що інтерес становлять рівні полів у місцях постійного перебування працівників, достатнім є розв'язання задачі у площині, яка відповідає рівню одного метра над підлогою.

Для обладнання, розташованого на підлозі і на висоті більше обраного значення, доцільно ввести фіксовані константи. Спеціальне програмне забезпе-

чення, розроблене у середовищі *delphi*, дозволяє отримати мапу розподілу рівнів магнітних полів множинних джерел у приміщенні в площині розташування технічних засобів. Розроблений пакет автоматично враховує розміри приміщень та джерел [9]. Магнітний момент джерела визначається з технічних даних обладнання:

$$m = I \cdot S \cdot n,$$

де I – сила струму, S – охоплена струмом площа, n – одиничний вектор нормалі до площі контуру.

Зниження рівнів магнітних полів доцільно здійснювати екрануванням їх джерел відповідними захисними матеріалами. У виробничих умовах, найбільш поширеним засобом екранування магнітних полів є саме електротехнічні сталі. Такі сталі виготовляють у вигляді стрічок, що містить 2,8 – 3,8 % Si. Уздовж напрямку вальцювання їх магнітні властивості, значно вищі, ніж упоперек (магнітна проникність – до 5000), що не ураховується при виготовленні захисних корпусів.

Сталь завтовшки 0,2 – 0,6 мм використовується для роботи на частотах 50 Гц, а сталь товщини 0,2 – 0,05мм використовується для частот 400 Гц та вище, але, у повсякденній практиці, як правило, їхні властивості та механізм зменшення рівнів полів за екраном не враховуються.

Вимірювання середніх значень іонізації за заданий проміжок часу проводились лічильником аеріонів Сапфір-3М, який надає можливість одночасно вимірювати іони обох полярностей, що дуже важливо для об'єктивної оцінки іонізації повітря. Великий розмір аспіраційної камери забезпечує високу достовірність результатів вимірювання, особливо при концентрації іонів понад 100,000 на куб. см. Прилад автоматичний, управління здійснюється контролером АТМЕГА. При розробці методу неперервного контролю іонізованості повітря був використаний той факт, що персональний комп'ютер аналізує електричний сигнал незалежно від його походження. Крім того, звукова карта комп'ютера автоматично відцифровує отримані сигнали і має велику чутливість (порядку кількох мікрівольт), що є дуже важливим з огляду на можливі завади з боку підсилювача і дає змогу реєструвати навіть сигнали акустичної емісії.

Результати вимірювань концентрацій аеріонів обох знаків наведено у табл.2.

Табл.2

Середні концентрації аеріонів у приміщеннях об'єктів теплопостачання

Зона	n-, см-3	n+, см-3
Зона газових котлів	320	280
Щит керування	154	230
За межами приміщень	140	450
ГДР (мін.)	600	400

Аналіз отриманих результатів свідчить про незадовільну якість повітря у виробничих приміщеннях

за аероіонним складом та вплив технологічного обладнання на цей показник.

Нормалізація аероіонного складу повітря (принаймні до рівня іонізації за межами приміщень) можлива за рахунок раціоналізації режимів як природної, так і примусової вентиляції. Досвід показав, що на об'єктах теплопостачання доцільно встановлювати віконні кондиціонери, які забезпечують не тільки підтримку температури повітря, а й вентиляцію.

Таким чином, параметри виробничого середовища дослідних об'єктів за основними фізичними факторами у більшій чи меншій мірі не відповідають нормативним.

Це ж стосується акустичного шуму, який є одним з основних шкідливих факторів, що впливають на обслуговуючий персонал та населення, що проживає в

околицях теплових електростанцій та теплоелектроцентралей.

Рівень шуму вимірювався шумоміром ВШВ-003. Біля щитів керування рівні шумів складають 87-106 дБА (ГДР – 80 дБА). При цьому у окремих смугах рівні звукового тиску з середньо геометричними частотами 2-4 кГц складали 80-92 дБ, за норми 73-71 дБ. Органи слуху людини найбільш чутливі саме до цих частот, тому існує проблема зменшення шумового навантаження на персонал.

Вважаємо за доцільне розробку та застосування захисного екрану комбінованого типу, який буде знижувати як рівень електромагнітного поля, так і рівень шуму.

Висновки

1. Проведені дослідження свідчать про незадовільний стан виробничого середовища об'єктів теплопостачання, що створює певну загрозу їх нормальному функціонуванню внаслідок помилкових дій персоналу.
2. Запропоновано комплекс охоронних заходів з нормалізації параметрів виробничого середовища установ теплопостачання.
3. Найбільш ефективними засобами захисту працюючих від впливу електромагнітних полів та шуму є використання захисних екранів.
4. На сьогоднішній день залишається не з'ясованою причина змін концентрацій аероіонів та їх коефіцієнтів полярності, що потребує проведення подальших досліджень.

Література

1. Резинкина М.М. Экранирование магнитного поля промышленной частоты в рабочих зонах электростанций / М.М. Резинкина, В.С. Гринченко, Ю.Д. Думанский, С.В. Медведев // Гігієна населених місць. – 2010. – Вип. 55. – С. 249-255.
2. Шевченко С.Ю. Исследование электрических полей промышленной частоты типовых подстанций ВН в городской черте / С.Ю. Шевченко, А.А. Окунь // Гігієна населених місць. -2011.-Вип.58.-С.199-206.
3. Денисов Э.И. Принципы и критерии стандарта медицины труд по профилактике профессиональной потери слуха / Э.И. Денисов, Е.Н. Илькаева, Н.Н. Курьеров // Медицина труда и промышленная экология. - 2005. - №2. - С.16-19.
4. Smith A. Combined Effects of Occupational Health Hazards / Smith A., Mc Namara R., Welleus B.-Cardif. Univer.: Research Report № 287, 2004. – 182 p.
5. Назаренко В.І. Біологічні особливості комбінованої дії фізичних факторів виробничого середовища / В.І. Назаренко // Укр. журнал з проблем медицини праці. – 2009. - № 43 – С.12 - 17.
6. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань: ДСН 239-96.-К.: МОЗ України, 1996. – 28 с.- (Державні санітарні норми України).
7. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99.-[Чинний від 1999-01-12]. - К.: МОЗ України, 1999. – 29 с.- (Державні санітарні норми України).
8. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений: СНиП 2152-80.-[Введен в действие 1980-12-02]. - М.: МЗ СССР, 1980. – 7 с.- (Межгосударственные санитарные нормы).
9. Левченко Л.О. Моделювання просторових розподілів електромагнітних полів множинних джерел у робочих приміщеннях /Л.О. Левченко, С.О. Лук'яненко, С.Г. Карпенко, С.А. Теренчук // Наук.-техн. зб. Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2009. - .Вип. № 35. – С. 212-215.

УДК 004.21:693.95

Соротюк Т.І.¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІВ З'ЄДНАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ. Проведено дослідження видів з'єднань конструктивних елементів каркасних будівель та визначені умови використання того чи іншого типу з'єднання.

Ключові слова: каркасна будівля, залізобетонний каркас, з'єднання залізобетонних елементів, стик, шов, вузол.

АННОТАЦИЯ. Проведено исследование видов соединений конструктивных элементов каркасных зданий и определены условия использования того или иного типа соединения.

Ключевые слова: Каркасное здание, железобетонный каркас, соединения железобетонных элементов, стык, шов, узел.

SUMMARY. A study of connections of structural elements frame buildings is conducted. Dependence on the use of any type of connection is determined.

Keywords: frame reinforced concrete frame, connection concrete elements, butt joint, joint, junction.

Вступ. Багатоповерховими бувають не лише житлові будинки, а і будівлі виробничого, адміністративно-побутового та громадського призначення. Такі будівлі найчастіше виконують каркасними із збірного залізобетону. Каркасні будівлі промислового та цивільного призначення є масовими конструктивними системами, оскільки збірні конструкції з бетону та залізобетону мають ряд істотних переваг у порівнянні з монолітними конструкціями та їх використанням.

Постановка проблеми.

Каркас – просторовий кістяк будівлі, що повинен працювати під різноманітними навантаженнями як єдина просторова система [3]. Каркас збирається з окремих елементів: колон, ригелів, розпірок, панелей перекриття, діафрагм жорсткості, фундаментів, які є елементами несучої системи. Однією з особливостей каркасів багатоповерхових будівель із збірного залізобетону є велика кількість вузлових сполучень, які розташовуються відповідно до СНіП II-21-75, у найбільш напружених зонах будівлі [4,6]. У зв'язку з тим, що найвідповідальнішими місцями збірного каркасу є вузлові сполучення, до з'єднань висувається такий комплекс вимог:

- міцність зв'язку повинна бути не нижча міцності елементів, що стикаються для виключення передчасного руйнування конструкції як на стадії монтажу, так і при впливі експлуатаційних навантажень;
- жорсткість зв'язку має забезпечувати передачу розрахункових зусиль, зберігати взаємне положення елементів, що сполучаються, та нормовані переміщення елементів під навантаженням і просторову жорсткість будівлі в цілому [3].

Окрім того, зв'язки повинні бути універсальними, технологічними при монтажі, забезпечувати правильність з'єднання і розташування елементів.

Головною перевагою каркасних будівель промислового та цивільного призначення є те, що збірні елементи заводського виготовлення, зазвичай, якісніші за монолітні конструкції, що виконуються на будівельному майданчику. Як наслідок, спрощується

організація робіт на будівництві, так як основний обсяг робіт виконується на заводах, а на майданчику ведеться монтаж готових бетонних і залізобетонних елементів, що значно зменшує кількість робітників.

Раціональна організація, в свою чергу, веде до скорочення термінів будівництва, оскільки майже повністю виключаються трудомісткі роботи по влаштуванню опалубки, що займають до 60% часу. При цьому, як правило, зникає необхідність в улаштуванні лісів та помостів, що дає велику економію лісоматеріалів. До того ж вирішуються проблеми проведення робіт у зимовий час [7].

До основного *недоліку* заводського виготовлення відносять не достатню кількість типових опалубок, що обмежує створення асортименту форм конструкцій. Саме тому дослідження видів з'єднання конструктивних елементів каркасних будівель є *актуальним і доцільним*.

Метою роботи є дослідження видів з'єднання конструктивних елементів каркасних будівель промислового та цивільного призначення.

Аналіз існуючих публікацій і нормативних документів.

У монтажних роботах розрізняють такі види з'єднання, як стики, шви та вузли [5]:

Стик – місце, в якому поєднуються два кінці, дві крайні площини конструкції.

Шов – місце з'єднання частин, наприклад, горизонтальні і вертикальні з'єднання між суміжними стіновими панелями або між плитами перекриття.

Вузол – з'єднання декількох елементів різного конструктивного призначення.

З'єднання підрозділяють на несучі і не несучі [1]. Несучі зв'язки сприймають навантаження і повинні забезпечувати необхідну міцність з'єднання. В залежності від передатного зусилля несучі зв'язки ділять на шарнірні і жорсткі. Шарнірні стики передають лише повздовжні і поперечні сили, а жорсткі можуть передавати і згинальні моменти. До несучих

¹ Соротюк Т.І., аспірант КНУБА (м. Київ).

з'єднань відносяться з'єднання елементів каркасу будівлі [3].

За способом виконання розрізняють сухі, замонолічені і змішані з'єднання [1].

Сухі з'єднання виконують на болтах, заклепках, електрозварюванням або поєднанням цих способів. Так з'єднують переважно металеві конструкції.

З'єднання другого типу - *замонолічені* - відрізняються тим, що проміжки між деталями в цьому з'єднанні зашпаровують розчином або бетоном. Так з'єднують більшість залізобетонних конструкцій.

Найбільш складними і трудомісткими є *змішані* з'єднання. У цьому випадку деталі спочатку з'єднують зварюванням або на болтах, потім стик замонолічують розчином або бетоном.

З'єднання розрізняють за типом зусиль. Для сприйняття з'єднанням *розтягуючих* зусиль проводять зварювання арматурних стрижнів або закладних деталей. Для сприйняття *стискальних* зусиль, на додаток до зварних з'єднань, шви між елементами замонолічують. Для передачі *зсувних* зусиль виконуються зварні з'єднання і влаштовуються бетонні шпонки [2].

З'єднання розрізняють і за видом з'єднувальних конструкцій. Наприклад: стик колони і ферми, стик зовнішніх панелей, колон, колони і ригеля. Розглянемо основні конструктивні рішення вузлових з'єднань збірних залізобетонних конструкцій каркасних будівель.

Виклад основного матеріалу.

З'єднання збірного перекриття з колоною (рис. 1) забезпечує передачу вертикальних і горизонтальних навантажень від перекриття на колони та просторову жорсткість каркаса. У сполученні балочного перекриття з колоною основним вузлом, що визначає розрахункову схему каркаса, є з'єднання ригеля з колоною.

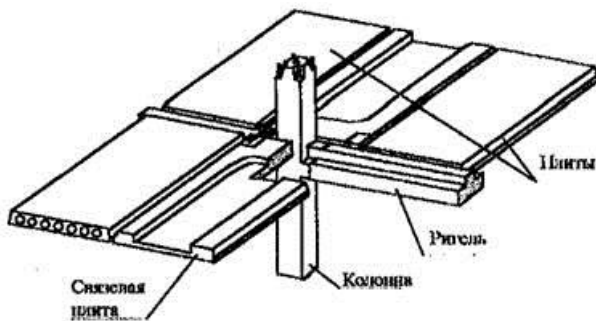


Рис. 1. З'єднання збірного перекриття з колоною

Зв'язки ригеля з колоною (рис. 2) прийнято розрізняти як шарнірні - для зв'язуючих і жорсткі - для рамних каркасів. У більшості конструктивних рішень

ригель спирається на влаштовані в колонах короткі консолі.

З'єднання збірних елементів перекриття (рис. 3). Диски перекриттів зі збірних залізобетонних плит - багатопустотних, ребристих, суцільних і т.п., укладених по збірним ригелям без армованих набетонок, що об'єднані бетонними швами або дискретними зварними з'єднаннями у своїй площині податливі за рахунок підвищеної деформації з'єднань на опорах і швів між плитами [5].

У збірних перекриттях застосовують наступні типи стиків:

- вертикальні з'єднання торців плит через бетонні шви з плитами або з опорними рамами;
- поздовжні з'єднання між плитами і крайніми плитами зі стінами;
- горизонтальні з'єднання плит по опорним майданчикам з підтримуючими конструкціями (стінами, балками або ригелями).

З'єднання колони з фундаментом. Робота з'єднання колони з фундаментом залежить від конструкції фундаменту - суцільний або стовпчастий, в збірному або монолітному виконанні і від властивостей ґрунту основи.

У монолітних плитних фундаментах сполучення суцільної колони з фундаментом рекомендується приймати у вигляді жорсткого защемлення на рівні верху фундаменту [5].

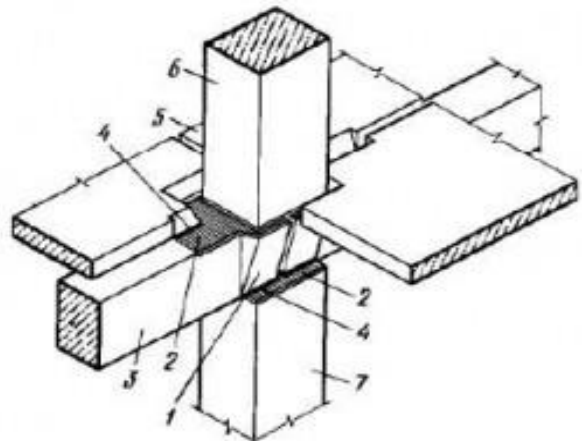


Рис. 2. З'єднання колони з ригелем:

- 1 - опорний край ригеля,
- 2 - закладні деталі, 3 - ригель,
- 4 - шви зварювання, 5 - панелі перекриття,
- 6 - верхня колона, 7 - нижня колона.

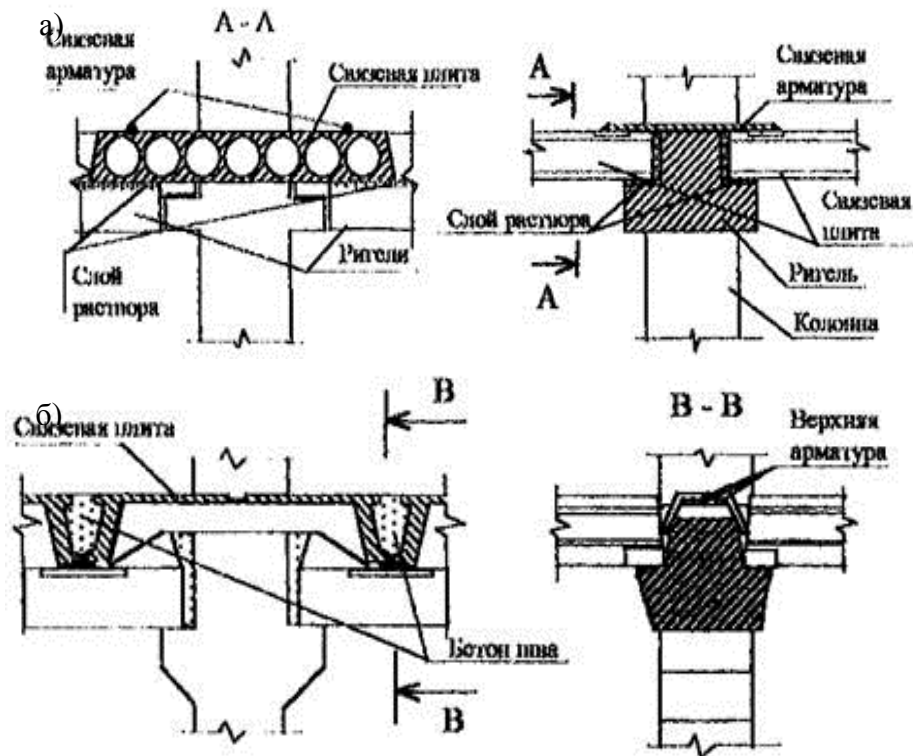


Рис. 3. З'єднання збірних елементів перекриття:

- а) вузол сполучення багатопустотних плит з ригелем;
б) ребристих плит з ригелем.

Вертикальні стики колон (рис. 4) за розрахунково-конструктивною ознакою відносять до стиків, що працюють на відцентровий стиск, які рекомендується

розміщувати в зонах з мінімальними згинальними моментами [5].

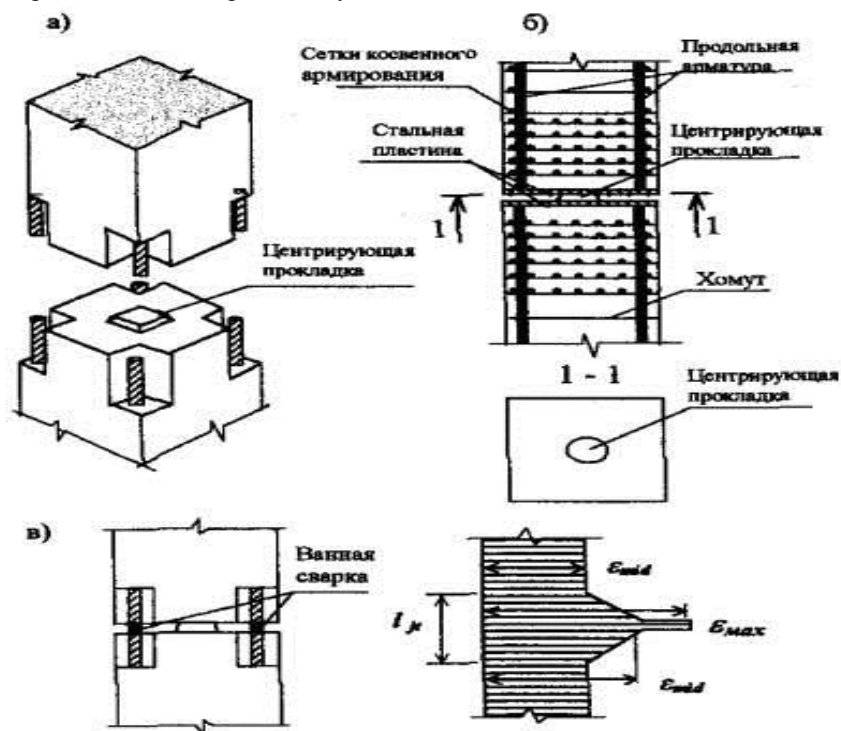


Рис. 4. Вертикальні стики колон.

- а) жорсткий зі зварюванням поздовжньої арматури;
б) шарнірний без з'єднань по поздовжній арматурі;
в) стик в збірці і епюра розподілу поздовжніх деформацій.

Висновки

4. З'ясовано, що якість з'єднання збірних елементів у значній мірі визначає надійність змонтованих конструкцій і основні експлуатаційні показники змонтованого об'єкту, а використання того чи іншого типу з'єднання залежить від матеріалу каркасу, виду конструкцій, що з'єднуються, та способу виконання.

5. Ураховуючи кількість з'єднань, різноманітність типів їх класифікації а також те, що з'єднання є найбільш відповідальними місцями збірного каркасу, варто зазначити необхідність створення програмних засобів для автоматизованого підбору того чи іншого з'єднання.

6. Встановлено, що розрахунок та розробка програмного забезпечення реалізації методів автоматизованого проектування зв'язків каркасних будівель потребує створення адекватних моделей з'єднань.

Література

6. Васильев А.П. сб. статей НИИЖБ "Стыки сборных железобетонных конструкций" / Васильев А.П. - М, Стройиздат, 1970. - 189с.
7. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий. / Дроздов П.Ф.; Издание 2-е перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1977. - 223с.
8. Дыховичный Ю.А. Сборный железобетонный унифицированный каркас. / Максименко В.А., Дыховичный Ю.А. - М., Стройиздат, 1985.-295с.
9. Карабанов Б.В. Стыки каркасно-панельных конструкций общественных зданий / Довгалюк В.И., Карабанов Б.В. / Обзорн. инф.; Вып. 1. - ЦНТИ, 1984. - 52 с.
10. Матков Н.Г. Стыки железобетонных элементов каркасов многоэтажных зданий / Матков Н.Г. Обзор. - М.: ВНИИПС, 1982 - 95 с.
11. СНиП II-21-75 – Бетонные и железобетонные конструкции, пп.5.42-5.45
12. Технологическая карта на монтаж железобетонных конструкций.

УДК 621.928.23

Орищенко С.В.¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА

Анотація. Здійснено огляд та аналіз проходження матеріалу крізь сито вібраційного грохота.

Ключові слова: сортування, грохот, живлення, матеріал.

Анотация. Осуществлен обзор и анализ прохождения материала сквозь сито вибрационного грохота.

Ключевые слова: сортировка, грохот, питание, материал.

Annotation. Osuschestvlen overview and analysis of material passing sieve skvoz vibration sieve and gantry crane.

Key words: sorting, vibrating, power, material.

Актуальність проблеми. На сучасному етапі розвитку будівництва висуваються достатньо високі вимоги до фракційного складу компонентів будівельних сумішей, для досягнення яких використовуються різного роду сортувальні машини. Якість сортуємого матеріалу насамперед залежить від ефективності грохочення, та завантаження сита вібраційного грохота.

Мета роботи полягає у дослідженні ефективності процесу сортування матеріалу в залежності від живлення вібраційного грохота.

Виклад основного матеріалу. Принципи грохочення, які застосовуються у вібраційних грохотах, однакові для будь-яких умов. Матеріал, який підлягає грохоченню, потрапляє у завантажувальний короб або одразу на сито, втрачає свою вертикальну складову швидкості і зазнає змін у напрямку переміщення.

Коли матеріал знаходиться на ситі, відбуваються два процеси:

а) розшарування матеріалу;

б) розподілення матеріалу.

Розшарування матеріалу - це розподілення, за якого частки більшого розміру піднімаються вгору у шарі матеріалу внаслідок дії вібрації, а дрібні частинки просіюються крізь отвори і переходять в нижню частину шару [1].

Взаємопов'язаними факторами, які впливають на стратифікацію, є такі:

1. Швидкість переміщення матеріалу: функція розшарування матеріалу, товщина шару, характеристика вібраційного руху і нахилу грохота.
2. Характеристика вібраційного руху: амплітуда, напрямок обертання, тип руху і частота.
3. Вологість поверхні часток: високий уміст вологи в поверхневому шарі утруднює розшарування.

Розділення – це процес, завдяки якому частки

досягають дрітної сітки і залишаються на ній, якщо мають розмір, більший за отвори, або проходять крізь сітку, якщо мають менший розмір.

Можливість відокремлення часток – це функція співвідношень їхнього розміру і отвору сита грохота. Чим більша відмінність в розмірах, тим легше часткам бути відсіяними або пройти крізь сито, і навпаки.

Частки розміром $d > 1,5 a$ (де a – отвір сита) не впливають на результат грохочення. Їхня відносна наявність суттєво позначається на зношенні і енергоспоживанні. Частки розміром $d < 0,5 a$ також мають малий вплив, оскільки вони вільно проходять крізь сітку.

Частки розміром $0,5 a < d < 1,5 a$ називаються «критичним класом» і визначають як ефективність, так і продуктивність процесу, оскільки:

а) частки розміром $0,5 a < d < a$ часто потребують декількох спроб, перш ніж пройдуть крізь сито.

б) частки розміром $d < 1,5 a$ засмічують багато отворів, перш ніж залишити сито у вигляді отриманого матеріалу.

Швидкість потоку матеріалу крізь отвори поверхні грохота змінюється відповідно до ступіня розшарування і вірогідності проходження матеріалу крізь сито.

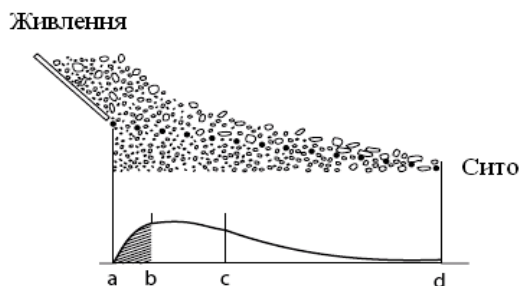


Рис. 1. Розподілення матеріалу крізь сито по довжині грохота (а-б- стратифікація поблизу завантажувального короба, б-с- насичене грохочення, с-д- розділення за декілька спроб).

Коли матеріал надходить з боку живлення на просіювальну поверхню, внаслідок вібрації відбувається стратифікація матеріалу (рис.1). Ця ділянка знаходиться між точками а і б за максимального ступеня стратифікації у точці б. Максимальне видалення часток відбувається на ділянці б-с (ділянка насиченого грохочення), де знаходиться точка найбільшої вірогідності через наявність більшої кількості дрібних частинок. На наступній ділянці, від точки с до d, вірогідність проходження часток низька.

На цій ділянці вірогідність проходження часток крізь отвори є меншою через наявність більшої кількості частинок критичного класу.

Під час типового сортування за допомогою простого грохоту (див.рис.1), ідеальна сепарація (100% ефективність) є комерційно недоцільною, оскільки від точки d і далі вірогідність проходження часток крізь отвори стає достатньо низькою. Теоретично для абсолютно ідеальної сепарації грохот повинен бути нескінченно довгим, оскільки крива на ри-

сунку асимптотично наближається до осі довжини грохота.

Практично ідеальне грохочення зазвичай означає ефективність в межах 90-95%.

Для високої якості розділення потрібно підтримувати необхідне співвідношення між амплітудою і частотою.

Під час переміщення матеріалу по грохоту варто забезпечувати:

а) для великих отворів: - велику амплітуду; - малу швидкість;

б) для малих отворів: - малу амплітуду; - велику швидкість;

Для похилих грохотів вібраційний рух є круговим у вертикальній площині. Вібрація піднімає матеріал, забезпечуючи стратифікацію, і частки переміщуються по поверхні, що просіває, завдяки вібраційному руху і нахилу.

Для горизонтальних грохотів рух повинен бути здатним перемішувати матеріал без допомоги гравітації.

Рух по прямій під кутом приблизно 45 градусів до горизонту забезпечує під'ємну складову для стратифікації і переміщення.

Одне з основних завдань процесу розділення – ефективність грохочення. Ефективність – це якість сепарації, яка досягається грохотом. Грохот, що працює з низькою ефективністю, може призвести до значних проблем, а саме:

1. перевантаження замкнутого циклу дроблення – працюючи з низькою ефективністю, грохот створює велике циркулююче навантаження, оскільки частина матеріалу, яка повинна пройти крізь грохот, повертається в цикл, знижуючи реальну продуктивність дробарки і перевантажуючи стрічкові конвеєри та інше допоміжне обладнання.

2. У результаті остаточного сортування матеріалу на ситі допомогою грохота, що працює з низькою ефективністю, можуть бути створені продукти, засмічені частками невідповідних розмірів.

Оцінка процесу грохочення здійснюється на підставі визначення

факторів ефективності і засміченості відокремлених фракцій [2]. Існують два види ефективності, які треба мати на увазі залежно від розгляданого продукту:

- ефективність видалення надрешітного продукту.

- ефективність вилучення підрешітного продукту.

Надрешітний продукт – це продукт, який залишається на грохоті (бажано, щоб він містив мінімум підрешітного продукту).

Ефективність видалення підрешітного продукту визначається за формулою:

$$E_1 = 100 - b, \quad (1)$$

де: b – % підрешітного продукту в продукті.

$$E_1 = 100 \cdot (Q_{н.н.} - Q'_{н.н.}) / Q_{н.н.}, \quad (2)$$

де $Q_{н.н.}$ – надрешітний продукт;

$Q'_{n.n}$ - кількість підрешітного продукту, що залишається в надрешітному продукті.

Якщо підрешітний продукт – це продукт грохота, бажано вилучити максимум підрешітного матеріалу, який міститься у живленні. Така ефективність визначається за формулою:

$$E_2 = (100 \cdot Q^{\partial}_{n.n}) / Q^3_{n.n}, \quad (3)$$

де: $Q^{\partial}_{n.n}$ - кількість підрешітного продукту що проходить крізь сито;

$Q^3_{n.n}$ - загальна кількість підрешітного продукту в загальному об'ємі матеріалу;

$$E_2 = ((100 \cdot (a - b)) / (a \cdot (100 - b))) \cdot 100, \quad (4)$$

де: $a = \%$ підрешітного продукту як $\%$ живлення;

$b = \%$ підрешітного продукту, який затримався на ситі, як $\%$ затриманого продукту.

Засмічення надрешітного продукту визначається за вмістом прохідного крізь сито продукту в надрешітному продукті (нормально допустиме значення - 5...20%).

Засмічення підрешітного продукту визначається за вмістом непрохідного матеріалу у підрешітному продукті (нормально допустиме значення - 2...10%).

Для оцінки ефективності розглянемо такий приклад. Шляхом аналізу живлення грохота (100т/год), проведеного для тестового грохота, встановлено, що 90% (або 90т/год) має розмір менший ніж 1, і тільки 81 т/год проходить крізь сито грохота. Отже, маємо такі вихідні дані:

90% - відсоток підрешітного продукту в живленні (повинен проходити крізь сито);

10% - відсоток надрешітного продукту в живленні (повинен утримуватись на ситі);

81% = дійсно проходить;

100-81=19% дійсно утримується.

19-10=9% прохідний матеріал, який утримується, засмічує надрешітний продукт;

$a = 90\%$;

$b = (9:19) \times 100 = 47\%$.

Розрахунок видів ефективності за наведеними формулами.

Ефективність видалення підрешітного продукту за формулою (1)

$$E_1 = 100\% - 47\% = 53\%$$

за формулою (2)

$$E_1 = (10/19) \cdot 100 = 53\%$$

де: 10% - відсоток живлення, більшого за розміром;

19% - відсоток живлення, утриманого в дійсності.

Ефективність вилучення підрешітного продукту

за формулою (3)

$$E_2 = (81 / 90) \cdot 100 = 90\%,$$

81%

проходить в дійсності

90% повинно пройти;

за формулою (4)

$$E_2 = \left(\frac{(100 \cdot (90 - 47))}{(90 \cdot (100 - 47))} \right) \cdot 100 = 90\%,$$

Порівнюючи отримані числові дані можна зауважити, що для одного і того ж грохота ми отримуємо різну ефективність залежно від розглядаемого матеріалу. Це виникає через різницю характеристик живлення і в більшості випадків не свідчить про те, що грохот працює неефективно.

У випадку, коли вміст матеріалу збиткового розміру або «прохідного» матеріалу в живленні меншим за 20%, розрахункові значення ефективності за видаленням «прохідного» матеріалу або за ефективністю його вилучення не завжди відображають реальну ефективність. Це виникає тому, що навіть невелика кількість «прохідного» матеріалу, яка утримується на грохоті, відчутно впливає на ефективність.

Для заданого набору характеристик грохота і живлення ефективність в основному залежить від швидкості живлення, як це видно на графіку (ефективність представляє ефективність вилучення підрешітного продукту).

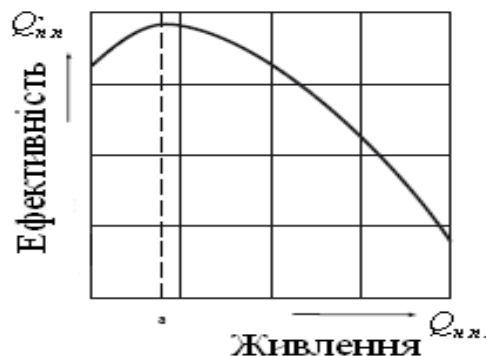


Рис.2. Залежність ефективності розділення матеріалу від швидкості подавання.

За низької швидкості живлення зліва від точки «а» на графіку дійсна ефективність збільшується за збільшення швидкості живлення.

Шар частинок більшого розміру (матеріал розміру більшого, ніж отвори грохота) на частках пограничного розміру запобігає збитковому (підстрибуванню) останніх, збільшуючи кількість спроб проходження, а також змушуючи ці частинки проходити крізь просіювальну поверхню.

Отже, в умовах неефективного грохочення потрібно вивчити стратифікацію залежно від протівопотoku, напряму обертання, амплітуди і зниження частоти з метою збільшити час знаходження матеріалу на грохоті; ці заходи можуть призвести до утво-

рення достатньо товстого шару матеріалу на грохоті, через що ефективність стане ще нижчою.

Очевидно, слід задати фіксовані значення ефективності. Грохот кінцевого розділення що застосовується для отримання продуктів строго відповідно до специфікацій, повинен працювати з ефективністю

90% і більше. Тим більш, що на тому самому заводі ефективність 60-70% може бути достатньою для процесів проміжного розділення. У більшості випадків ефективність в межах 90-95% може розглядатись як ідеальна за промислових умов.

Висновки

1. Ефективність відчутно зменшується за збільшення швидкості живлення, оскільки грохот не має достатньої продуктивності для відокремлення всього підрешітного матеріалу, що міститься в живленні.

2. В умовах неефективного грохочення потрібно вивчати стратифікацію залежно від протівопотоку, напрямку обертання, амплітуди і зниження частоти з метою збільшити час знаходження матеріалу на грохоті; ці заходи можуть призвести до утворення достатньо товстого шару матеріалу на грохоті, через що ефективність стане ще нижчою.

Література

1. Назаренко І.І. Машина для виробництва будівельних матеріалів: підручник / І.І.Назаренко. – К.:КНУБА, 1999р. – 488с.
2. Назаренко І.І. Моделювання процесу руху матеріалу по грохоту / І.І. Назаренко, С.В. Орищенко // Техніка будівництва. – 2009. – №22. – С. 81– 84.

УДК 004.021:004.92

Купрієнко О.С.¹

РОЗРОБКА КЛАСИФІКАЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ САПР ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

АНОТАЦІЯ. Проведено аналіз класифікацій САПР та запропоновано класифікацію, яка суміщає в собі необхідні вимоги для проектування одноповерхової промислової каркасної будівлі.

Ключові слова: САПР, одноповерхова промислова каркасна будівля, класифікація

АННОТАЦИЯ. Проведен анализ классификаций САПР и предложена классификация, которая совмещает в себе необходимые требования для проектирования одноэтажного промышленного каркасного здания.

Ключевые слова: САПР, одноэтажное промышленное каркасное здание, классификация.

SUMMARY. The analysis of the classifications of CAD and creating own classification, which combines the necessary terms for the design of a single-storey industrial frame building, was conducted.

Keywords: CAD, single-storey industrial frame building, classification.

Постановка проблеми. Найпоширенішим видом промислових споруд є одноповерхова збірна каркасна будівля. Проектування таких будівель часто зводиться до трудомісткої однотипної роботи, яка являє собою підбір елементів та їх розстановку згідно затверджених вимог, що викладені у нормативних документах. Для полегшення роботи проектувальників, необхідна САПР, яка дозволить максимально автоматизувати процес їх роботи.

Одноповерхові промислові будівлі каркасної конструктивної системи монтуються зі збірних залізобетонних і металевих конструктивних елементів, що базуються на колонах. Ці будівлі призначені для розміщення важкого технологічного обладнання, що забезпечує різноманітні виробничі процеси, чим пояснюється їх широке використання у різних

галузях промисловості: легкій, харчовій, будівельній, деревообробній індустрії, машинобудуванні, поліграфії, металообробці, для влаштування складів, тощо.

Метою даної роботи є розробка класифікації спеціалізованих САПР для одноповерхових каркасних об'єктів будівництва промислового призначення.

Аналіз предметної області. Конструктивний остов будівлі (рис. 1) утворюється у поперечному напрямку з одно- або багатопробіжних рам, які складаються із колон, жорстко закріплених у фундаментах, на які шарнірно спираються ригелі. У поздовжньому напрямку рами з'єднані підкрановими балками, жорсткими плитами покриття, розпірками та зв'язками.

¹ Купрієнко О.С., аспірант КНУБА (м. Київ).

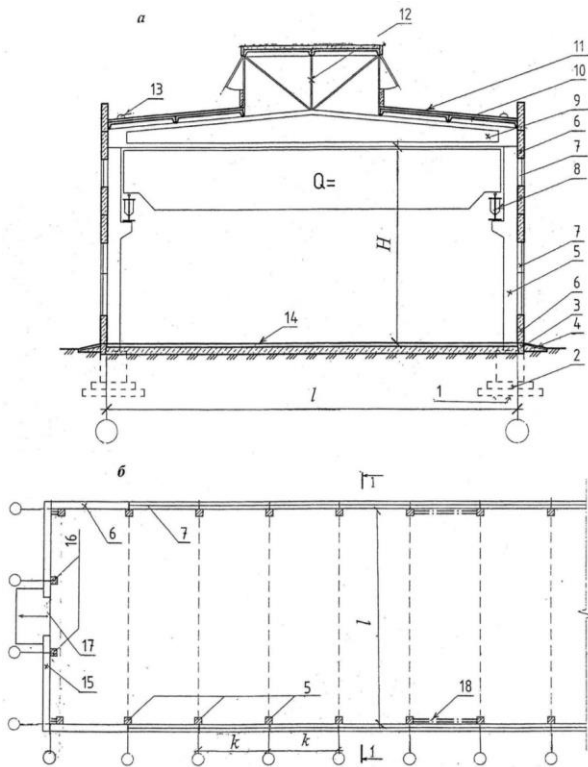


Рис 1. Основні елементи одноповерхової виробничої будівлі:

- а – схема розрізу; б – схема плану;
 1 – ґрунтова основа; 2 – фундамент стовповий;
 3 – фундаментна балка; 4 – вимощення;
 5 – колона основна; 6 – стіна зовнішня;
 7 – вікно; 8 – підкранова балка;
 9 – несучий елемент покриття;
 10 – огорожувальний елемент покриття;
 11 – покрівля; 12 – ліхтар;
 13 – лійка відведення опадів; 14 – підлога;
 15 – стіна торцева; 16 – колони фахверку;
 17 – ворота; 18 – зв'язки вертикалі між колонами.

Уніфіковані об'ємно-планувальні рішення використовуються переважно під час проектування зі збірних будівельних конструкцій. Система уніфікації обумовлює правила призначення основних розмірів будівлі: ширини прогонів рам та відстані між поперечними рамами (кроків), сітки координатних осей; висоти колон; розміщення колон (прив'язки) відносно координатних осей [1].

Основними елементами виробничих одноповерхових каркасних будівель (рис.1) із уніфікованих конструкцій є [2]:

- *прогін* – відстань у поперечному напрямку між опорами несучих конструкцій покриття, який приймається для будівель із опорними (мостовими) кранами: $l = 18, 24, 30, 36$ м, а для будівель без мостових кранів: $l = 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36$ м;
- *крок колон* – відстань у поздовжньому напрямку між несучими колонами, що приймається: $k = 6$ м, 12 м, іноді 18 м або 24 м;
- *висота* до низу несучих конструкцій покриття, приймається: $H = 3, \dots, 18$ м через 600 мм.

Крім стандартизованого розміщення прогонів та колон, під час проектування одноповерхових промислових будівель керуються рядом таких аспектів:

- *прив'язка колон на плані будівлі*:
 - а) на поздовжніх осях по краях конструктивних блоків розміщують *крайні несучі колони*;
 - б) на внутрішніх поздовжніх осях конструктивних блоків розміщують *внутрішні несучі колони*;
 - с) біля торців будівель розміщують *фахверкові колони*.
- будівлі з великою площею розрізають на окремі блоки деформаційними швами, які можуть бути осадочними, температурними або антисейсмічними;
- у промислових будівлях каркасної конструктивної системи *фундаменти* влаштовують залізобетонними стовповими, окремо розташованими під кожною колоною;
- *підкранові балки* сприймають вертикальні та горизонтальні, поздовжні та поперечні навантаження, що виникають при переміщенні вантажів і гальмуванні кранів;
- *несучі конструкції покриттів* призначені для сприйняття навантажень від огорожувальних елементів покриття, снігового та вітрового навантажень і передачі їх на основні колони.

Всі вищезгадані елементи промислової будівлі виготовляються і розміщуються на проекті стандартизовано, що дозволяє максимально автоматизувати проектування.

Виклад основного матеріалу

Ринок інформаційних технологій світу і України на сьогоднішній день насичений спеціалізованими програмними засобами для автоматизації окремих етапів проектування будівель і споруд. Лідерами в розробці CAD-систем і компонент для потреб будівництва є компанії Autodesk, Allbau та Graphisoft.

САПР цих та інших розробників можна класифікувати за *галузевим призначенням*:

MCAD (англ. mechanical computer-aided design) - автоматизоване проектування механічних пристроїв. Це машинобудівні САПР, які застосовуються в автомобілебудуванні, суднобудуванні, авіакосмічної промисловості, виробництві товарів народного споживання та включають в себе розробку деталей і механізмів з використанням параметричного проектування на основі конструктивних елементів, технологій поверхневого і об'ємного моделювання (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС, CATIA);

EDA (англ. electronic design automation) або ECAD (англ. electronic computer-aided design) - САПР електронних пристроїв, радіоелектронних засобів, інтегральних схем, друкованих плат і т. п., (Altium Designer, OrCAD);

AEC CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) або CAAD (англ. computer-aided architectural design) - САПР в області архітектури і будівництва, що використовуються для проектування будівель, промислових об'єктів, доріг, мостів та ін. (Autodesk Architectural Desktop, AutoCAD Revit Architecture Suite, Piranesi, ArchiCAD).

За *цільовим напрямком* існуючі САПР поділяють на: CAD, CAE, CAM - CAx (рис 2):

CAD (англ. computer-aided design/drafting) - засоби автоматизованого проектування. В контексті зазначеної класифікації термін позначає засоби САПР, призначені для автоматизації двовимірної і/або тривимірної геометричного проектування, створення конструкторської та/або технологічної документації, і САПР загального призначення.

CAD поділяється на дві підгрупи:

- CADD (англ. computer-aided design and drafting) - проектування і створення креслень;
- CAGD (англ. computer-aided geometric design) - геометричне моделювання.

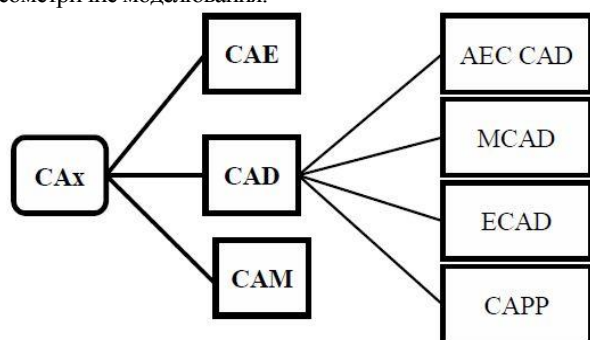


Рис 2. Класифікація САХ-систем.

CAE (англ. computer-aided engineering) - засоби автоматизації інженерних розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів, здійснюють динамічне моделювання, перевірку та оптимізацію виробів.

- CAA (англ. computer-aided analysis) - підклас засобів CAE, використовуваних для комп'ютерного аналізу.

CAM (англ. computer-aided manufacturing) - засоби технологічної підготовки виробництва, забезпечують автоматизацію програмування та управління обладнання з ЧПУ або ГАПС (Гнучких автоматизованих виробничих систем).

CAPP (англ. computer-aided process planning) - засоби автоматизації планування технологічних процесів застосовуються на стику систем CAD і CAM.

Класифікація за стандартами країн СНД викладена в ГОСТ [3], що встановлює наступні ознаки класифікації САПР (рис.3):

- тип/різновид і складність об'єкта проектування;
- рівень і комплексність автоматизації проектування;
- характер і кількість випущених документів
- кількість рівнів в структурі технічного забезпечення.

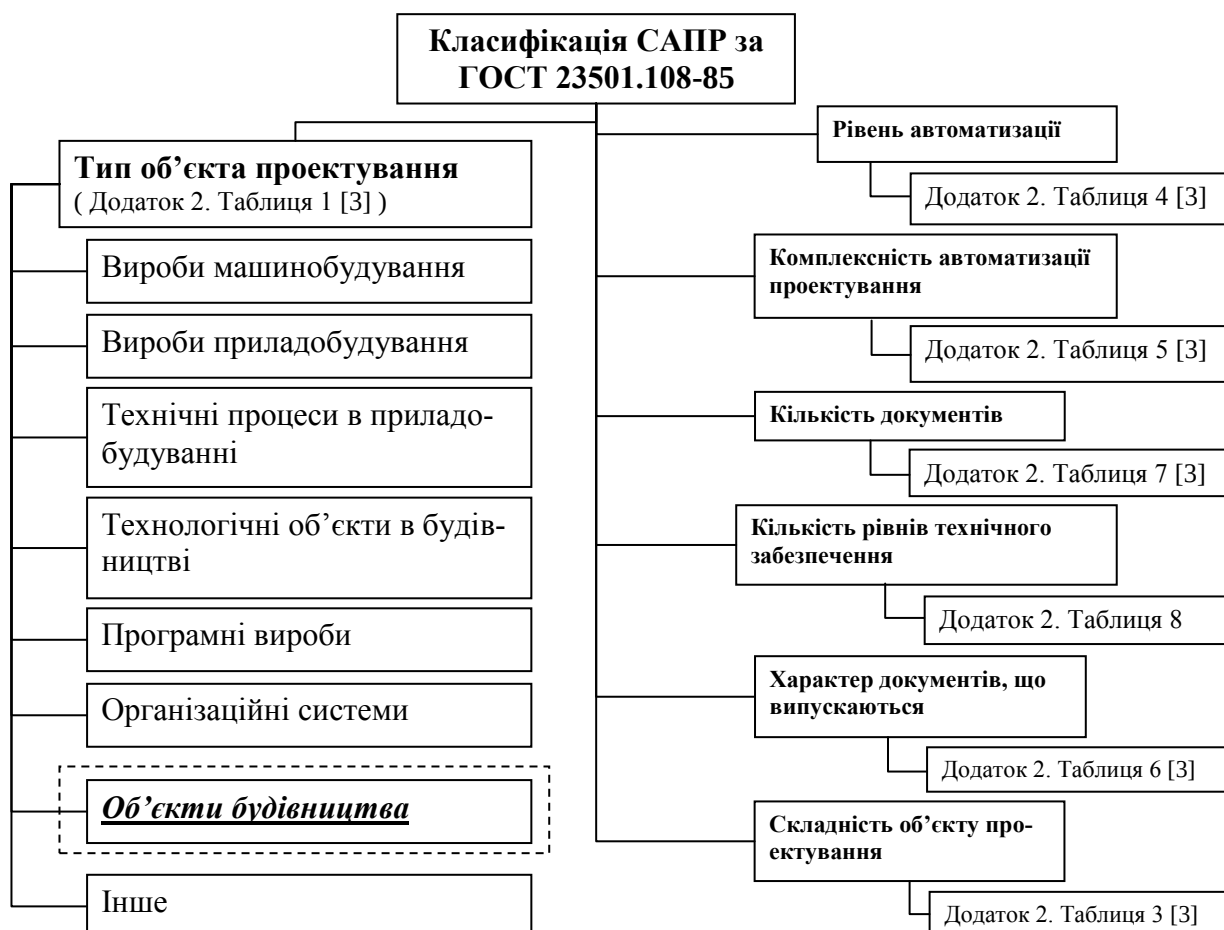


Рис 3. Класифікація САПР за ГОСТ 23501.108-85.

Аналіз обох варіантів класифікації та вимог до проектування промислових будівель, показав, що для САПР, яка б задовольняла всім вимогам будівельних стандартів [2], необхідно розробити класифікацію, котра суміщає в собі

необхідні вимоги обох представлених. Таку САПР слід класифікувати як AEC CAD (для об'єктів будівництва), CADD (рис. 4), - тобто САПР, яка на основі ГОСТ дозволить формувати інформаційну модель будівлі (BIM -

Building Information Modeling або Building Information Model).

Запропонована класифікація являє собою продовження гілки «Об'єкти будівництва» класифікації САПР за ГОСТ 23501.108-85, що представлена на рис. 4.

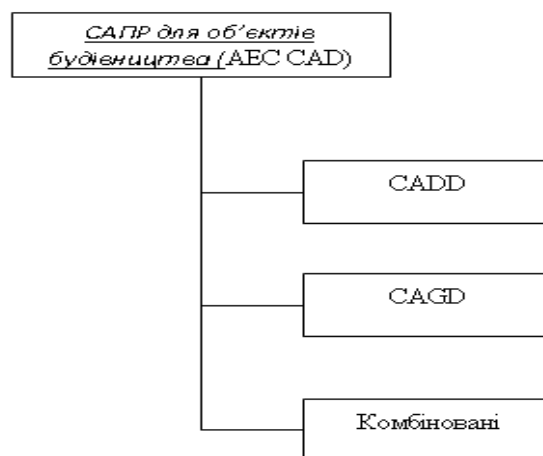


Рис 4. Класифікація САПР для об'єктів будівництва.

Висновки

1. Аналіз існуючих САПР та предметної області показав, що жодна з розповсюджених САПР не в змозі забезпечити всі вимоги до проектування одноповерхової каркасної промислової будівлі.

2. Запропонована класифікація суміщає в собі ознаки з обох проаналізованих систем і надає можливість автоматизувати процес розробки інформаційних моделей одноповерхових каркасних об'єктів будівництва промислового призначення

Література

1. Гетун Г.В. Основы проектирования промышленных зданий. – К.: КОНДОР, 2003. – 210 с.
2. ГОСТ 28984-91. «Модульная координация размеров в строительстве» – М.: Издательство стандартов, 1991. – 18 с.
3. ГОСТ 23501.108-85 «Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение», 1985. – 15с.

УДК 629.113-585.862

Рыбалко И.Ф.¹

МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЭНЕРГИЙ В ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

АННОТАЦИЯ. В статье обоснованы параметры и конструктивные особенности экспериментальной установки для исследования динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства. Форма представления результатов экспериментальных исследований позволяет провести их сравнение с результатами аналитических исследований.

АНОТАЦІЯ. У статті обґрунтовано параметри і конструктивні особливості експериментальної установки для дослідження динамічних процесів навантаження трансмісії транспортного засобу. Форма представлення результатів експериментальних досліджень дозволяє провести їх порівняння з результатами аналітичних досліджень.

ANNOTATION. The article substantiates parameters and design features of the experimental setup for studying dynamic processes of loading the vehicle transmission. The presentation of the experimental results allows to compare them with the results of analytical studies.

Введение. Задачи экспериментальных исследований динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства в выполненной работе включали в себя: выявление характера динамических процессов нагружения деталей трансмиссии; определение фактических величин нагрузок в зависимости от зазоров в

шарнирах неравных угловых скоростей карданных передач; определение статистических характеристик нагруженности элементов трансмиссии автомобиля при его установившемся движении.

Решение задач эксперимента было достигнуто: разработкой программы и плана эксперимента, созданием комплекса измери-

тельной аппаратуры, установленного на автомобиле; проведением экспериментальных заездов; анализом результатов измерений.

Объектом экспериментальных исследований являлся серийный автомобиль КамАЗ-5320, краткая техническая характеристика которого приведена в таблице 1.

Таблица 1

Краткая техническая характеристика автомобиля КамАЗ-35320

Параметр	Значение параметра
Колесная формула	6x4
Масса снаряженного автомобиля, кг	7466
Полная масса автомобиля, кг (Полная масса автомобиля: масса снаряженного автомобиля, масса перевозимого груза, масса экипажа из трех человек (водитель, оператор, инженер исследователь) и масса измерительной аппаратуры, включая элементы питания).	15305
Передаточное число главной передачи	7,22
Двигатель: модель	740
Сцепление: модель	142
Коробка передач: модель	15
Шина: модель	И-Н142Б

Анализ последних исследований и публикаций. Изучением динамических нагрузок в трансмиссии автомобиля занимались и занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Анализ работ по исследованию динамических нагрузок в трансмиссии АТС дает возможность сделать вывод о том, что одной из главных тенденций в исследованиях является то, что им подвергаются все более сложные явления, отражающие сложную взаимосвязь отдельных узлов и агрегатов [5, 7, 8].

Цель работы – разработка комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры для исследования динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства для проверки теоретических выводов о влиянии изменения параметров деталей карданной передачи, вследствие эксплуатационных износов, на нагруженность элементов трансмиссии.

Основная часть. Общее число параметров, регистрируемых при проведении экспериментальных исследований, составило 12. Это [1]:

- величина крутящих моментов на правых полуосях среднего и заднего ведущих мостов, карданах: M_1, M_2, M_3, M_4 ;
- частоты вращения коленчатого вала двигателя, правых полуосей среднего и заднего ведущих мостов, карданных валов привода среднего и заднего ведущих мостов, соответственно n_1, n_2, n_3, n_4 ;
- величины углов поворота верхних реактивных штанг балансирной подвески среднего и заднего ведущих мостов, соответственно φ_1 и φ_2 ;
- величина вертикальных перемещений балки переднего управляемого моста относительно рамы автомобиля, соответственно, ξ .

Имитация изменения зазоров в шарнирах неравных угловых скоростей карданных передач, вследствие эксплуатационных износов сопрягаемых поверхностей, достигалась установкой в шарнирах крестовин с измененными геометрическими параметрами шпилей [10]. Это позволило изменять величины зазоров (люфтов) в шарнирах карданных передач и трансмиссии

Выбор приборов, датчиков, регистраторов, источников питания и преобразователей тока, мест их установки на автомобиле проводился на основе выполнения следующих основных требований: обеспечение необходимой точности и воспроизводимости результатов измерений [2]; взаимозаменяемость элементов комплекса; сохранение метрологических характе-

ристик в диапазоне температур от 0° до 45°С; возможность контроля за работой аппаратуры во время проведения эксперимента.

Специфическими требованиями при проведении дорожных испытаний являлось [3]: надежное крепление регистрирующей аппаратуры, находящейся в кабине и расположенной таким образом, чтобы обеспечить удобство работы водителя и оператора при проведении заездов; надежное и безопасное крепление токосъемников и датчиков, находящихся на элементах трансмиссии и ходовой части автомобиля, и расположение их таким образом, чтобы обеспечить безопасность дорожного движения при проведении заездов.

Структурная схема приборного комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры показана на рисунок 1. Датчики для замера одних и тех же параметров объединены в группы А, Б, В, Г. Марка их указана во втором столбце на рисунок 1, а измеряемый параметр и порядковый номер записи на каналы магнитографа отмечены соответственно в первом и третьем столбцах.

Блоками с соответствующими названиями выделены: тензоусилитель KWS64-5 шестиканальный (НВМ, Германия); магнитограф R - 200 четырех канальный (ТЕАС, Япония); токосъемники SK-6 (НВМ, Германия) преобразователь напряжения ПН-808-7; усилитель 6L5 двухканальный (SUN -EI Instruments, Япония); усилитель БМС-4 четырехканальный; коммутационная коробка КК; выходная коммутационная панель КП. Стрелками показаны связи между составляющими комплекса.

В основу измерения неэлектрических величин положен следующий принцип получения выходного сигнала: датчик-формирователь (измеритель) выходного сигнала - регистратор. Независимо от вида привода чувствительного элемента: механического для датчиков CP-5S, W-100, Materflow, ВБ-1326, ВБ-23-Р18 или от механической деформации валов полуосей и карданных передач для тензодатчиков КФ5Р2-3-400, датчики изменяют величину активного сопротивления. Меняющееся сопротивление используется для формирования выходного сигнала и последующей его регистрации.

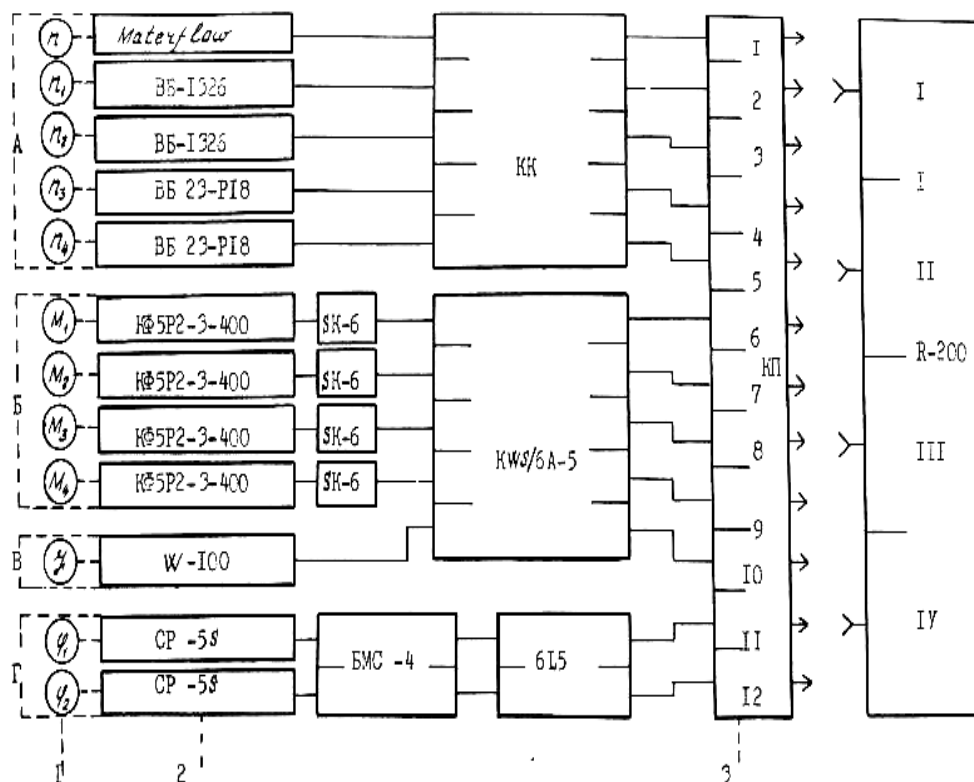


Рис. 1. Схема приборного комплекса структурная.

Сигналы от тензодатчиков, установленных на полуосях и карданных валах подавались на четыре канала усилителя *KWS/6A-5*. Пятый канал усилителя использовался для формирования сигналов потенциометрического датчика *W-100* измерения линейных вертикальных перемещений балки переднего управляемого моста автомобиля. Каждый канал состоит из генератора питания измерительного моста, фазочувствительного детектора, усилителя напряжения, частотного фильтра и усилителя мощности выходного сигнала. Достоинством усилителя являются большие коэффициенты усиления в малые дрейфы нуля. Особую трудность при балансировке составило согласование датчиков и кабелей по емкости и сопротивлений, что было достигнуто использованием кабелей с двойным экраном и надежным их закреплением.

В качестве формирователя электрического сигнала для потенциометрических датчиков *CP-5* измерения угловых перемещений реактивных штанг балансирной подвески ведущих мостов автомобиля использовались каналы усилителя *БМС-4* и *6L5*, которые обеспечивали подачу питания, балансировку измерительной схемы, усиление сигнала и подачу его на регистрирующий прибор *R-200*.

Для формирования электрических сигналов индуктивных преобразователей *Materflow*, *BB I326*, *BB 23-PI8* было применено устройство обеспечивающее питание, балансировку измерительной схемы, усиление сигнала и подачу его на регистрирующий магнитофон *R-200*. Корпус прибора выполнен в виде коммутационной коробки, в которую установлены модули для соответствующих датчиков. Электрическая схема прибора разработана таким образом, что выходы кабельных разъемов датчиков непосредственно соединены с контактами разъемов модулей, к которым по параллельной схеме подведено питание постоянным током напряжением 220 В.

Проверка напряжения, подаваемого на индуктивные датчики и их балансировка осуществлялась по стрелочным контрольным приборам.

Для измерения и наблюдения за значениями текущей величины скорости движения автомобиля использовался тахограф *ТСО 134-F-120* (*Yazaki*, Япония). Питание прибора осуществлялось от источника постоянного тока бортовой системы питания автомобиля с напряжением 24 В. Диапазон измеряемой величины скорости от 5,55 до 19,44 мс⁻¹ (от 20 до 70 км/ч). Обеспечение необходимой величины скорости движения автомобиля при проведении заездов в ходе эксперимента, с достаточной степенью точности осуществлялось водителем-испытателем высокой профессиональной квалификации.

Запись процессов происходящих в ходе проведения экспериментальных заездов велась на магнитную ленту *ИИ-4315-6*, посредством подключения четырехканального магнитографа *R-200*. Скорость проведения записи 0,15 мс⁻¹. Длина ленты в кассете позволяла осуществлять запись 35 заездов. Запись велась на 4-х каналах магнитографа одновременно.

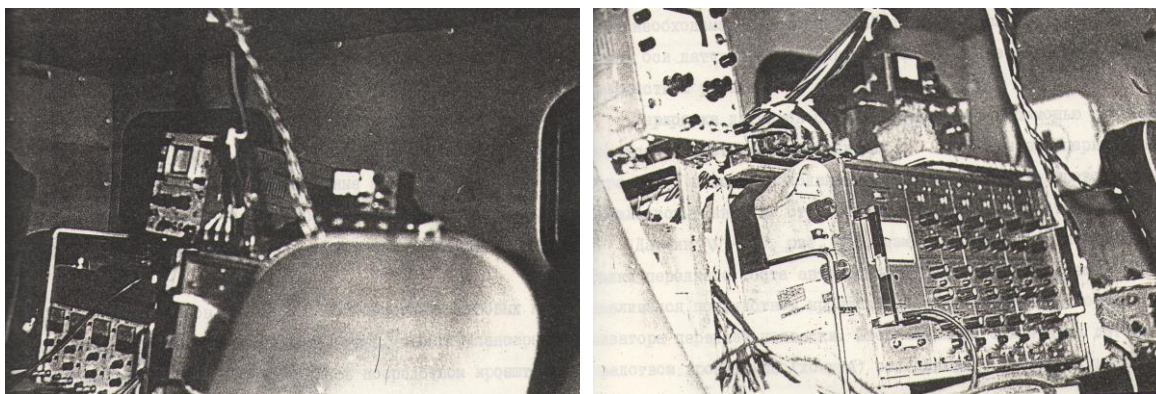
Магнитная запись позволяет автоматизировать обработку записанных процессов с использованием анализаторов и ЭВМ; многократно обрабатывать одну и ту же запись по различным алгоритмам; многократно использовать носитель записи.

Контроль прохождения записи осуществлялся осциллографом *CI-49*.

Регистратор 1 (магнитограф), усилители 2, 3, 4; осциллограф 5, преобразователь тока 6, коммутационная коробка 7, на демпфирующих опорах устанавливались в кабине транспортного средства – автомобиля (рисунок 2).

Питание магнитографа *R-200*, усилителя *KWS/6A-5*, осциллографа *CI-49*, коммутационного устройства осуществлялось постоянным током, соответственно 12 В, 24 В, 23 В, 24 В от 2-х бортовых аккумуляторных батарей *BCT-190*.

Для энергоснабжения усилителя *БМС-4* и преобразователя *ПИ-808-7* использовались дополнительные источники постоянного тока напряжением соответственно 12 В (от 1-ой аккумуляторной батареи *BCT-190*) и 24 В (от 2-х аккумуляторных батарей *BCT-190*).



а) вид слева

б) вид справа

Рис. 2. Общий вид комплекса измерительных приборов, установленных в кабине автомобиля.

Преобразователь ПН-808-7 осуществлял энергоснабжение усилителей 6Л5 переменным током частотой 50 Гц и напряжением 220 В.

Принципиальная схема энергообеспечения комплекса измерительных приборов приведена на рисунок 3. Блок питания, представляющий собой дополнительные аккумуляторные батареи, располагался в кузове автомобиля. Управление велось с пульта располо-

женного в кабине автомобиля. Контроль величины напряжения поступающего на чувствительные элементы датчиков проводился перед каждым выездом автомобиля. При необходимости дополнительные аккумуляторные батареи заменялись другими. Дозарядка штатных (бортовых) аккумуляторов автомобиля проводилась систематически при подготовке автомобиля к испытаниям.

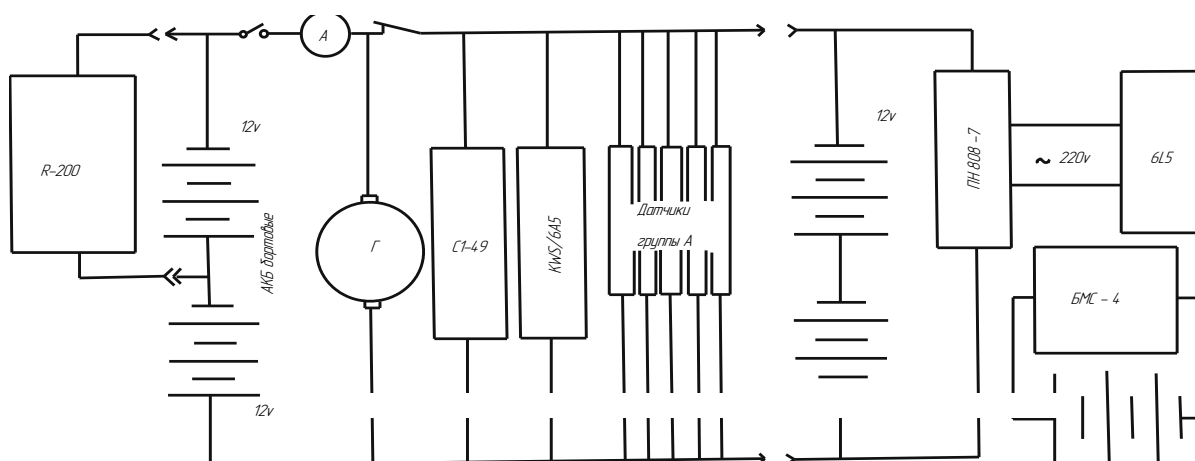
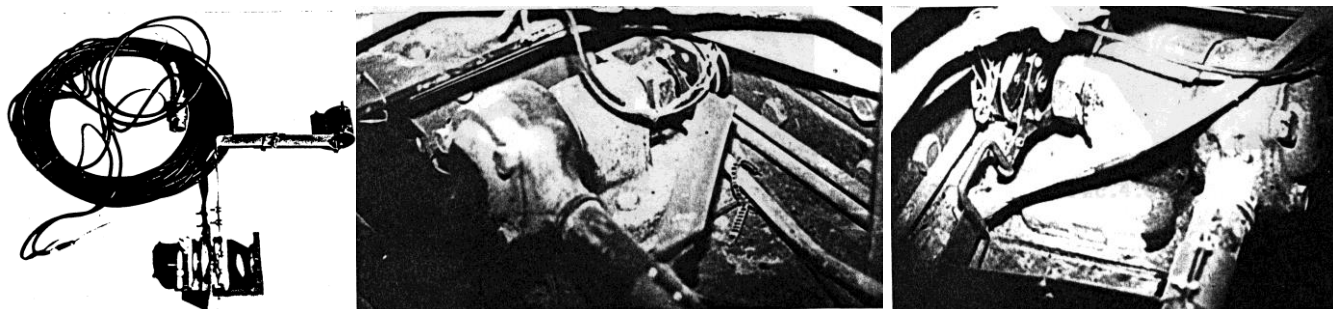


Рис. 3. Схема энергообеспечения комплекса измерительных приборов принципиальная.

Установка датчиков CP-5, рисунок 4 измерения угловых перемещений (угла поворота) верхних реактивных штанг балансирной подвески ведущих мостов осуществлялась посредством кронштейнов, закрепляемых на шаровом пальце соединения верхней реактив-

ной штанги с опорой оси балансира на раме автомобиля. Этим достигалась необходимая соосность осей датчика и шарового пальца. Связь оси датчика с реактивной штангой подвески осуществлялась посредством рычага.



а) общий вид.

б) установка датчиков на реактивных штангах балансирной подвески.

Рис. 4. Датчик CP-5S.

Тарировка датчиков CP-5 проводилась с помощью угломера, согласно существующим методикам [3]. Установка первоначального "0" - положения подвижного контакта датчика проводилась в начале испытаний, по стрелочному индикатору усилителя БМС-4.

Датчик W-100, рисунок 5, измерения линейных перемещений балки переднего моста автомобиля относительно его рамы, устанавливался посредством кронштейнов закрепляемых на корпусе амортизатора передней подвески. Шток подвижного контакта датчика посредством кронштейна (хомута) соединялся с нижней подвижной частью амортизатора.

Тарировка датчика W -100 осуществлялась с помощью линейки согласно существующей методики [3]. При проведении испытаний первоначально устанавливался "0" - положения подвижного контакта датчика по стрелочному индикатору усилителя KWS / 64-5.

В качестве датчиков измерения величин крутящих моментов на коротких полуосях ведущих мостов и карданных валах привода среднего и заднего ведущих мостов автомобиля использовались провололочные тензорезисторы марки КФ5Р2-3-400. Подбор тензорезисторов осуществлялся на точностью до 0,02 Ом. Наклейка тензорезисторов на полуосях (рисунок 6) и карданных валах проводилась согласно схеме рисунок 7 с соблюдением существующих требований [4]. Схема подключения моста к усилителю KWS / 64-5 представлена на рисунок 8. Балансировка тензомостов

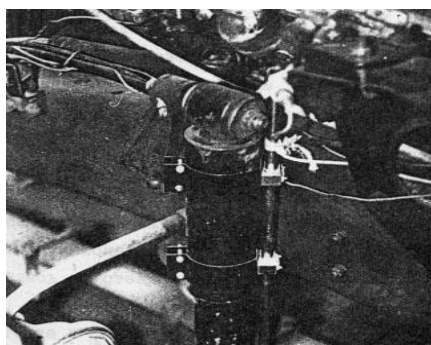


Рис. 5. Общий вид датчика W-100, установленного на амортизаторе передней подвески.

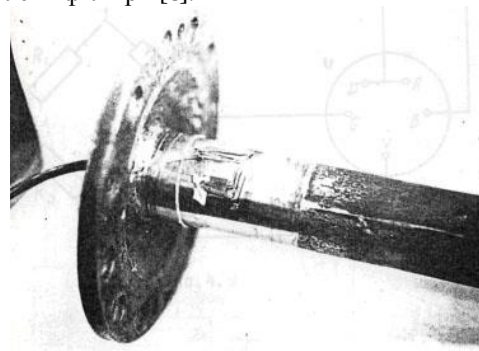


Рис. 6. Установка тензорезисторов на полуоси.

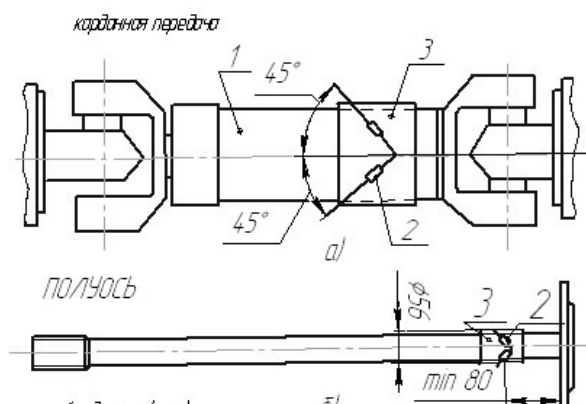


Рис. 7. Схемы наклейки тензорезисторов на динамометрические валы:
1 – деталь (узел); 2 – тензорезистор; 3 – обмотка (гидроизоляция).

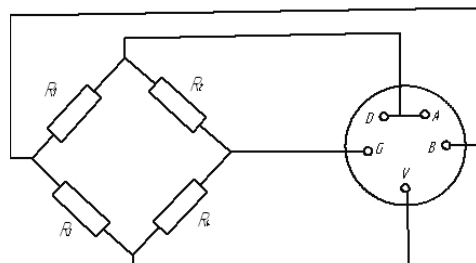


Рис. 8. Схема подключения тензорезисторов к усилителю.

проводилась по емкостному и активному сопротивлению.

Тарировка динамометрических валов полуосей и карданных передач проводилась на стенде для испытаний на статическую прочность - рис. 9. Схема установки полуосей и валов карданных передач на стенде и подключения измерительных приборов представлена на рис. 10. Создаваемое на валах усилие контролировалось по образцовому цифровому вольтметру 55Д31 (ДИСА, Дания) - см. рисунок 9, рисунок 10, поз.1. По полученным калибровочным величинам построены тарировочные графики динамометрических валов.

Снятие с вращающихся валов карданных передач электрических сигналов, поступавших от датчиков измерения величин крутящего момента, осуществлялось посредством щеток токосъемного устройства установленного в специальном кожухе – рисунок 11 [5, 7]. Крепление кожуха к раме автомобиля упругими жгутами обеспечивало фиксацию его от поворота при вращении вала карданной передачи и подвижность относительно рамы при изменении угла наклона вала карданной передачи [6].

Проверка работоспособности розеток осуществлялась в ходе испытания. Для уменьшения помех, создаваемых работой электрооборудования на все тензометрические каналы между магнитографом и тензостанцией, были установлены фильтры [8].

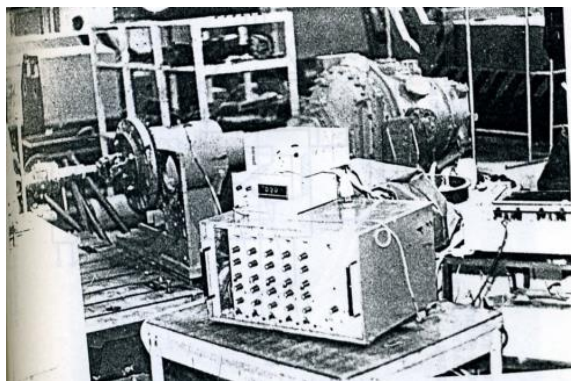


Рис. 9. Вид обший стенда для тарировки динамометрических валов.

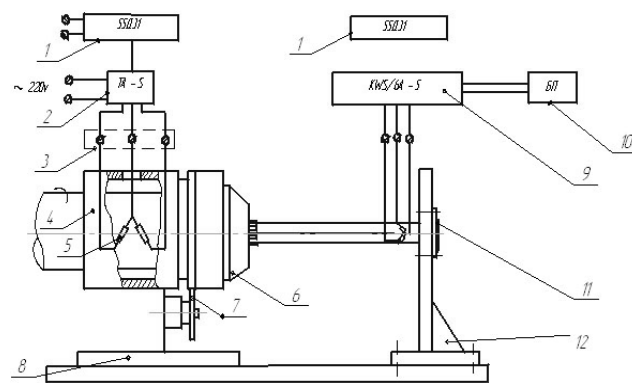
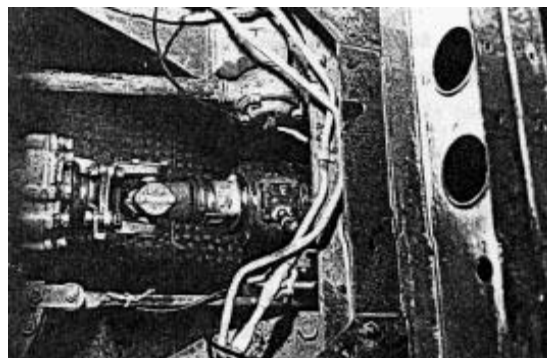


Рис. 10. Схема установки динамометрического вала и подключения измерительных устройств на стенде при тарировке:

1 – вольтметр; 2 – тензоусилитель; токосъемник; 4 – планшайба; 5 – торсион оттарированный (эталонный); 6 – фланец переходной; 7 – датчик многооборотный потенциометрический; 8 – плита базовая; 9 – усилитель; 10 – блок питания; 11 – вал динамометрический; 12 – стойка.



а) на карданную передачу



б) карданная передача в трансмиссии автомобиля

Рис. 11. Установка токосъемного устройства.

Датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя Materflow устанавливался в картере маховика двигателя на месте указателя верхней мертвой точки.

Датчик ВБ 23-Р18 частоты вращения карданного вала привода среднего ведущего моста, рисунок 12, устанавливался на кронштейне, который крепился к крышке подшипника вторичного вала коробки передач. Аналогичным образом осуществлялась установка датчика ВБ23-Р18 частоты вращения карданного вала привода заднего ведущего моста

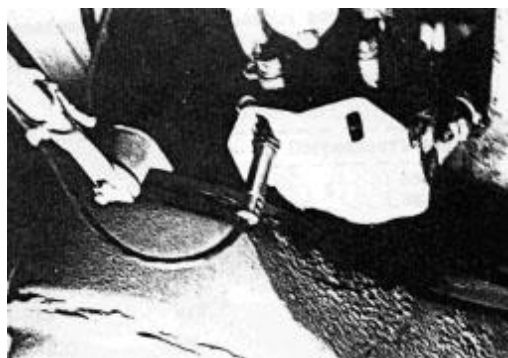


Рис. 12. Установка датчика ВБ23-Р18 в трансмиссии автомобиля.

автомобиля. Датчик посредством кронштейна крепился к крышке подшипника ведущего вала главной передачи заднего ведущего моста. Якоря датчиков, выполненные в виде флажка, крепились к болтовым соединениям фланцев карданных валов и соответственно фланцев коробки передач и главной передачи.

Датчики ВБ 13-26 частоты вращения полуосей ведущих мостов автомобиля устанавливались в специальных корпусах (рисунок 13) закрепляемых на ступицах ведущих

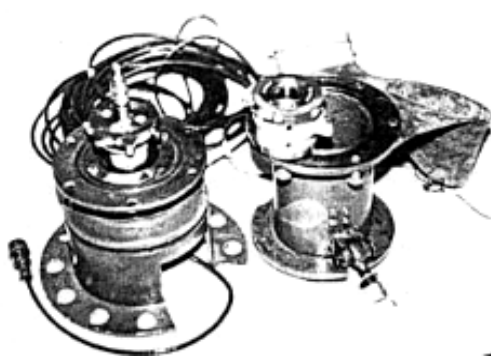
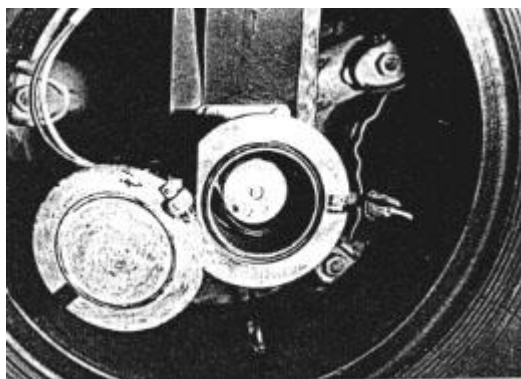


Рис. 13. Датчик ВБ 13-26 и токосъемники с элементами крепления.

колес автомобиля рисунок 14, а. В этом же корпусе устанавливались торцевые токосъемные устройства SK-6 (НВМ, Германия), (рисунок 14, а) служившие для передачи с вращающейся полуси электрических сигналов, поступающих от датчиков измерения величин крутящего момента.

Конструкция корпуса обеспечивала его неподвижность относительно вращающегося колеса автомобиля, рис. 14 а, б. Необходимая подвижность корпуса относительно кузова автомобиля при нерадениях ведущих мостов, достигалась специальной конструкцией соединения корпуса с кузовом, рис.14, б.



а) ступица колеса



б) фиксация относительно корпуса автомобиля

Рис. 14. Установка датчика ВВ 13-26 и токосъемника SK-6.

Первичная обработка информации проводилась с использованием (рисунок 15) следующих устройств: настольная электронная клавишная вычислительная машина модели HP 9830A (Hewlett-Packard, США); графопостроитель HP 9862; термопринтер HP 9866; считыватель координат HP 9864. Используемая аппаратура и необходимое программное обеспечение позволили получить статистические характеристики исследуемых процессов.

Исходными данными для расчета статистических характеристик служила запись исследуемых процессов на осциллографическую бумагу, получаемая с помощью осциллографа К 12-24. В качестве примера на рисунке 16 показаны осциллограммы исследованных процессов. Индексация фиксируемых параметров на рис. 1 и индексация кривых осциллограммы на рисунке 16 совпадают.

Таблица 4

Величины погрешностей измерений датчиков, использовавшихся в процессе проведения экспериментальных исследований

№ п/п	Датчики	Размерность	Погрешность измерения	
			%	Абсолютная величина
1	Materflow	мин ⁻¹	-	$\pm 4,03 \cdot 10^{-3}$
2	BB 13-26	мин ⁻¹	-	$\pm 1,242 \cdot 10^{-2}$
3	BB 23-P18	мин ⁻¹	-	$\pm 1,643 \cdot 10^{-2}$
4	KФ5P2-3-400	кН·м	± 5	-
5	W 100	мм	-	$\pm 2,0210 \cdot 10^{-3}$
6	CP-5S	рад	-	$\pm 1,242 \cdot 10^{-2}$

Программа обработки результатов измерений включала: считывание ординат процесса с осциллограммы; сглаживание процесса; расчет статистических характеристик процесса.

Считывание ординат процесса с осциллограмм осуществлялось полуавтоматическим способом с помощью считывателя координат BP 9864 путем проводки по линии записи визиром датчика считывателя. Отчеты снимались с шагом $D_0 = 0,06''$ (1,52 мм), дискретность оцифровки ординат - $0,01''$ (0,25 мм). Оцифровка осциллограммы проводилась отдельными ка-

драми длиной 389 мм. С каждого кадра снимались значения $256 = 2^8$ ординат и представлялись в виде массива исходных данных.

Сглаживание процесса осуществлялось построением сглаживающего кубического сплайна в соответствующих узлах. Производная процесса заменялась производной сплайна.

При расчете спектральной плотности процесса использовался алгоритм быстрого преобразования Фурье и сглаживание по методу Бартлетта. В соответ-

ствии с этим методом на ЭВМ определялась выборочная спектральная плотность для каждого обрабатываемого кадра, а оценка спектральной плотности

определялась усреднением выборочных спектральных плотностей по всем кадрам [9].

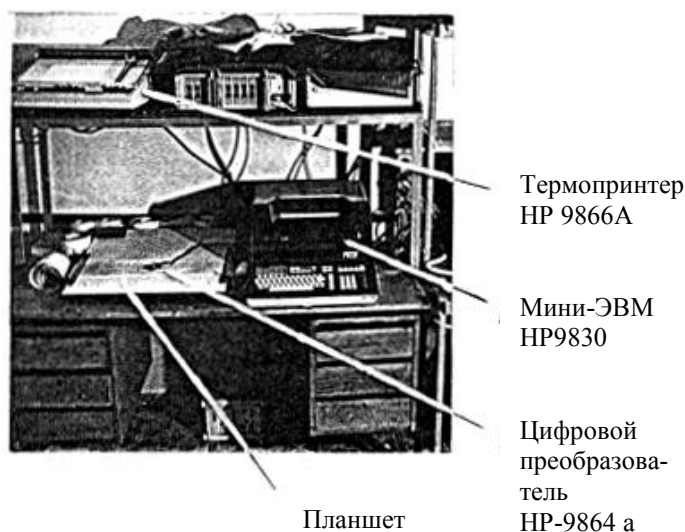


Рис. 15. Комплекс аппаратуры для обработки осциллограмм процессов.

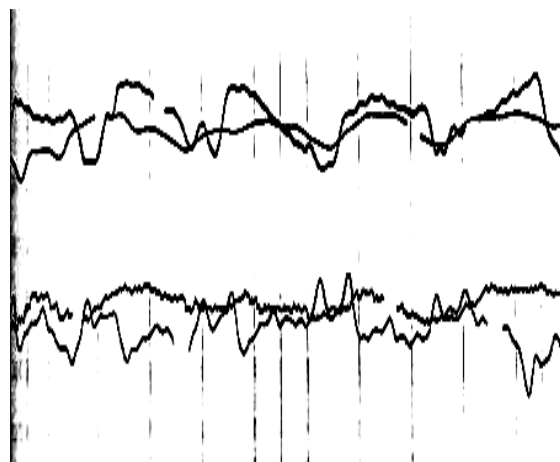


Рис. 16. Пример осциллограммы процессов динамического нагружения элементов трансмиссии.

Выводы

В статье обоснованы параметры и конструктивные особенности экспериментальной установки для исследования динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства. Форма представления результатов экспериментальных исследований позволяет провести их сравнение с результатами аналитических исследований.

Литература

1. Линник І.І., Комов О.Б., Комов П.Б., Грицук І.В., Бабанін А.А. До питання дослідження динамічного навантаження деталей трансмісії транспортного засобу в умовах експлуатації. / Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2010 – Випуск №21. 257с., С. 141-16013.
2. Ковалев С.А., Олефир А.И., Грицук И.В. Комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры для исследования переходных процессов в сварочном агрегате АС-81 / КАДИ.-К., 1988.-15 с.- Деп. в УкрНИИТИ 12.05.88, №1177-Ук88.
3. Карузин О.И., Бахмутов С.В. Измерительная аппаратура применяемая при испытаниях автомобиля. М.: МАМИ. 1964. 55 с.
4. Тензорезисторы КФ4 и КФ5. Техническое описание и инструкция по наклейке. Опытный завод порционных автоматов им.Ф.Э.Дзержинского. Киев: 1988. 19 с.
5. Островерхов Н.Д., Русецкий Н.К., Бойко Л.И. Динамическая нагруженность трансмиссии колесных машин. - Минск: Наука и техника, 1977.-192с.
6. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / под ред. А.И.Гришкевича. -М.: Машиностроение, 1984. -272 с.
7. Альгин В.Б., Павловский В.Я., Поддубко С.Н. Динамика трансмиссии автомобиля и трактора / Под ред. И.С.Цитовича. Нянек: Наука и техника, 1986. 214 с.
8. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. -М.: Транспорт, 1985.-215 с. 12.
9. Дженкинс, Ватте. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1972. 250 с.
10. Комов О.Б., Комов П.Б., Грицук І.В., Комов А.П. Урахування особливостей реального процесу роботи елементів трансмісії транспортного засобу в математичному моделюванні експлуатаційного навантаження. / Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2010 – Випуск №22. 257с., С. 141-160

УДК 693.542.52

Пенчук В.А., Лукьянец В.Б., Мирончик Н.А.¹

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГРАВИТАЦИОННЫХ СМЕСИТЕЛЯХ СО СТРУНЫМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ

Резюме. В работе рассматриваются закономерности процессов перемешивания смесей в гравитационном бетоносмесителе со струнным интенсификатором, Даны математические модели и их численный анализ процесса движения струны в смеси процесса падения части смеси с лопаток и ее разделение на мелкие куски струной.

Актуальность работы. В последние годы в строительной индустрии произошли определенные структурные изменения, связанные с увеличившимся количеством малообъемных и рассредоточенных объектов. В этих условиях специализированные строительные организации отказываются от громоздкой, шумной и неудобной в работе строительной техники. На рынке бетоносмесителей идет жесткая конкуренция среди не менее 25 заводов бывшего СССР, а также дальнего зарубежья. На рынке зарубежной техники появилось много экспонатов гравитационных смесителей фирм Франции, Китая и Италии.

Анализ публикаций. Особенности приготовления строительных смесей различного назначения даны в работках [1; 2], а влияние технологии процессов загрузки, перемешивания и выгрузки на качество смесей изложено в работе [3].

Анализ конструктивных особенностей смесителей на качество строительных смесей и растворов дан в работах [4; 5].

Цель работы - математически описать особенности технологических процессов смешивания в гравитационных бетоносмесителях со струнным интенсификатором.

Основной материал.

В общем виде производительность гравитационного бетоносмесителя с учетом основных факторов можно представить как

$$P = F(k_6, k_n, k, V_2, \alpha, n, c_n, t_3) \quad (1)$$

где k_6 - аргумент, характеризующий конструкцию собственно барабана; k_n - коэффициент, учитывающий конструкцию лопастного аппарата; k - коэффициент загрузки барабана; V_2 - геометрическая емкость барабана; α - коэффициент, характеризующий установку оси вращения барабана по отношению к горизонту в положении перемешивания; n - коэффициент, зависящий от частоты вращения барабана; c_n - коэффициент, учитывающий последовательность подачи исходных компонентов смеси в барабан; t_3 - темп загрузки барабана.

В гравитационном бетоносмесителе со струнным интенсификатором смешивание компонентов происходит аналогичным образом, как и в стандарт-

ном бетоносмесителе, но в данном случае процесс смешивания масс несколько интенсифицирован за счет струн, установленных между лопастями.

После начала вращения барабана смесителя струна входит в массу материала, которая находится в нижней полости бетоносмесителя, и способствует более интенсивному перемещению. На струну, которая выходит из нижней полости бетоносмесителя, затем падает подхваченный лопаткой материал. Соударяясь с струной, порция падающего материала разделяется на более мелкие частицы, в следствие чего материал разбрасывается в полости смесительного барабана.

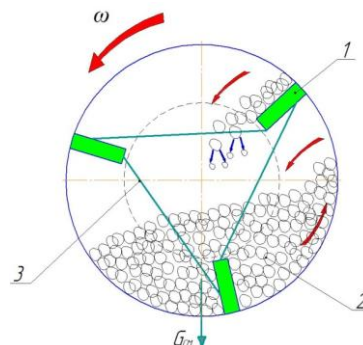


Рис. 1. Схема движения смеси в гравитационном бетоносмесителе с тросовым интенсификатором: 1 - барабан со смесительными лопастями; 2 - бетонная смесь; 3 - струнный интенсификатор.



Рис. 2. Фото модернизированного гравитационного бетоносмесителя.

Движение струнного интенсификатора на ос-

¹ В.А. Пенчук, В.Б. Лукьянец, Н.А. Мирончик.

нове уравнений движения, энергии и реологии можно

$$\begin{aligned}\rho Du / Dt &= X + (\partial_x / \partial x + \partial \tau_{xy} / \partial y + \partial \tau_{xz} / \partial z) \\ \rho Dv / Dt &= Y + (\partial_x / \partial x + \partial \tau_{xy} / \partial y + \partial \tau_{xz} / \partial z) \quad (2) \\ \rho Dw / Dt &= Z + (\partial_x / \partial x + \partial \tau_{xy} / \partial y + \partial \tau_{xz} / \partial z)\end{aligned}$$

где $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{d}{dt} = \partial / \partial t + u \cdot \partial / \partial x + v \cdot \partial / \partial y + w \cdot \partial / \partial z$ оператор дифференцирования; u, v, w – скорости вдоль прямоугольных координат x, y, z ; σ, τ – соответственно нормальные и касательные напряжения.

Связь между напряжением и деформацией установлена на основании реологической модели

$$\sigma = E\varepsilon + \mu d\varepsilon / dt + m_0 d^2\varepsilon / dt^2, \quad (3)$$

или

$$\sigma = E \int \eta dt + \mu \eta + m_0 d\eta / dt \quad \sigma = \mu \eta_0, \quad (4)$$

здесь E – модуль упругости; μ – модуль скорости деформации (вязкость); m_0 – модуль ускорения деформаций; скорость деформации $\eta = d\varepsilon / dt$, обобщенная скорость деформации

$$\eta_0 = E\mu - 1 \int \eta dt + \eta + m_0 \mu - 1 d\eta / dt$$

В результате представления скорости деформации как скорости смещения уравнения движения струны записаны в виде

$$\begin{aligned}Du / Dt &= -\rho^{-1} \cdot \partial p / \partial x + v \Delta u^0 \\ Dv / Dt &= -\rho^{-1} \cdot \partial p / \partial x + v \Delta v^0 \quad (5) \\ Dw / Dt &= -\rho^{-1} \cdot \partial p / \partial x + v \Delta z^0\end{aligned}$$

Здесь оператор Лапласа

$$\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2 + \partial^2 / \partial z^2$$

Динамическая картина состояния струны в бетоне построена на основании исследования уравнения движения при линейных и нелинейных колебаниях

$$m d^2 x / dt^2 + 2T \sin \theta + r dx / dt = F_0 \cos \omega t \quad (6)$$

здесь масса струны в зоне контакта струны с изделием

$$m = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot l,$$

представить в виде [9].

где ρ – плотность материала струны; R – радиус струны; l – толщина изделия; x – продольная координата перемещения; t – время; ω – вынужденная частота возбуждающей силы; θ – угол отклонения струны от горизонтального положения, натяжение струны

$$T = T_0 + s \cdot (L - a)$$

где T – начальное натяжение; s – жесткость; $2L$ – длина растянутой струны; $2a$ – начальная длина; сопротивление r оценена формулой

$$r = 3 \cdot \mu \cdot l,$$

где μ – динамическая вязкость.

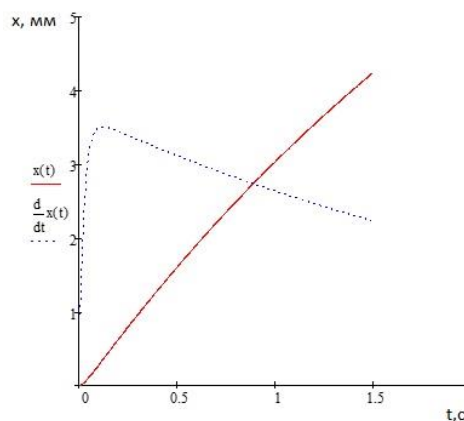


Рис. 3. Динамическая картина состояния струны в бетоне:

x – координата отклонения струны от собственной оси; t – время нахождения струны в бетоне.

На графике рис. 5 можем наблюдать отклонение струны от собственной оси, в виде изгиба, чему способствовала вязкость бетонной смеси, вследствие чего наблюдается сопротивление передвижению струнного интенсификатора.

Во время прохождения смеси интенсификатор натягивался и как бы заряжался потенциальной энергией. Покинув вязкую среду струна пытается вернуться в свое исходное положение, вследствие чего совершает свободные затухающие колебания, которые можно описать уравнением [10]:

$$\omega^2 \cdot \frac{dy^2}{dt^2} + \beta \cdot \frac{dy}{dt} = 0 \quad (7)$$

где ω – частота колебаний; β – постоянная дифференцирования, определяется из начальных условий

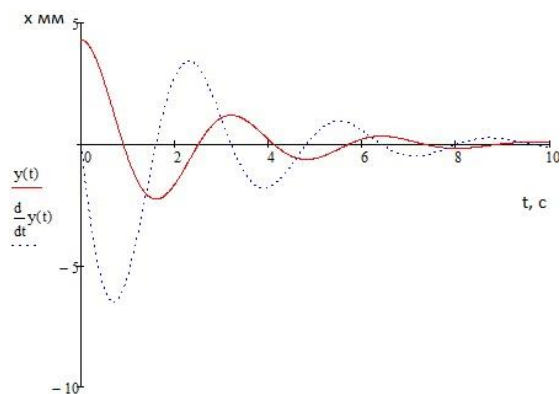


Рис. 4 - Зависимости амплитудных колебаний струны на выходе из бетона.

Рассмотрим ситуацию, когда с лопасти бетоносмесителя на струну падает порция смеси, при условии, что движение точек струны происходит перпендикулярно оси Ox и в одной плоскости.

Предполагая, что натяжение T во всех точках струны одинаковое; рассмотрим элемент струны MM' (рисунок 5)

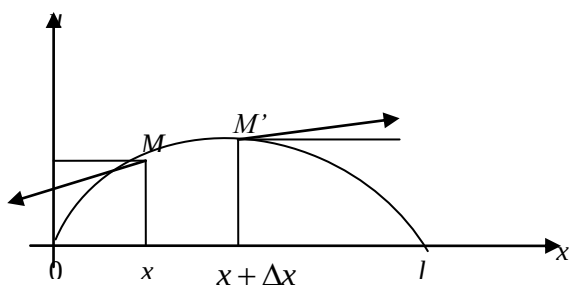


Рис. 5. График сил действующих на участок MM' .

Если касательные образуют осью Ox углы ϕ и $\phi + \Delta\phi$, тогда проекция на ось Oy сил, действующих на элемент MM' , будет равна $T \sin(\phi + \Delta\phi) - T \sin \phi$. Так как угол ϕ мал, то можно положить $\tan \phi \approx \sin \phi$ и тогда, с учетом теоремы Лагранжа, записать

$$\begin{aligned} T \cdot \sin(\phi + \Delta\phi) - T \cdot \sin(\phi) &\approx T \cdot \tan(\phi - \Delta\phi) = \\ &= T \left[\frac{\partial u(x + \Delta x, t)}{\partial x} - \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \right] = \\ &= T \frac{\partial^2 u(x + \theta \Delta x, t)}{\partial x^2} \Delta x \approx T \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} \Delta x \end{aligned} \quad (8)$$

$0 < \theta < 1$

Чтобы получить уравнение движения, нужно внешние силы, приложенные к элементу, приравнять

силе инерции. При массе элемента струны $\rho \Delta x$ и ускорении элемента равном $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$, по принципу Даламбера, имеем:

$$\rho \Delta x \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Delta x \quad (9)$$

Сокращая на Δx и обозначая $\frac{T}{\rho} = a^2$, уравнение движения представим как

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (10)$$

Искомая функция $u(x, t)$ должна удовлетворять граничным условиям, указывающим, что делается на концах струны ($x=0$ и $x=l$), и начальным условиям, описывающим состояние струны в начальный момент ($t=0$). С учетом краевых условий, уравнение (10) представим как (8):

$$\begin{aligned} u(0, t); \\ u(l, t); \\ u(x, t) = f(x) \\ \left. \frac{\partial u}{\partial t} \right|_{t=0} = \varphi(x) \end{aligned} \quad (11)$$

Численный анализ зависимостей (11), представленный на рис.5, показывает, что при принятых размерах и жесткости струнного интенсификатора, перемещения струны составляют в пределах 0.5-1.0 мм.

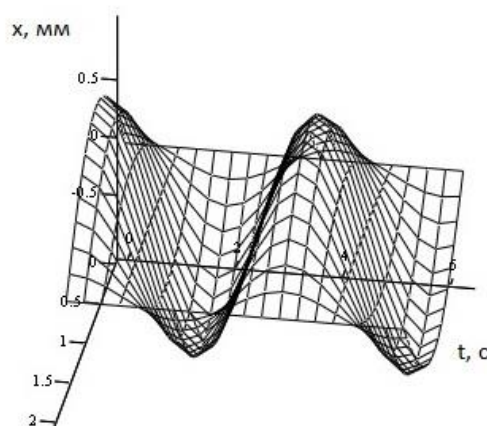


Рис. 6. Зависимости амплитудных колебаний струны после её соударения со смесью.

Выводы

1. С использованием уже апробированных законов движения, колебаний и реологии смесей можно разработать математические модели процессов гравитационных смесителей со струнными интенсификаторами.
2. Разработанные математические модели процессов позволяют определять кинематические и силовые параметры гравитационных смесителей со струнными интенсификаторами.

Литература

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение [Текст]/ И А. Рыбьев - М.: Высш. шк., 2002. - 701 с.
2. Емельянова И.А. Современные строительные смеси и оборудование для их приготовления [Текст]/ И А. Емельянова, ОЗ. Доброходова, АЛ. Анищенко- Х.: Тимченко, 2010. - 146 с.
3. Рульников А.А. Управление организацией производства строительных смесей [Текст]/ А.А. Рульников, А.И. Беркут, Я.В. Захаров // Строительные материалы, технологии и оборудование XXI века №11, 2002 - С. 44-45.
4. Богомолов А.А. Теоретические и технические основы совершенствования смесительных машин для приготовления строительных смесей: монография [Текст]/ А.А.Богомолов. - Из-во БГТУ, 2010. - 151 с.
5. Пенчук В.А. Основы механизации малообъемных и рассредоточенных строительных и коммунальных работ [Текст]/ В.А. Пенчук - Донецк: Ноулидж, 2010. - 257 с.
6. Исследование и разработка машин для бетонных работ [Текст]// Науч. тр. ВНИИстройдормаш, 1981, вып. 90. С. 79.
7. Пенчук В.О., Лук'янець В.Б. Гравітаційний змішувач. // Патент на корисну модель № 59769, опубл. 25.05.2011 р, Бюл. № 10, 2011 р.
8. Патент 61066 Украша. Гравітаційний змішувач безперервно! ди [Текст]/ Пенчук В.О., Лук'янець В.Б. - опубл. 11.07.2011 р, Бюл. № 13.
9. А.Н. Соловьев, А.В. Елкин «Технология раскря древесины струной, совершающей ультразвуковые колебания». Системы. Методы. Технологии. УДК 630*81.001.5
10. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики (5-е изд.). М.: Наука, 1977
11. Нестационарные колебания стержневых систем при соударении с препятствием / Ю. Н. Санкин, Н. А. Юганова; под общ. ред. Ю. Н. Санкина. –Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 174 с.
12. Малых М.Д. Уравнения математической физики. – М., 2012. – 177 с.
13. Уравнения математической физики. Сборник примеров и упражнений /Сост. А.А.Рогов, Е.Е. Семенова, В.И.Чернецкий, Л.В.Щеголева. ПетрГУ. Петрозаводск, 2001. 220с.

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА БУДІВНИЦТВА

Науково-технічний журнал

Випуск 10

Адреса редакції:

03037, м. Київ,
Просп. Повітрофлотський, 31,
тел.: 241-5447, тел./факс: 252-4214

Формат 60x84/8.

Наклад 300. Папір офсетний. Ум.-др. арк. 4,1.

Надруковано в “МП Леся”.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи серія ДК № 892 від 08.04.2002.

“МП Леся”

03148, Київ, а/с 115.

Тел./факс: + 38 050 469 7485, 407 6197

E-mail: lesya@ukrpost.net