Науково-технічний журнал

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №1250 від 17.02.95 р.

# Теорія і практика будівництва

№11, 2013

**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.;
Єсипенко 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);
Оніпко 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:**

**Батлук В. А., Параняк Н. М., Гречка І.П.**
Вирішення питання очистки повітря від цементного пилу.....3

**Емельянова И.А., Задорожный А. А., Меленцов Н.А.**
Использование торкрет-сопел с кольцевым воздушным насадком при выполнении торкрет-работ способом мокрого торкретирования.....8

**Шаповал М.В.**
Вивчення впливу конструктивних елементів робочої камери розчинонасоса на об'ємний ккд.....12

**Библюк Н.І., Мачуга О.С., Бойко М.М.**
Особливості проектування дорожно-будівельної та лісозаготівельної техніки для роботи на територіях з ухилом.....17

**Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Мачишин Г. М.**
Машина для очищення поверхонь полімерно-абразивними щітками.....21

**Рязанов А.Н., Винниченко В.И.**
Энергосберегающая технология получения извести из доломита.....24

**Басараб В.А.**
Використання вимірювальної апаратури для дослідження фізичних процесів системи "машина-середовище".....26

**Гарнець С.В.**
Можливості приладів дистанційного зондування із супутників для вирішення завдань моніторингу земель сільськогосподарського призначення .....31

**Козак О.В.**
Порівняльний аналіз розрахунку перерізів згинальних елементів за поперечною силою.....35

**Пенчук В.А., Пенчук В.В., Еременко Г.Б.**
Особенности грузовысотных характеристик железнодорожных кранов используемых в специфических условиях.....40

© Теорія і практика будівництва, 2013

**Рыбалко И.Ф.**
Комп'ютерне моделювання та аналіз
системи «транспортний засіб-дорога».....42

**Косминський І.В.**
Методика розрахунку дії поздовжніх зсувів в бетонній
суміші, які виникають від вимушуючих сил
привантажувача.....45

**Голубничий А.В.**
Гідратація в'яжучих з рідким склом, шлаками металічного
марганцю і речовинами з двовалентним залізом.....48

**Пенчук В.А., Клен А.Н., Диденко А.В.**
Влияние условий эксплуатации пескоразбрасывателя на
процессы распределения противогололедных материалов.....52

**Тонкачеєв Г.М., Соловей Д.А., Шарапа С.П.**
Улаштування робочих швів при бетонуванні пілонів
каркасних монолітних будівель у ковзній опалубці.....55

**Ємельянова І.А. Блажко В.В. Фоменко Д.С.**
Технологічний комплект малогабаритного обладнання для
приготування сухих будівельних сумішей з використанням
двухроторного турбулентного змішувача.....57

**Назаренко І.І., Делембовський М.М.**
Забезпечення надійності віброущільнюючих машин при
проектуванні, конструюванні, виготовлені та
експлуатації.....60

**Мартинюк І.Ю.**
Оцінка властивостей зміни характеристик бетонної
суміші на ефективність її ущільнення.....64

УДК 621.928.9

*Батлук В. А., Параняк Н. М., Гречка І.П.*[1]

# ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ ВІД ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ

*В статье приводятся результаты исследований, подтверждающих тезис о невозможности сегодня улавливать мелкодисперсную цементную пыль, поэтому предложена принципиально новая конструкция центробежно-инерционного пылеуловителя; испытания которойпозволяют утверждать о повышении эффективности улавливания такого типа пыли на 1-2% и уменьшении энерго- и металоёмкости.*

*The results of researches, confirmative a thesis about impossibility today to catch a мелкодисперсную dust are conducted in the article, the on principle new construction of centrifugal-inertia пылеуловителя is therefore offered; the tests of which allow to assert about the increase of efficiency of catching of such type of dust on 6 - 8% and diminishing of energo- and metaloemkosty.*

Загалом у 2013 році українські підприємства виробили 8,5 млн. тон цементу. Цементні заводи виробляють цемент, який є дрібнодисперсним сипким матеріалом і належить до канцерогенних забруднювачів повітря. Сировиною для його виробництва є вапняк і глина, змішані у певному співвідношенні і прожарені при температурі близько 1450 °С. Саме виробництво цементу, який виробляється у великих обсягах і використовується у різних галузях промислового та житлового будівництва, занесене у "Чорну книгу ", як одне з основних забруднювачів повітря пилом.

Таблиця 1

**.Хімічний склад цементного пилу.**

| Основні компоненти | речовини | Вміст у пробі, % |
|---|---|---|
| Вапняк | CaCO3 | 49,3 |
| Кремнезем | SiO2 | 15,02 |
| Оксид металів | SO3 | 9,4 |
| | Al2O3 | 9,2 |
| | MgO | 2,5 |
| | Fe2O3 | 1,4 |
| | Na2O | 1,5 |
| | K2O | 2,1 |
| Важкі метали | | 0,35 |
| Продукти прожарювання | | 2,5 |
| Невияснені елементи | | 6,9 |

Цемент (у перекладі з латинського «битий камінь») – сипкий матеріал, який у суміші з водою переходить з рідкого або тістоподібного у твердий каменеподібний стан при звичайній температурі [4]. Цемент принципово відрізняється від інших мінеральних в'яжучих (гіпсу, повітряного і гідравлічного вапняку), які тверднуть тільки на повітрі або, затвердівши на повітрі, іноді продовжують тверднути в зовнішньому середовищі. Він є одним з основних будівельних матеріалів, використовується як в'яжучий засіб при виготовленні бетону та бетонних конструкцій. Заводи на яких здійснюється виробництво цементу, належать до переліку підприємств як основних забруднювачів повітря, занесених у «Чорну книгу».

У технологічному процесі виготовлення цементу, зі збільшенням його обсягу пропорційно збільшується рівень пиловиділення в робочі зони заводу та прилеглі території. І, якщо в цехах та на технологічних дільницях, які мають організовані джерела викидів пилу, запиленість хоч й висока, але не перевищує ГДК, то у виробничих підрозділах з неорганізованими джерелами викидів, де засоби знепилювання відсутні (на дільниця транспортування сировини та у цехах готової продукції), концентрація пилу перевищує ГДК у 5 разів і більше [5].

У промисловому виробництві цементу використовуються переважно легкоплавкі глини, аргіліти і глинисті сланці, що утворюють частину цементної шихти [4]. Другою основною її складовою є карбонатні породи. Вапняк і глину, змішують у певному співвідношенні (75-80 % вапняку і 20-25 % глини) і прожарюють при температурі близько 1450 °С у спеціальних циліндричних печах, викладених всередині вогнетривким матеріалом. Сучасні потужні цементні печі сягають у довжину 185 м і мають внутрішній діаметр до 5 м. Їх встановлюють горизонтально з деяким нахилом осі під кутом 10°. Шихту завантажують у верхню частину печі, яка повільно обертається, через що матеріал, пересипаючись внутрішнім периметром її поверхні, рухається до нижньої частини на зустріч розжареним газам – продуктам горіння палива (розпиленого вугілля або горючих газів).

Куски спеченої цементної маси, яку називають клінкером, вивантажують з нижнього кінця печі і, після охолодження, розмелюють, внаслідок чого утворюється сіро-зелений порошок, який і називають цементом. Після його поділу на фракції упаковують у спеціальну тару або розвозять машинами, спеціально для цього призначеними.

Склад цементу виражають зазвичай процентним вмістом CaO, $SiO_2$, $Al_2O_3$ і $Fe_2O_3$. До його складу як домішки входять і інші речовини. Звичайний, або силікатний цемент містить: CaO (60-67 %); $SiO_2$ (17-25 %); $Al_2O_3$ (3-8 %); $Fe_2O_3$ (0,3-6 %).

[1] Батлук В. А., Параняк Н. М., Гречка І.П. Національний університет «Львівська політехніка».

Цемент зазвичай використовують у суміші з піском. На одну частину маси цементу беруть 3-5 частин піску. З такої суміші разом з водою виготовляють напіврідку тістоподібну масу, яку називають цементним розчином. Такий розчин через деякий час тужавіє, а потім твердне, перетворюючись в каменеподібний матеріал. Твердіння цементного розчину при звичайній температурі продовжується майже місяць.

Суміш цементного розчину з гравієм і щебенем після застигання утворює бетон. Якщо бетоном наповнити залізний каркас (залізні стержні, дріт тощо), то тоді його називають залізобетоном. Цемент (бетон) дуже міцно зв'язується з залізом і має однаковий з ним коефіцієнт теплового розширення, при цьому бетон u1084 має високий опір до стиснення, а металоконструкція – до згину. Бетон і залізобетон характеризуються високою твердістю та механічною міцністю. Їх широко використовують при будівництві гідроелектростанцій, мостів, каналів, заводських корпусів, а також у житловому будівництві.

Основними джерелами пилоутворення цементних заводів є конвеєрні лінії, якими транспортується сировина й готова продукція, місця їх пересипання, завантаження й розвантаження, дробильні установки, печі випалювання клінкеру, кульові млини для помелу клінкеру та ін. Конвеєрні лінії для транспортування сипкої сировини (вапняку) з'єднують видобувні кар'єри з дробильними установками цементного заводу [3, 5]. Основними чинниками, які визначають запиленість повітря в робочих зонах різних дільниць, є швидкість вітру й віддаленість транспортованої сировини від кар'єру. Мінімальне пиловиділення при цьому становить 7-10 г/т, а максимальне – 50-52 г/т.

У бункерному ангарі при розвантажуванні сировини з автосамоскидів запиленість повітря перевищує ГДК в 50 і більше разів, при надходженні сипкої сировини до бункера із стрічкових конвеєрів концентрації пилу сягають значень 270-450 мг/м$^3$ і при сукупному розвантаженні сировини –1500 мг/м$^3$ і більше, що значно перевищує ГДК. Найбільш істотними джерелами пиловиділення також на дільницях
цементних заводів є печі для випалювання клінкеру. При сухому способі виробництва кількість сухих запилених газів, які виносяться з печей, на 25-40 % менше, ніж при мокрому способі. При цьому маса дрібнодисперсного пилу, що виділяється, становить 50-120 кг на 1 т клінкеру. Сушильні барабани сировини й добавок виділяють пил, який характеризується підвищеним вологовмістом (температура точки роси сягає 40-60°С) і широким діапазоном коливань концентрації аерозолю (15-70 г/м$^3$). Колосникові холодильники клінкеру викидають на 1 т клінкеру 1,1-1,8 т сухої u1075 газоповітряної суміші, яка містить 7-10 кг пиловидних клінкерних частинок, що характеризуються високим вмістом грубо дисперсних фракцій (80 % частинок розміром понад 5 мкм). Якщо порівняти джерела пилоутворення цементних заводів, то слід відзначити, що понад 80 % пилу, що викидається в атмосферу, виділяється обертовими печами випалювання клінкеру. На підставі цього можна зробити висновок, що практично всі дільниці цементних заводів мають інтенсивне пиловиділення, при якому рівень запиленості повітря перевищує ГДК, тому виконання технологічних операцій і процесів можливе лише при наявності високоефективних засобів пригнічення пилу та пиловловлювальних апаратів .

**Аналіз останніх досягнень.** Для зменшення виділення в атмосферу пилу на цементних заводах застостосовують такі заходи: укриття місць з можливим інтенсивним пиловиділенням, рукавні фільтри, електрофільтри, циклони, витяжна вентиляція та ін. [8,9]. Реалізація цих заходів може бути як автономною, так і комплексно у поєднанні один з одним. У місцях, де пиловиділення в робочі зони незначне, за потреби використовуються індивідуальні засоби захисту органів дихання, водночас як герметичні кабіни для обслуговувального персоналу встановлюються в місцях з високими концентраціями пилу [2, 5, 7].

Дослідження виробничих дільниць цементних заводів дало змогувстановити, що при застосуванні вказаних вище заходів знепилювання кон-центрація пилу на робочих місцях не перевищує ГДК. Перевищення регла-ментних рівнів запиленості спостерігається тільки при порушенні правилексплуатації пиловловлювальних агрегатів.

У виробничих підрозділах цементних заводів з неорганізованими джерелами пиловиділення (дільниця транспортування сировини й цех готової продукції) практично відсутні заходи щодо боротьби з пилом. При обсягах виробництва цементу до 1 млн. т на рік це виправдовує себе, тому що концентрації пилу на робочих місцях лише іноді незначно перевищують ГДК і пило-небезпека в цих випадках легко усувається за допомогою індивідуальних засобів захисту органів дихання. Однак навіть в умовах інтенсифікації виробництва цементу ці заходи не дають змоги забезпечити нормальні санітарно-гігієнічні умови праці за пиловим чинником.

Наявність пилу в повітрі робочих приміщень цементних заводів обумовлена характером та організацією технологічного процесу, ступенем герметичності устаткування, наявністю чи відсутністю вентиляційних установок і ефективністю їх роботи. Дослідження за допомогою дисперсного аналізу промислового пилу основних підрозділів цементного заводу показали, що за вмістом дрібнодисперсного пилу їх можна поділити на три групи (табл. 2).

Таблиця 2

**Вміст дрібнодисперсного пилу в повітрі(< 10 мкм).**

| Назви груп дрібнодисперсного пилу | Частка від маси |
|---|---|
| I група – пил який виділяється із сировини, що транспортується | 28-35 % |
| II група – пил який надходить в атмосферу робочих зон із дробильних установок і випалювальних печей | 28-35 % |
| III група – пил, який виділяється в атмосферу цеху готової продукції при перевантаженні | 64-67 % |

Для ефективного пиловловлювання та очищення на цементних заводах пилоповітряної суміші широко застосовують апарати із закрученням повітряного потоку [5, 10,14]: циклони, вихрові камери, скрубери, швидкісні газопромивачі, плівкові сепаратори тощо. Циклони прямоточні і більш ефективні протиточні використовують для індивідуальних технологічних процесів сухого пиловловлювання твердих частинок розміром понад 10 мкм. На сушильних установках цементних заводів застосовують циклони батарейного типу, скрубери (мокрі пиловловлювачі), рукавні фільтри, електрофільтри. Ці ж апарати застосовують як пилогазовловлювачі сушильних установок та печей для випалювання клінкеру, а також для вловлювання найдрібніших механічних частинок – пилу, що міститься у природному газі, перед подачею споживачеві. Відомі також абсорбційні мокрі агрегати, у яких для зрошування використовується пульпа відходів флотації, що забезпечує підвищення ступеня очищення димових газів від оксидів сірки та азоту. Коефіцієнт корисної дії циклонних пиловловлювачів за фракцію 0-5 мкм – 83-86 %, 5-10 мкм – 94-97 %, 10-40 мкм – 98-100 %. Вищий коефіцієнт корисної дії мають електрофільтри (до 99 %) [11-14].

**Метою роботи** є створення пиловловлювача, в якому нове виконання та взаємне розташування конструктивних елементів дозволило б забезпечити незмінний осьовий напрямок пилогазового потоку, що дасть можливість збільшити ефективність очищення і зменшити гідравлічний опір.

**Виклад основного матеріалу**. Для пилоочистки нині використовують двоступеневу установку, в якій першим ступенем є циклон ЦН-11, а другим - електрофільтри або рукавні фільтри з рукавами з гідрофобізованої і графітизованої склотканини. В будь-якому варіанті завдання полягає у збільшенні до максимуму ефективності роботи циклона першого ступеня очистки, щоб на другий ступінь надходила мінімально можлива кількість пилу. У 99 % пилоочисних установках цементної промисловості як перший ступінь очистки використовують циклон ЦН-11, недоліком якого є наявність вторинного виносу, який веде до виносу вже виділеного і зібраного в його бункері пилу і змішування його з потоком чистого повітря [12].

Нами запропоновано для першого ступеня очистки повітря конструкція відцентрово-інерційного апарата, основною позитивною рисою якого є наявність жалюзійного відокремлювача. В нашій конструкції пиловловлювача вторинного вихору немає через те, що вихід чистого повітря здійснюється через жалюзійний відокремлювач не знизу, а збоку по всій довжині (висоті) апарата. Конструкція жалюзійного відокремлювача розраховується на комп'ютері для пилу різної дисперсності і типу таким чином, щоб досягнути високої ефективності очистки повітря від пилу при мінімальному аеродинамічному опорі апарата (рис.1). Ця конструкція циклону забезпечує незмінний осьовий напрямок закрученого потоку, що дозволяє уникнути явища радіального стоку і турбулізації потоку на виході з апарату, внаслідок чого ступінь очищення зростає, а гідравлічний опір циклона при цьому зменшується.

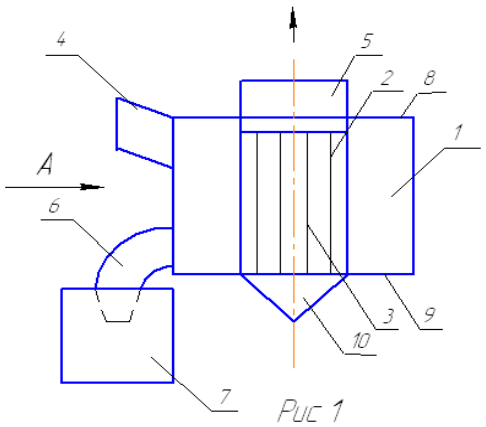



*Рисунок 1. Загальний вигляд циклону із горизонтальним відокремлювачем.*

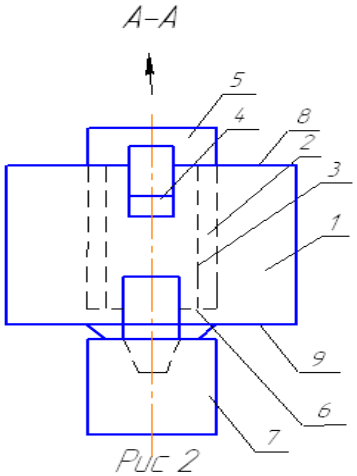



*Рисунок 2. Вид по стрілці А рисунку 1.*

Робота циклона буде зрозумілою з рисунку та опису. На рисунку 1 наведений загальний вигляд циклону, вид спереду зі знятою передньою стінкою. На рисунку 2 - вид по стрілці А.

Працює циклон наступним чином. Запилений газ поступає через тангенціальний патрубок 4 в простір між корпусом апарата 1 і жалюзійними відокремлювачем 2 і закручується. Під дією відцентрових сил, які виникають при обертанні потоку, частинки пилу відкидаються до внутрішньої частини стінки корпуса 1 і по ній опускаються вниз під дією ваги. Оскільки вхідний патрубок 4 розміщений під кутом до вертикалі, створюється сформований пилогазовий потік, який рухаючись по коловій траєкторії, переміщується вздовж жалюзійного відокремлювача 2 і стінки корпуса 1 зверху вниз.

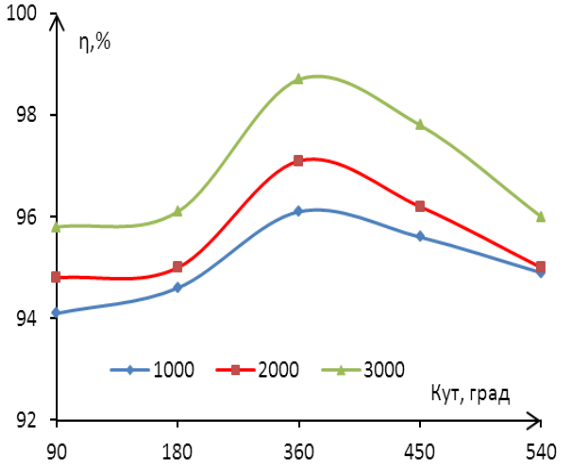



*Рисунок 3. Залежність ефективності роботи пиловловлювача із горизонтальним відокремлювачем від кута повороту потоку в корпусі апарату.*

Пошарово очищене повітря за рахунок дії відцентрових сил після його входу в апарат тангенціально через патрубок 4 розділилося на два пилогазових потоки: перший - вздовж стіни корпуса 1, другий навколо жалюзійного відокремлювача 2. У другому потоці частинки пилу не встигають за рухом повітря, яке круто повертає в щілини між жалюзі 3, відбивається від них доти, доки не відіб'ються до стіни корпуса 1 і не підхопляться першим потоком, який рухається до пиловипускного патрубка 6.

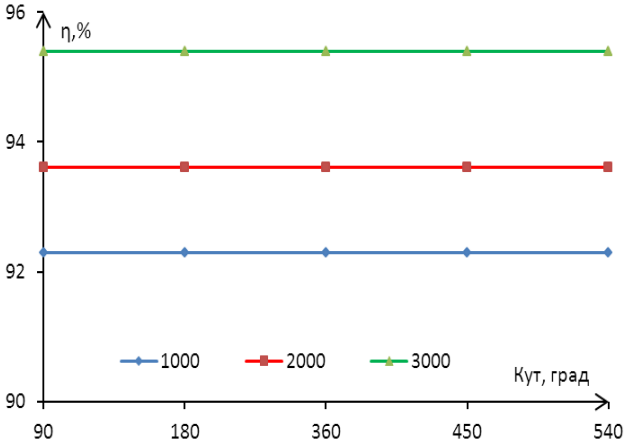



*Рисунок 4. Залежність ефективності роботи еталону від кута повороту потоку в корпусі апарату.*

Оскільки вхідний патрубок 4, розміщений тангенціально під кутом до горизонталі, створюється спрямований закручений пилогазовий потік, який після обертання в корпусі апарата 1 на певний кут по коловій траєкторії, переміщується вздовж осі корпуса і вздовж жалюзійного відокремлювача і пил виводиться з апарату через тангенціальний патрубок виходу пилу 6 в бункер 7. Потік, який пройшов через щілини між жалюзі 3 відокремлювача 2, виводиться з апарату через осьовий вертикальний патрубок 5, розміщений в кришці корпуса. Для збору дрібнодисперсних частинок пилу, які виділилися вже всередині жалюзійного відокремлювача 2 існує малий бункер 10.

Для підсилення дії відцентрових сил і сил ваги дно корпуса апарата 9 виготовлено під певним кутом нахилу до горизонтальної осі, якій відповідає куту природного скосу аерозолів, які в цьому потоці переміщуються.

Для наведеної конструкції циклону дуже важливим питаннями є місце розташування патрубка виходу пилу 6 і кут нахилу днища корпуса апарата 9 до горизонтальної осі. Розглянемо ці показники.

Дані експериментального визначення місця розташування патрубка виходу пилу 6 наведені на рисунку 3 (експериментальний пил - кварцовий пісок, з медіанним діаметром $5 \cdot 10^{-5}$, м.)

Як видно з рисунку 3 розташування верхнього кінця патрубка виходу пилу 6 після того, як пилоповітряний потік здійснить в корпусі апарата 1 поворот на кут в $360^0$, тобто на відстані ¼ від висоти апарата є оптимальним.

Результати досліджень легко пояснити. При розташуванні патрубка виходу пилу 9 на відстані $90^0$ і $180^0$ після повороту потоку в корпусі 1 після входу його в апарат,

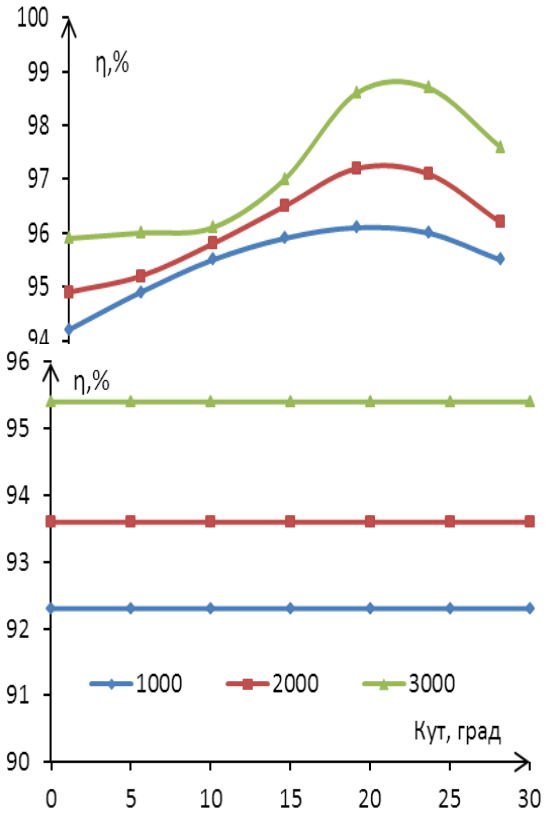



*Рисунок 6. Залежність ефективності роботи еталону від кута нахилу днища.*

очищений під дією відцентрових сил потік не встигне пройти другу ступінь очистки при проходженні через

щілини між жалюзі 3 відокремлювача 2 і його більша частина разом з не відділеними дрібнодисперсними фракціями попаде в патрубок 6 і далі в бункер 7, де стурбулізує вже виділений пил і винесе його вторинним вихром знов в корпус 1. Все це призведе до зниження ефективності роботи апарата.

При розташуванні патрубка виходу пилу на відстані більшій за поворот потоку в корпусі апарату за 360 $^0$, більша частина очищеного відцентровими силами від грубодисперсних фракцій потоку буде виведена через жалюзі 3 відокремлювача 2 в патрубок виходу очищеного повітря і його кількості, що залишилася, буде недостатньою, щоб закинути очищений пил в патрубок виходу пилу 6, що приведе до зниження ефективності його роботи.

Тобто оптимальним місцем розташування патрубка виходу пилу є його розміщення після повороту потоку в корпусі апарата на $360^0$, а це відповідає відстані ¼ від висоти апарата і є оптимальним, тобто на відстані ¼ Н від днища пиловловлювача (де Н- висота корпуса апарата).

Дані експериментального визначення кута нахилу днища корпуса 9 до горизонтальної осі наведені на рисунку 5 (експериментальний пил - кварцовий пісок, з медіанним діаметром $5{\cdot}10^{-5}$ м)

Як видно з рисунка 5 оптимальним є кут нахилу днища циклон в 20-25 градусів до горизонтальної осі, що легко можна пояснити. При зменшенні цього кута, сили буде недостатньо, щоб зсунути видалений пил до патрубка виходу пилу 6, тому що для кварцового піску кут природного зсуву лежить у цих межах. При збільшенні кута, пил буде зсуватися швидше і потік повітря не в стані його захопити з собою у вихідний патрубок 6 і він буде проштовхуватись через щілини між жалюзі 3 відокремлювачем 2.

## Висновки

Конструкція циклону забезпечує незмінний осьовий напрямок закрученого потоку, що дозволяє уникнути явища радіального стоку і турбулізації потоку на виході з апарату, внаслідок чого ступінь очищення зростає, а гідравлічний опір циклона при цьому зменшується, що дозволяє знизити енерго - та металоємністьНами проведені випробування апарата нашої конструкції порівняно з циклоном ЦН-11 для вловлення цементного пилу, які показали, що ефективність пиловловлення на 3-9% вище, а це веде до збільшення часу роботи рукавних фільтрів і електрофільтрів без очистки, які використовуються для другого ступеня очистки повітря, а тим самим до значного енергозбереження.

## Література


1. ГОСТ 17.2.4.06-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. –Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 14 с.
2. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – Л. : Изд-во "Химия", 1987. – 264 с.
3. Петров Б.А. Обеспыливание технологических газов цементного производства / Б.А.Петров, П.В. Сидяков. – Л. : Изд-во "Стройиздат", 1965. – 89 с.
4. Плашихин С.В. Експериментальні дослідження циклофільтра в процесі вловлювання цементного пилу / С.В. Плашихин, Д.А. Серебрянський, Ю.А. Безносик // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" : зб. наук. праць. – Тематичний випуск: Нові рішення всучасних технологіях. – Харків : Вид-во НТУ "ХПІ". – 2010. – № 57. – С. 3
5. Дубинін А.І., Майструк В.В. Перспективні напрямки вдосконалення конструкції циклонів// Вісник ДУ "Львівська політехніка": Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів: ДУ "Львівська політехніка". – 1996, № 3. – 117
6. Очистка промышленных газов от пыли/ В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков, И.К. Решидов. – М.: Химия, 1981. – 392 с.
7. Справочник по пыле- и золоулавливанию/ Под общ. ред. А.А. Русанова. – М.: Энергия, 1975. – 236 с.
8. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов. – М.: Металлургия, 1968. – 396 с.
9. Кисіль Ю.Г. Математичне моделювання процесів пиловловлення в процесах виготовлення машин та обладнання / Ю.Г.Кисіль, Р.М.Василів // Тези доповідей УІІІСерія: "Гірничо-електромеханічна" випуск 19(175)36 Міжнародної конференції «Прогресивна техніка і технологія, Київ-Севастополь, 2007. - с.8.
10. Сухое и мокрое пылеулавливание [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.woodtechnology.ru/oxrana truda/proizvodstvennaya-sanitariya/suxoe-imokroe-pyleulavlivanie.html
11. Аппарат для удаления аэрозолей из воздуха: А.с. № 180084 СССР, А.И. Гальченко, А.А. Башаров, Г.Ф. Юмашев. – Опубл. 1966. – Бюл. № 6.
12. Yuanhui Zh. Modeling and Sensitivity Analysis of Dust Particle Separation for Uniflow Dedusters. University of Illinois Urbana. – Champaign, 2000.
13. Якуба Б.С., Кузько С.А. Структура потоков прямоточных вихревых аппаратов// Гидравлические машины и аппараты. – К.: ИСНУ, 1994. – с. 291-299.

14. Сепаратор: А.с. № 389816 СССР, В.А. Лефенко, А.Т. Еремин, В.П. Ермаков, А.Е. Нимцович. – Опубл.1973. – Бюл. № 30.
15. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. для вузів. - К.: Знання, 2000.

УДК 666.97.031

*Емельянова И.А., Задорожный А. А., Меленцов Н.А.*[1]

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРКРЕТ-СОПЕЛ С КОЛЬЦЕВЫМ ВОЗДУШНЫМ НАСАДКОМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОРКРЕТ-РАБОТ СПОСОБОМ МОКРОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

***Аннотация.*** *Приведены конструктивные схемы торкрет-сопел с кольцевым насадком. Показаны расчетные зависимости для определения скоростей движения бетонной смеси через конфузор и диффузор. Найдена зависимость определения средневзвешенной скорости воздушно-бетонного потока и коэффициента потерь диффузора.*

***Annotation.*** *The constructive scheme of torkret-nozzles with a ring nozzles was given . The calculated dependences for definition of speed of movement of concrete mixture through konfuzor and diffuser were shown. The dependence of determining the weighted average speed of the air-concrete flow and the ratio of losses of the diffuser was given.*

При выполнении ремонтно-восстановительных работ способом “мокрого” торкретирования неоднократно использовались сопла с кольцевыми воздушными насадками. Впоследствии такие сопла применили при шприц-бетонировании на бетонных смесях с максимальной фракцией заполнителя $d_{max}$=20мм.

Опыт эксплуатации малогабаритного оборудования для строительных площадок, которое разработано коллективом сотрудников на кафедре механизации строительных процессов Харьковского национального университета строительства и архитектуры на многих объектах г. Харькова и других городов Украины показал высокую эффективность работы этих сопел, с двухпоршневыми растворобетононасосами [1].

На Рис. 1а,б показаны конструктивные решения торкрет-сопел с кольцевыми насадками. Кольцевой насадок выполнен в форме диффузора.

Торкрет-сопло (Рис.1а,б) состоит из двух частей: кольцевого переходника с конфузором, связанного с камерой смешения 3, в начале которой, сквозь кольцевую щель подается сжатый воздух из рабочей камеры 2, что способствует созданию воздушно-бетонного потока, при выходе из кольцевого воздушного насадка с диффузором.

Техническая характеристика торкрет-сопла с кольцевым насадком приведена в Таблице 1.

Общей конструктивной особенностью таких сопел является подвод сжатого воздуха через патрубок в кольцевой канал насадка 4. Это позволяет выходящий из сопла поток воздушно-бетонной смеси держать в кольце сжатого воздуха, т.е. создать концентрированную направленную струю смеси для набрызга на торкретируемую поверхность.

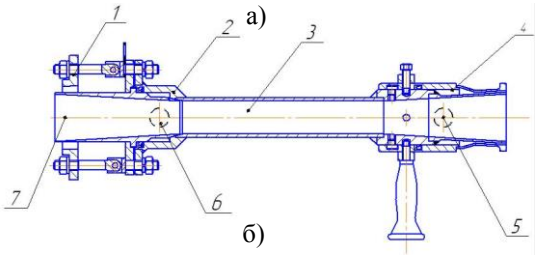


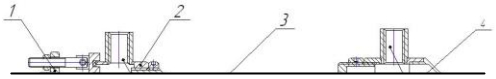

*Рис. 1. Конструктивные решения торкрет-сопел с кольцевым воздушным насадком:*

*а) торкрет-сопло с радиально расположенными отверстиями в рабочей камере для подачи сжатого воздуха в камеру смешения.*
*б) торкрет-сопло с кольцевой щелью в рабочей камере.*
*1- обхватный замок подключения бетоновода; 2- корпус рабочей воздушной камеры; 3- камера смешения; 4- корпус кольцевого насадка; 5,6 – подвод сжатого воздуха; 7- концевой переходник от трубопровода в форме конфузора.*

При этом, отскок составляющих компонентов смеси от обрабатываемых поверхностей не превышает 10%, а при наличии пластифицирующих добавок - 5…6% даже от потолочных поверхностей. Конструкции таких сопел запатентованы в Украине.

Движение бетонной смеси по трубопроводу к торкрет-соплу осуществляется с помощью двухпоршневого растворобетононасоса. Диаметр трубопровода, при этом, должен быть больше диаметра камеры смешения торкрет-сопла - $d_{тр}>d_{кс}$.

*Таблица 1.*






[1] Емельянова И.А., д.т.н., проф.; Задорожный А.А., к.т.н., доц., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры. Меленцов Н.А., главный инженер ООО “Стальконструкция” г. Харьков.

**Техническая характеристика эжекторного торкрет-сопла с кольцевым насадком (Рис.1б).**

| | |
|---|---|
| Максимальная крупность заполнителя, мм | 10 |
| Общая длина эжекторного торкрет-сопла,мм | 465 |
| Длина камеры смешения сопла, мм | 210 |
| Внутренний диаметр сопла, мм | 35 |
| Длина кольцевого насадка, мм | 140 |
| Ширина кольцевой щели, мм | 2.65 |
| Масса, кг | 6.5 |
| Диаметр резинотканевых рукавов, мм | 50 |

Через конфузор от растворобетононасоса по трубопроводу поступает бетонная смесь. При этом, скорость ее движения на входе $\vartheta_1$, а на выходе из конфузора $\vartheta_2$ (Рис.2) может быть определена исходя из условий движения бетонной смеси к камере смешения торкрет-сопла.

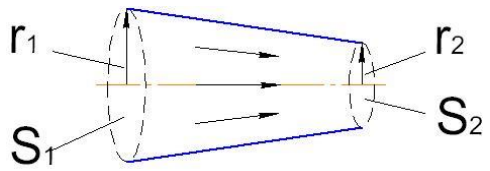



***Рис. 2. Расчетная схема конфузора для определения скоростей движения бетонной смеси к камере смешения торкрет-сопла***

Для конфузора выполняется условие: $\vartheta_2 > \vartheta_1$ при $S_1 > S_2$.

где $S_1$ и $S_2$ - соответственно поперечные сечения входного и выходного отверстий конфузора.

Рассматривается процесс движения бетонной смеси при ее постоянном секундном расходе $Q_{сек}=const$.

Бетонная смесь рассматривается как Бингамовская жидкость:

$$\tau = \tau_0 = \mu \cdot \frac{d\vartheta}{dr}, \qquad (1)$$

Для рассматриваемой модели секундный расход смеси может быть представлен зависимостью:

$$Q_{сек} = \frac{\pi r_1^3}{\mu \cdot \tau_{ст}^3} \cdot \left[ \frac{\tau^4}{4} - \frac{\tau^3}{3} \cdot \tau_0 \right] \Big|_{\tau_0}^{\tau_{ст}} = \frac{\pi r_1 \cdot \tau_{ст}}{4\mu} \cdot \left[ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\tau_0}{\tau_{ст}} + \frac{1}{3} \left( \frac{\tau_0}{\tau_{ст}} \right)^4 \right], \qquad (2)$$

где $\tau_{ст}$ - напряжение на стенке конфузора;

$\tau_0$ - предельное напряжение сдвига;

$r_1$ – радиус сечения конфузора на входе;

$\mu$ - динамическая вязкость бетонной смеси.

Скорость $\vartheta_1$, с которой бетонная смесь проходит сквозь первое начальное отверстие конфузора радиусом $r_1$, определяется как:

$$\vartheta_1 = \frac{Q_{сек}}{\pi r_1^2} = \frac{r_1 \cdot \tau_{ст}}{4\mu} \cdot \left[ 1 - \frac{4}{3} + \frac{1}{3} \left( \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} \right)^4 \right]; \qquad (3)$$

$$\tau_{ст1} = \frac{r_1}{2} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta l}$$

где $\tau_{ст}$ - напряжение на стенке насадка;

$\Delta p$ - перепад давлений на концах конфузора, Па;

$\Delta l$ - длина исследуемого участка конфузора, м;

Скорость $\vartheta_2$, с которой бетонная выходит из конфузора (радиус второго отверстия конфузора $r_2$), определяется согласно зависимости:

$$\vartheta_2 = \frac{Q_{сек}}{\pi r_2^2} = \frac{\pi r_1^3 \cdot \tau_{ст1}}{4\mu \cdot \pi r_2^2} \times \left[ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} + \frac{1}{3} \left( \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} \right)^4 \right], \qquad (4)$$

или

$$\vartheta_2 = \frac{r_1^3 \cdot \tau_{ст1}}{4\mu \cdot \pi r_2^2} \cdot \left[ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} + \frac{1}{3} \left( \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} \right)^4 \right] = \frac{r_1 \cdot \tau_{ст1}}{4\mu} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2} \cdot \left[ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} + \frac{1}{3} \left( \frac{\tau_0}{\tau_{ст1}} \right)^4 \right]$$

При движении потока бетонной смеси через конфузор $\vartheta_2 > \vartheta_1$, тогда:

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2} = \vartheta_1 \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^2, \qquad (5)$$

Согласно реологической модели Олдройта движение бетонной смеси сквозь конфузор торкрет-сопла рассматривается при условии:

$$\tau = k \cdot \left( \frac{d\vartheta}{dz} \right)^m, \qquad (6)$$

где $k$, $m$ – константы реологической модели [2];

$\tau$ - касательное напряжение, Па.

В таком случае, секундный расход можно определить как:

$$Q_{сек} = \frac{m \cdot \pi r_1^3}{(3m+1)} \cdot \left(\frac{\tau_{ст1}}{k}\right)^{1/m}, \qquad \tau_{ст1} = \frac{r_1 \cdot \Delta p}{2 \cdot \Delta l} \tag{7}$$

Скорость $\vartheta_1$, с которой бетонная смесь проходит сквозь первое начальное отверстие конфузора радиусом $r_1$ :

$$\vartheta_1 = \frac{Q_{сек}}{\pi r_1^2} = \frac{m \cdot \pi r_1}{(3m+1)} \cdot \left(\frac{\tau_{ст1}}{k}\right)^{1/m}, \qquad Q_{сек} = const \neq f(t) \tag{8}$$

Скорость $\vartheta_2$ на выходе из конфузора определяется как:

$$\vartheta_2 = \frac{Q_{сек}}{\pi r_2^2} = \frac{m \cdot \pi r_1^3}{(3m+1) r_2^2} \cdot \left(\frac{\tau_{ст1}}{k}\right)^{1/m} = \frac{m \cdot \pi r_1}{(3m+1)} \cdot \left(\frac{\tau_{ст1}}{k}\right)^{1/m} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}, \tag{9}$$

Согласно Рис. 1а,б в камере смешения происходит взаимодействие сжатого воздуха, поступающего из корпуса рабочего сопла, с бетонной смесью, подаваемой в трубопровод из растворобетононасоса. После камеры смешения уже воздушно-бетонная смесь направляется в кольцевой насадок, имеющий форму диффузора.

Для диффузора сохраняются зависимости (3) и (4), однако в таком случае $S_2 > S_1$, соответственно $\vartheta_2 < \vartheta_1$. Однако отличительной особенностью рабочего процесса движения смеси является то, что в диффузор уже поступает поток воздушно-бетонной смеси в отличие от конфузора, где рассматривается движение потока бетонной смеси без наличия сжатого воздуха.

При этом, определение $\vartheta_1^{'}$ воздушно-бетонной смеси и $\vartheta_2^{'}$ соответственно определяются по ниже приведенным зависимостям.

Скорость воздушно-бетонного потока смеси при поступлении в диффузор может быть найдена согласно формуле [3]:

$$\vartheta_1^{'} = \left[\vartheta_к \left(S_1 - \frac{\pi \cdot d_{\max}^2}{2}\right) + \frac{M_{бс}}{\rho_{бс}}\right] \cdot S_2^{-1}, \tag{10}$$

где $\vartheta_к$ - скорость воздуха в трубопроводе перед поступлением в диффузор, м/с;

$S_1$ - площадь сечения входного отверстия в диффузор, м;

$d_{\max}$ - минимальный диаметр зерна щебня, который переносится потоком сжатого воздуха в смеси при движении по диффузору;

$M_{бс}$- масса бетонной смеси, которая поступает в диффузор за 1с, кг;

$S_2$ - площадь выходного отверстия диффузора, м.

Для определения средней скорости выхода воздушно-бетонной смеси из диффузора сопла с кольцевым насадком можно воспользоваться ранее найденой зависимостью [4]:

$$\vartheta_{-р}(L_{диф}) = \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^{R_y(L)} m(r,\varphi,y)\vartheta(r,\varphi,y)\,dr\,d\varphi}{\int_0^{2\pi}\int_0^{R_y(L)} m(r,\varphi,y)\,dr\,d\varphi}, \tag{11}$$

где $R_y(L_{диф})$ - радиус сечения струи на расстоянии $y$ от среза сопла;

$m(r,\varphi,y)$ - общая масса частиц смеси радиусом $r$;

$\vartheta(r,\varphi,y)$ - скорость частиц радиусом $r$, находящихся на расстоянии $y$ от оси потока с полярными координатами $(r,\varphi)$.

Для расчета рабочей и кольцевой камер торкрет-сопла можно использовать уравнения характеристики струйного насоса.

В работе [5] приведено уравнение характеристики кольцевого струйного насоса (эжектора), широко применяющегося в строительстве:

$$h = \frac{m_1^2 - (\xi_{кс} + \xi_к)\cdot(1+q)^2 - q^2 \cdot (1-m_1)^2 \cdot (1+\xi_{вх})}{m_1^2 \cdot (1+\xi_щ) - q^2 \cdot (1-m_1)^2 \cdot (1+\xi_{вх})}, \tag{12}$$

где $h$ – отношение полного напора на выходе из эжектора, $H_э$ к полному напору бетонной смеси $H_р$ (относительный напор);

$m_1$ - отношение площади сечения камеры смешения к площади сечения рабочего сопла;

$q$ - коэффициент эжекции;

$\xi_{вх}, \xi_щ, \xi_к, \xi_{кс}$ - коэффициенты потерь энергии соответственно на входе в струйный насос на стороне эжектируемой смеси; в кольцевой щели, в конфузоре, камере смешения.

Коэффициент потерь $\xi_{вх}$ может быть определен по справочным данным [6]. Значения коэффициента $\xi_{щ}$ также приводятся в справочных данных [7]. Величина коэффициента $\xi_{кс}$ определяется с помощью уравнения количества движения [8].

Особенностью потока воздуха в кольцевой щели рабочей камеры торкрет- сопла является то, что длина камеры смешения не может быть больше 6...10 $d_{кс}$, где $d_{кс}$ – диаметр камеры смешения.

Исследование подтвердили, что при выходе сжатого воздуха из кольцевой щели насадка, распределение давления по сечению подчиняется гидростатическому закону, который позволяет найти коэффициент потерь энергии в кольцевой щели согласно зависимости:

- для угла раскрытия $\alpha$ диффузора:

$$\xi_к = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n} \frac{\left(\frac{p_{вх}}{\rho} + 0.5 \cdot u_i^2\right) \cdot u_i \cdot \Delta A}{\vartheta_{ср} \cdot A} - \left(\frac{p_{вых}}{\rho} + 0.5 \cdot \alpha_{вых} \cdot \vartheta_2^2\right)\right]}{\left(0.5 \cdot \vartheta_1^2\right)}, \quad (13)$$

где - $\xi_к$ - коэффициент потерь в кольцевой щели;

$p_{вх}, p_{вых}$ - давление на входном и выходном сечении диффузора;

$\vartheta_1$ , $\vartheta_2$ - скорости на входном и выходном сечениях;

$\alpha_{вых}$ - коэффициент Кориолиса;

$\rho$ - плотность воздуха;

$\Delta A$ - функция угла;

$u_i$ - средняя скорость движения воздуха в кольцевой щели диффузора.

Исследования коэффициента потерь диффузора при различных угла раскрытия $\alpha$ [9] и диапазоне изменения коэффициента эжекции $q$=0,08...0,62 показали, что угол раскрытия диффузора (конфузора) не следует увеличивать более 16º.

## Выводы

1. Рассмотрены конструктивные особенности торкрет-сопел с кольцевым насадком;
2. Приведены зависимости для определения движения потоков как бетонной смеси, так и воздушно-бетонной смеси в условиях конфузора (диффузора);
3. Найдена зависимость для определения коэффициента потерь диффузора.

## Литература


1. Использование оборудования мокрого торкретирования в условиях реконструкции зданий и сооружений. / И.А. Емельянова, А.Н. Баранов, А.А. Задорожный, А.Н. Проценко // Материалы международной НТК “Interstroimech-98”. -Воронеж. - 1998. - С. 88-89.
2. Идельчик И.Е., Гинзбург Д.Л., Основные результаты новых экспериментальных исследований конических диффузоров, НИИОГАЗ – Механическая очистка промышленных газов – М.: Машиностроение, 1974.
3. Кузмичев В. Е. Законы и формулы физики – Киев: Наукова думка, 1989-с. 865.
4. Емельянова И.А. , Баранов А.Н., Задорожный А.А. Кинетическая энергия потока строительной смеси при мокром торкретировании с учетом фракционного состава заполнителя // Научные труды региональной научно-технической конференции "Проблемы создания новых машин и технологий". - Кременчуг. -1996. - С. 160-162.
5. Гусак И.В. Исследование движения кольцевой струи в цилиндрической трубе //В сб. Гидравлика и гидротехника. – Киев, 1970.- №9.
6. Скорупко А. М. Основные расчетные соотношения для проектирования кольцевых струйных насосов. НИИинформтяжмаш, №280.- 1978.- Вып.3 – Естественные и точные науки, техника.
7. Грабовский А.М., Иванов К.Ф., Скорупко А. М. Гидравлический расчет параметров кольцевого эжектора. // Изв. вузов. Строительство и архитектура.- 1973. - №8.
8. Грабовский А.М., Иванов К.Ф., Скорупко А. М. Гидравлическое исследование параметров кольцевого эжектора.// В сб.: Гидравлика и гидротехника.- Кишинев, 1975.-т.150
9. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. –М.: Машиностроение, 1975.

УДК 693.61.002.5:621.65

*Шаповал М.В.*[1]

# ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧОЇ КАМЕРИ РОЗЧИНОНАСОСА НА ОБ'ЄМНИЙ ККД

*Наведено експериментальні дослідження по визначенню об'ємного ККД розчинонасоса з раціональним підбором конструктивних параметрів робочої камери, всмоктувального та нагнітального клапана необхідних для максимального підвищення об'ємного ККД.*

***Ключові слова:*** *об'ємний ККД, розчинонасос, рухомість розчину.*

*Приведено экспериментальные исследования по определению объёмного КПД растворонасоса с рациональным подбором конструктивных параметров рабочей камеры, всасывающего и нагнетательного клапана необходимых для максимального повышения объёмного КПД.*

***Ключевые слова:*** *объёмный КПД, растворонасос ,подвижность раствора.*

*It is resulted experimental researches by definition volume EFFICIENCY of the mortar pump with rational selection of design data of the working chamber, sucking and the pressure valve necessary for the maximum heightening of volume EFFICIENCY.*

***Keywords:*** *volume EFFICIENCY, the mortar pump, movability of a solution.*

**Вступ.** Для механізації будівельних робіт під час проведення опоряджувальних операцій усе частіше застосовують розчинонасоси різних конструкцій. Одною з найбільш важливих вимог, що ставляться до розчинонасосів, є знижена пульсація подачі перекачуваних будівельних розчинів надійність та високий об'ємний ККД. Від рівня пульсації залежить: тиск подачі розчину по трубопроводах, питомі витрати електроенергії на перекачування розчинів, зручність та якість механізованого нанесення розчинів на оброблюванні поверхні, величина втрат під час соплування, ресурс роботи трубопроводів і деталей розчинонасосів.

При створенні сучасного розчинонасоса з помірною пульсацією необхідно керуватися відповідними чинниками, а саме: використання привода простого за конструкцією, який забезпечував робочим органам постійну швидкість ходу при плавних динамічних навантаженнях під час переходу через крайні точки і витривалість з плином часу; конструювання гідравлічної частини насоса таким чином, щоб було забезпечено ефективний потік розчинної суміші з урахуванням реологічних властивостей будівельних сумішей як в напівциклі всмоктування, так і напівциклі нагнітання, що в свою чергу підвищувало об'ємний ККД насоса; використання високоефективних і простих за конструкцією компенсаторів пульсації тиску.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.**

Існують літературні [2, 5, 6, 7, 8] джерела в яких досить детально розглянуті причини зниження об'ємного ККД розчинонасоса через втрати від неповноти всмоктування розчину в робочу камеру та через втрати розчину від зворотних витоків через кульові клапани при їх спрацьовуванні на закриття. Кількісний вплив тиску нагнітання перекачуваного середовища на рівень об'ємного ККД даний лише А.М. Барановим у його докторській дисертації [9]. Але, по-перше, цей вплив даний лише для бетонної суміші при одному рівні тиску і, по-друге, причини такого впливу зовсім не розглядалися.

Також відомо [2, 8], що причина, за якою при зростанні тиску подачі буде знижуватися рівень об'ємного ККД розчинонасоса, полягає у тому, що будівельні розчини містять у своєму складі багато вільного повітря у вигляді дуже дрібних пухирців і тому володіють пружними властивостями, тобто при підвищенні зовнішнього тиску вище від атмосферного рівня вони стискаються. Причому рівень такого стискування залежить, не тільки від зовнішнього тиску, але й від рухомості перекачуваних розчинів, оскільки вміст вільного повітря в розчинах залежить від їх рухомості.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Необхідно провести аналіз впливу подачі бокового потоку розчину на клапани і за рахунок яких чинників знижується рівень об'ємного ККД розчинонасоса в реальних умовах експлуатації.

**Постановка завдання.** Необхідно дослідити робочі процеси однопоршневого розчинонасоса з компенсатором пульсації тиску, які відбуваються у гідравлічній частині розчинонасоса в процесі транспортування будівельного розчину різної рухомості.

**Виклад основного матеріалу.** Один з найважливіших показників, який характеризує роботу розчинонасоса, є об'ємний ККД, який визначається відношенням дійсної подачі до теоретичної.

Дійсна подача буде менша від теоретичної на величину втрат перекачуваного розчину за певний час роботи насоса, наприклад, за один повний цикл. Для розрахунків об'ємного ККД краще використовувати подачу за один цикл роботи насоса. Тоді теоретична подача буде дорівнювати робочому об'єму поршня, а дійсна – представляти різницю між робочим об'ємом поршня і сумою втрат розчину за цикл

$$V_p^m = \frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot h \text{, дм}^3, \qquad (1)$$



[1] Шаповал М.В., ст. викладач.
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

$$V_p^{\partial} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot h\right) - \Delta V \text{ , дм}^3, \qquad (2)$$

де $D_n$ – діаметр поршня, дм; $h$ – хід поршня, дм, $\Delta V$ – сумарні витрати розчину за цикл.

Сумарні втрати розчину за цикл складають

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 \text{ , дм}^3, \qquad (3)$$

де $\Delta V_1$ – втрати від неповноти всмоктування розчину в робочу камеру;

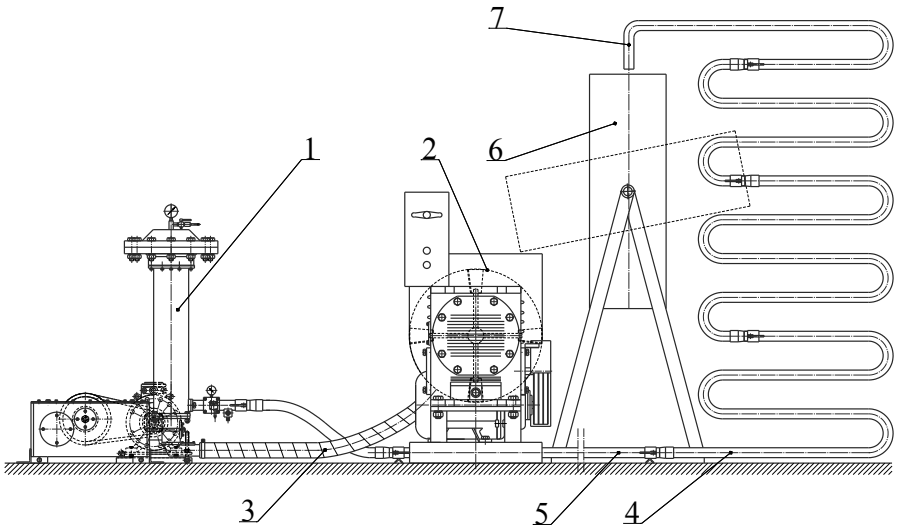
$\Delta V_2$ – втрати розчину від зворотних витоків через кульові клапани при їх спрацьовуванні на закриття;

$\Delta V_3$ – втрати розчину за рахунок його стискування в усмоктувальній робочій камері в такті нагнітання.

Розглянемо, що відбувається в усмоктувальній робочій камері розчинонасоса. Після того, як тиск розчину в цій камері на початку такту нагнітання досягне атмосферного рівня, далі відбуватиметься подальше стискування розчину порівняно з тим об’ємом, який він займав при атмосферному тиску. Але подача розчину через нагнітальний клапан почнеться лише тоді, коли тиск у робочій камері сягне рівня тиску подачі розчину. Далі в нагнітальний трубопровід подається більша частина перекачуваного середовища, а менша частина, витікає через усмоктувальний клапан. В напівперіод всмоктування, частина розчину повертається в робочу камеру через нагнітальний клапан. Це пояснюється запізненням сідання клапанів на сідло, і негативним впливом бокової складової зусилля потоку розчину із зони циліндра розчинонасоса.

Аналізуючи способи підвищення об’ємного ККД, а також оптимізацію геометричних параметрів кулькових клапанів, виникла необхідність у визначенні експериментального об’ємного ККД однопоршневого розчинонасоса при введенні конструктивних елементів, які б усунули ”шкідливий” об’єм робочої камери, а також зменшили зворотні витоки через всмоктувальний та нагнітальний клапани за різною рухомістю розчинної суміші.

Для проведення експериментів по визначенню дійсного об'ємного ККД досліджуваного розчинонасоса було зроблено експериментальну установку, схему якої наведено на рис. 1.




а)

б)

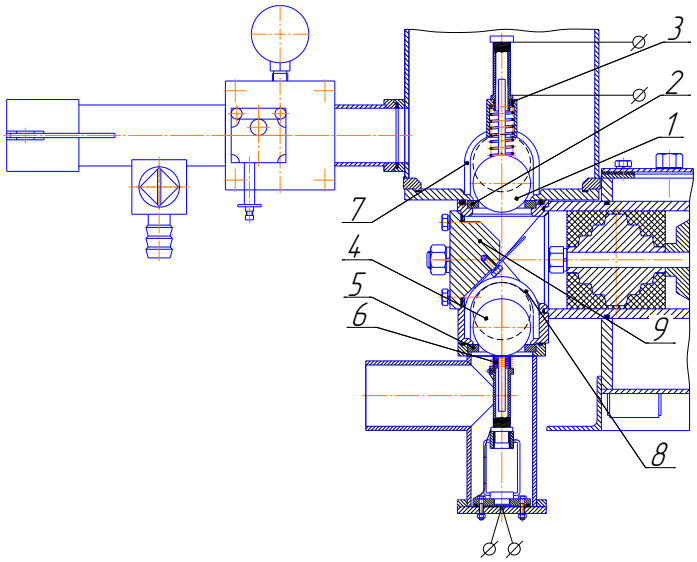
*Рисунок 1. Експериментальна установка для визначення об’ємного ККД розчинонасоса: а – конструктивна схема; б – зовнішній вигляд.*

Дана установка складається із досліджуваного розчинонасоса 1, розчинозмішувача 2, місткість бункера якого 250 дм$^3$. З'єднання змішувача з усмоктувальним патрубком розчинонасоса здійснюється за допомогою еластичного рукава 3. До нагнітального патрубка розчинонасоса за допомогою швидкодіючого з'єднання приєднаний сталевий розчинопровід 5. В процесі проведення експериментів, підключалися, додатково, гумовотканинні трубопроводи 4, які встановлені для створення необхідного тиску подачі перекачуваного розчину, шляхом подальшого кручення їх в кільця. Гумовотканинний патрубок 7 направлявся у бункер розчинозмішувача 2. Після становлення необхідного рівня тиску розчину, патрубок переміщувався в мірний циліндр 6, при цьому одночасно включався секундомір. При заповненні циліндру до контрольної мітки 60 дм$^3$ патрубок переводився в бункер і зупинявся секундомір.

Після проведення чергового виміру для очищення мірної ємності від залишків розчину застосовували шкребок.

Дана установка складається із досліджуваного розчинонасоса 1, розчинозмішувача 2, місткість бункера якого 250 дм$^3$. З'єднання змішувача з усмоктувальним патрубком розчинонасоса здійснюється за допомогою еластичного рукава 3. До нагнітального патрубка розчинонасоса за допомогою швидкодіючого з'єднання приєднаний сталевий розчинопровід 5. В процесі проведення експериментів, підключалися, додатково, гумовотканинні трубопроводи 4, які встановлені для створення необхідного тиску подачі перекачуваного розчину, шляхом подальшого кручення їх в кільця. Гумовотканинний патрубок 7 направлявся у бункер розчинозмішувача 2. Після становлення необхідного рівня тиску розчину, патрубок переміщувався в мірний циліндр 6, при цьому одночасно включався секундомір. При заповненні циліндру до контрольної мітки 60 дм$^3$ патрубок переводився в бункер і зупинявся секундомір.

Після проведення чергового виміру для очищення мірної ємності від залишків розчину застосовували шкребок.




а)

б)

*Рисунок 2. Розчинонасос із установленими датчиками для запису параметрів ходу клапанів: а – схема розташування індуктивних датчиків переміщення всмоктувального та нагнітального клапана: 1 – кулька нагнітального клапана;2 – сідло нагнітального клапана; 3, 6 – пружний елемент;4 –кулька всмоктувального клапана; 5 – сідло всмоктувального клапана; 7, 8 – обмежувач висоти підйому кульки клапана; 9 – усічений циліндр з перегородкою;б – загальний вигляд насоса з датчиками.*

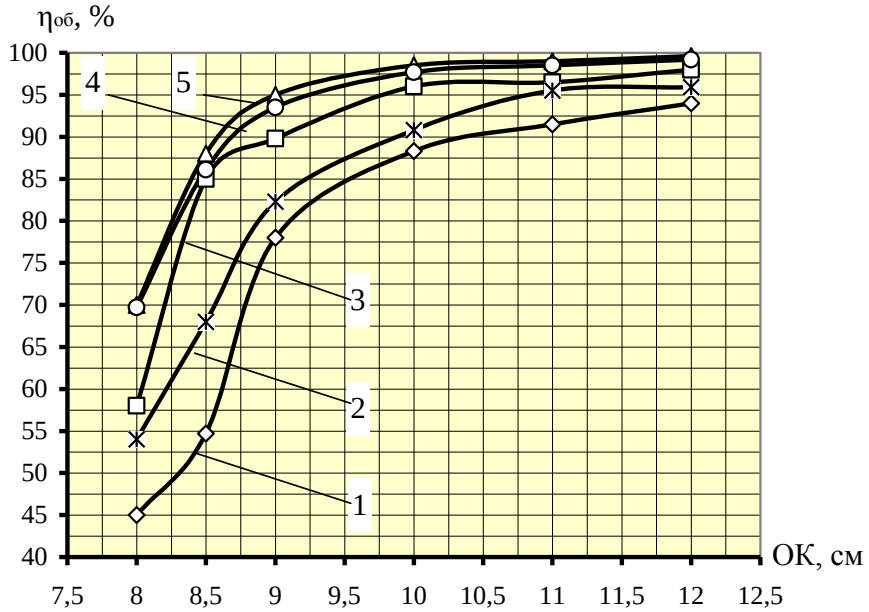



*Рисунок 3. Графіки залежності об'ємного ККД розчинонасоса від рухомості перекачуваного розчину при різних конструктивних елементах робочої камери і клапанів:*
*1 – непідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани без усіченого циліндру та перегородки;*
*2 – непідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою; 3 – тільки з підпружиненим нагнітальним клапаном;*
*4 – підпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою; 5 – підпружинені нагнітальний клапан з встановленими усіченим циліндром та перегородкою.*

Дані проведених експериментів свідчать про те, що об'ємний ККД розчинонасоса у першу чергу залежить від рухомості перекачуваного розчину, а також вказують на підвищення об'ємного ККД при перекачуванні густих розчинів, яке зумовлене більш швидким спрацьовуванням нагнітального та всмоктувального клапана.

Метою експериментальних досліджень є оптимізація конструктивних параметрів робочої камери і всмоктувального та нагнітального клапана необхідних для максимального підвищення об'ємного ККД.

Таблиця 1

**Параметри об'ємного ККД розчинонасоса з урахуванням рухомості перекачуваного розчину, конструктивних елементів робочої камери і клапанів, що впливають на ефективність роботи розчинонасосу.**

| Рухомість розчину | ККД розчинонасоса з урахуванням конструктивних елементів робочої камери і клапанів | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | непідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани без усіченого циліндру з перегородкою | непідпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою | тільки з підпружиненим нагнітальним клапаном | підпружинені нагнітальний і всмоктувальний клапани з встановленими усіченим циліндром та перегородкою | підпружинені нагнітальний клапан з встановленими усіченим циліндром з перегородкою |
| ОК 8 | 45 | 54 | 58 | 69,7 | 70 |
| ОК 8,5 | 54,7 | 68 | 85 | 86,1 | 88 |
| ОК 9 | 78 | 82,3 | 89,8 | 93,5 | 95 |
| ОК 10 | 88,3 | 90,8 | 96 | 97,7 | 98,5 |
| ОК 11 | 91,5 | 95,5 | 96,5 | 98,5 | 99 |
| ОК 12 | 94 | 95,9 | 98 | 99,2 | 99,6 |

При проведенні експериментальних досліджень здійснювалося варіювання конструктивними елементами, які встановлювалися у робочу камеру. Необхідно приділити увагу роботі всмоктувального та нагнітального клапанів, як вільно діючих, так і підпружинених. Щоб проаналізувати, який із конструктивних елементів впливає на об'ємний ККД, дослідження проводили змінюючи окремо кожний елемент (рис. 3, табл. 1). На рис. 2 показано встановлення пружини 10 на всмоктувальний клапан 7 та на нагнітальний клапан 1 – пружини 4.

Дослідження показали, що об'ємний ККД з підпружиненим нагнітальним клапаном (крива 3, рис. 3)

значно вище ніж конструкція з клапанами вільної дії (крива 1, рис. 3). Особливо підвищення об'ємного ККД спостерігається при перекачувані густих розчинів з ОК 8 до 9 см.

Для зменшення "шкідливого" об'єму робочої камери, а також спрямування потоку розчину у напрямку всмоктувального клапана (більш швидке спрацювання на закриття і тим самим зменшення зворотних витоків під час нагнітання розчину) було встановлено в робочу камеру перегородку з основою у вигляді усіченого циліндра, в результаті чого збільшився об'ємний ККД розчинонасоса (крива 2, рис. 3).

Підпружинення всмоктувального та нагнітального клапанів, а також введення усіченого циліндру та перегородки в робочу камеру (крива 4, рис. 3), значно підвищило об'ємний ККД та зменшило зворотні витоки через клапани.

Але, якщо порівнювати з результатами досліджень конструкції тільки з підпружиненим нагнітальним клапаном та встановленою в робочу камеру перегородкою (крива 5, рис. 2) – підпружинення всмоктувального клапана не дало суттєвого збільшення об'ємного ККД (крива 4, рис. 2). Це пояснюється гальмуванням пружного елемента через його невисоку жорсткість в малорухомих розчинах (нижче ОК 8,5 см), що призводить до зменшення швидкості опускання всмоктувального клапана на сідло. Також розміщення пружини в усмоктувальному тракті створює додатковий опір проходженню розчину через сідло всмоктувального клапана в робочу камеру розчинонасоса, що знижує всмоктувальну здатність розчинонасосу та недозаповнення робочої камери.

## Висновки

Оптимальною схемою робочої камери розчинонасосу є підпружинення нагнітального клапану і встановлення в робочу камеру усіченого циліндру з перегородкою. При даних конструктивних елементах до мінімуму зведені зворотні витоки розчину через клапани, а також зменшено "шкідливий" об'єм робочої камери.

## Література


1. Сулейманов, М.М. Обвязка буровых насосов. – Баку Азернефтнешр, 1960.
2. Кукоба, А.Т., Коробко, Б.О., Васильев, А.В. Изменение объёма растворной смеси при перекачивании растворонасосом //Механизация строительства.– 2000. – № 3.
3. Скрицкий, В.Я., Рокшевский, В.А. Эксплуатация промышленных гидроприводов. – М.: Машиностроение, 1984. – 176 с.
4. Ивянский, Г.Б. Транспорт строительных растворов по трубам. – М.: Госстройиздат, 1957. – 187 с
5. Онищенко А.Г., Кукоба А.Т., Уст'янцев В.У. Методика розрахунку зворотних втрат розчину через усмоктуючий клапан вертикального диференціального розчинонасоса // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 3. – Полтава: ПДТУ, 1998. – С. 3-6.
6. Влияние основных конструктивных параметров на КПД дифференциального растворонасоса / А.Г. Онищенко, В.Б. Надобко, Н.Н. Шпилька // Конструкции зданий и строительное производство: Сб. научн. трудов. – К., 1991. – С.4–13.
7. Головкин А.В. Расчёт обратных утечек через клапаны в дифференциальном растворонасосе с качающейся колонкой // Механизация стр-ва. – 1998. – № 9. – С. 19-21.
8. Онищенко О.Г., Васильєв А.В., Коробко Б.О. Вплив об'ємного розширення розчину на ефективність роботи розчинонасоса //Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 4. – Полтава: ПДТУ, 2000. – С. 3-9.
9. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Проценко А.Н. Исследование кольцевого поршневого блока компенсатора для малоимпульсной подачи бетонных смесей пониженной подвижности. // Науковий вісник будівництва. – Харків: Харківське обл. терретор. відділ. Академії буд. України. – 1998. – Вип. №4. – С. 88 – 91.

УДК 630*377.4:531.8

*Библюк Н.І., Мачуга О.С., Бойко М.М.*[1]

# ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТА ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ РОБОТИ НА ТЕРИТОРІЯХ З УХИЛОМ

*Запропоновано модель руху технологічного механізму дорожно-будівельних та лісосічних робіт на території з ухилом до горизонтальної площини. Отримано головні залежності й виявлено зв'язок тягово-зчіпних характеристик, курсової та поперечної стійкості, опорних реакцій з геометричними параметрами поверхні руху. Результати проілюстровано на прикладах, які можуть використовуватись під час проектування машин для розглядуваних умов роботи.*

*Предложена модель движения технологического механизма дорожно-строительных и лесосечных работ на территориях с уклоном к горизонтальной плоскости. Выявлены зависимости тягово-сцепных характеристик, курсовой и поперечной устойчивости, опорных реакций от параметров плоскости движения. Результаты проиллюстрированы на примерах, которые возможно использовать во время проектирования машин для рассматриваемых условий работы.*

*The motion model of processing mechanism for road construction and logging operations in areas with a slope to the horizontal plane is proposed. Pull-coupling characteristics, course and lateral stability and support reactions depending of the motion plane parameters are detected. The results are illustrated on the examples, which can be used in machines designing for considered work conditions.*

**Вступ.** Освоєння гірських заліснених територій для промислових та рекреаційних цілей пов`язується з необхідністю екологічно обґрунтованого розширення їх транспортної доступності [1]. Один із головних видів виробничої діяльності людини на таких територіях – лісозаготівля та первинне перероблення деревини - потребує технічного переоснащення й використання сучасних високопродуктивних комплексів – харвестерів та форвадерів [2].

Для розв`язання таких завдань необхідне використання дорожно-будівельних та лісозаготівельних машин, пристосованих для роботи на поверхнях з ухилом, тобто в негоризонтальних горбкуватих місцевостях.

**Постановка задачі.** Теоретичні засади руху самохідного транспортного засобу, зокрема задачі стійкості, керованості, розрахунок тягово – зчіпних характеристик тощо висвітлені достатньо широко [3]. Однак особливості руху технологічного транспорту, зокрема дорожно-будівельної техніки та лісозаготівельних комбайнів (харвестерів), які одночасно з транспортною функцією виконують відповідні технологічні операції, потребує подальшого опрацювання. Задача ускладнюється для випадку, коли опорна поверхня – ґрунт характеризується певним ухилом до горизонтальної площини, що накладає додаткові утруднення для експлуатації стандартної техніки. Один з підходів до розв`язання проблеми – проектування та експлуатація спеціалізованої техніки, пристосованої для руху гірськими територіями, зокрема лісосіками, з одночасним виконанням технологічних операцій.

**Основний виклад.** Розглянемо самохідний тривісний колісний технологічний механізм, який рухається площиною, що має ухил до горизонту $\alpha$. Механізм рухається із швидкістю $V$ уздовж осі, що відхиляється на кут $\beta$ від висхідної лінії площини руху. Технологічні операції виконуються начіпним знаряддям, яке відведене від напряму руху на кут $\gamma$ (рис.1). Координатна площина xOy співпадає з горизонтальною площиною, вісь z – перпендикулярна до неї. Осі координат $x_1$ $y_1$ $z_1$ утворюються повертанням осей xyz на кут $\alpha$ навколо осі Ox так, що координатна площина $x_1Oy_1$ співпадає з площиною руху механізму. Осі координат $x_2$ $y_2$ $z_2$ утворюються шляхом повороту осей $x_1$ $y_1$ $z_1$ на кут $\beta$ навколо осі $Oz_1$ так, що координатна площина $x_2Oy_2$ співпадає з площиною руху, а напрям руху розглядуваного механізму співвісний з $y_2$.

Введемо нормальні реакції ґрунту на рушій $Ri$, ($i = 1 \div 6$) - прикладені до центрів контактних площин рушіїв уздовж нормалі до поверхні руху механізму. $F_{ki}$, ( $i = 1 \div 6$ ) - колові сили на тягові колеса, прикладені уздовж напрямку руху. Вважаємо усі колеса тяговими, а точку прикладання сил - в центрі ваги контактних поверхонь рушія з ґрунтом. $M_{fi}$, ($i = 1 \div 6$) - моменти опору коченню коліс. $G_T$ - сила ваги механізму прикладена у його центрі ваги, направлена вертикально вниз. Сила $G_T$ має складові: повздовжню до осі руху силу та нормальну до площини руху силу $G_T \cdot \cos\alpha$. Побудова даної розрахункової моделі базується на припущенні рівномірності руху механізму: сили інерції рівні нулю, внаслідок невеликої швидкості механізму лісосікою вважаємо сили лобового опору потоку повітря нікчемно малими.

Розглянемо двохсекційний шарнірний маніпулятор механізму з вагою секції $G_{m1}$, $G_{m2}$, прикладених

[1] Библюк Н.І., д.т.н., проф., Мачуга О.С., к.ф.-м.н., доц., Бойко М.М. (НЛТУ України, Львів).

вертикально вниз у відповідних центрах ваги, які знаходяться на висоті від поверхні руху $h_{m1}$ та

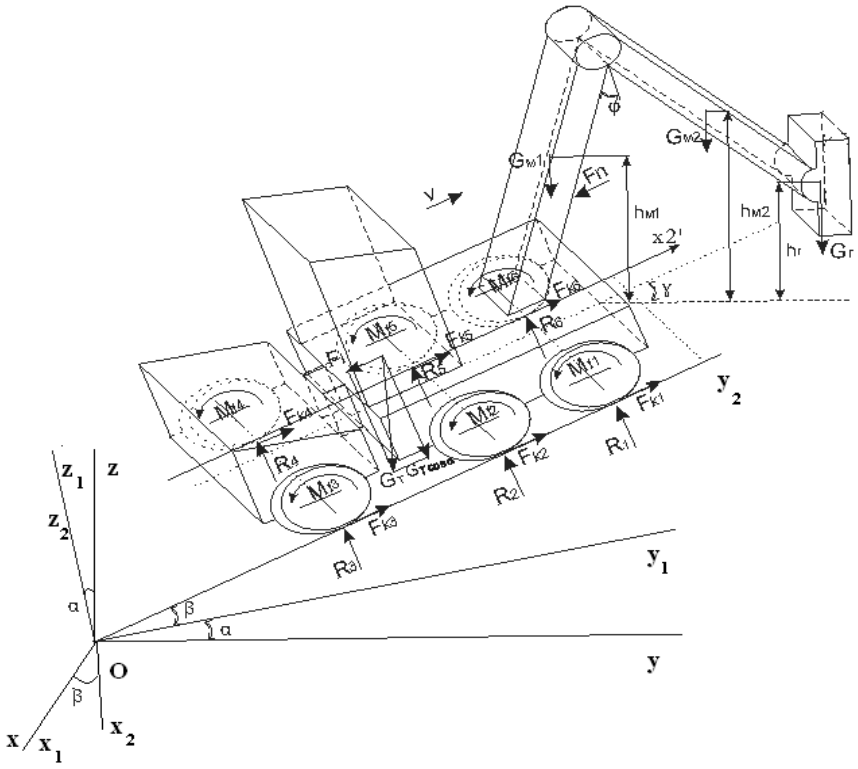



*Рис.1. Схема руху механізму територією з ухилом.*

$h_{m2}$ відповідно. Кут φ характеризує величину відхилення стріли маніпулятора від напрямку руху.

Сила ваги процесорної головки механізму (харвестерної головки) $G_г$ прикладена у відповідному центрі ваги на висоті $h_г$ від поверхні руху. Для розглядуваної задачі вважаємо, що стріла - маніпулятор механізму розкривається з кутовою швидкістю $\omega = 2\partial\varphi/\partial t$ , де φ – кут розкриття маніпулятора.

Рівняння тягового балансу отримаємо шляхом проектування усіх діючих сил на вісь руху $Ox_2$, замінюючи дію моментів опору відповідними силами опору:

$$\sum_{i=1}^{6}(F_{ki} - M_{fi}/r_i) - np_{Ox_2}\left(G_T + G_{M1} + G_{M2} + G_г\right) = 0 , \quad (1)$$

де $r_i$ – радіуси коліс, $np_{Ox2}$ – проекція відповідних сил на вісь $Ox_2$.

Суму моментів опору коченню, розділених на радіуси коліс прирівнюємо до узагальненої сили опору кочення $F_{TK}$:

$$\sum_{i=1}^{6} M_{fi}/r_i = F_{TK} = f \cdot G_T \cdot \cos\alpha ,$$

де $f$ - узагальнений коефіцієнт сили опору для певних дорожніх умов та певних типів коліс, визначається експериментальним шляхом.

Величини проекції сил ваги $G_{MI}$, $G_{M2}$, $G_Г$ на ві $Ox_2$ визначимо, враховуючи отримані із геометричних міркувань (Рис.2) вирази:

$$\sin\theta = \sin\alpha \cdot \cos\beta ,$$

$$\sin\theta_1 = \sin\alpha \cdot \cos(\beta - \gamma) ,$$

де θ – кут між напрямом руху механізму та горизонтальною площиною, $\theta_1$ – кут між маніпулятором та площиною *xOy*.

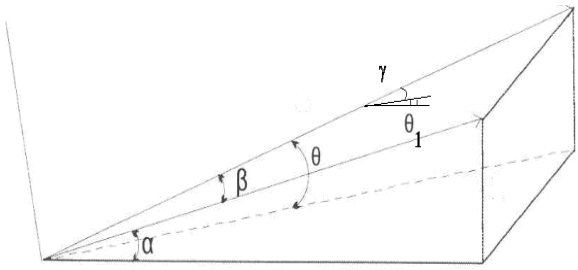



*Рис.2. Схема до геометричних побудов.*

З відношення (1) отримаємо:

$$F_k = f \cdot G_T \cdot \cos\alpha + \left[G_T \cos\beta + \left(G_{M1} + G_{M2} + G_Г\right)\cos(\beta - \gamma)\right]\sin\alpha$$

$$D = f \cdot \cos\alpha + \left[\cos\beta + \frac{G_{M1} + G_{M2} + G_Г}{G_T}\cos(\beta - \gamma)\right]\sin\alpha \quad (2)$$

де $F_k$ – сумарна колова сила, $D$ - динамічний фактор, тобто відношення тягової сили до ваги харвестера; не слід вважати, що нахил площини руху $i = tg\alpha, cos=1$, оскільки нахил лісосіки може бути доволі великим.

Шляхом визначення умовних екстремумів функції $D=D(\alpha,\beta,\gamma)$ можемо визначити максимальні кути косогірного підняття для заданих кутів $\alpha$, у та максимально можливі кути відхилення маніпулятора харвестера за інших заданих параметрів. Це дозволяє планувати траєкторію руху механізму із заданою потужністю двигуна, або визначати потужність двигуна для конкретних умов роботи. Залежність динамічного фактору від кута α для $f$ = 0,1; $\frac{G_{M1}+G_{M2}+G_{\Gamma}}{G_T}$ =0,1 подана на рис.3

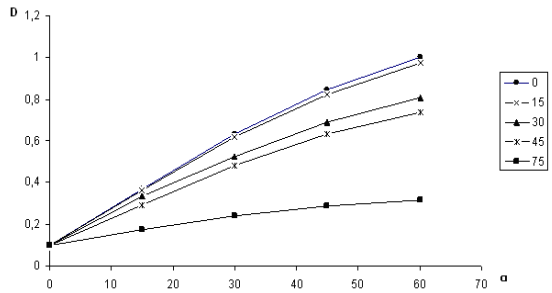



*Рис.3. Залежність $D$ від α для β (0-75°), γ =15°.*

Із (2) можна отримати рівняння потужнісного балансу механізму під час його руху територією з ухилом:

$$k_P \cdot N_{ДВ} = G_T \cdot v \cdot D$$

де $k_P$ = (0,95 – 0,96) - коефіцієнт коригування потужності, який враховує втрати стендової потужності в дійсних умовах, $N_{ДВ}$ - потужність двигуна механізму, необхідна для виконання ним транспортної функції. .Для врахування потужності, необхідної для виконання виробничої функції слід визначити потужність начепних знарядь, що задіяні у відповідному процесі дорожно – будівельної та лісозаготівельної техніки - $N^B_{ДВ}$. Рівняння потужнісного балансу матиме вигляд:

$$N_0 = k_P\left(1+\frac{N^B_{ДВ}}{G_T \cdot v \cdot D}\right) \qquad (3)$$

де $N_0$ - безрозмірна потужність двигуна, необхідна для одночасного виконання транспортної та виробничої функцій, віднесена до потужності двигуна, який для тих же умов експлуатації виконує тільки транспортне функцію, $N^B_{ДВ}$ - потужність, необхідна для забезпечення виробничих операцій відповідним механізмом.

Для лісозаготівельних комбайнів - харвестерів слід виділити види робіт, які виконуються під час роботи на лісосіці одночасно з транспортною функцією: захоплення стовбура дерева, зрізання стовбура, повалення дерева, оброблення стовбура. Виконання таких видів робіт начепними органами механізму пов'зуються з такими головними операціями: обертовий рух кабіни з маніпулятором; осьовий рух маніпулятора; коловий ( захоплюючий ) рух ножів та вальців харвестерної головки; стиснення стовбура; натяг стовбура; рух приводу повороту ланцюгової пилки; рух приводу механізму пиляння; виконання маневру маніпулятором; повертання багатоопераційної головки у відповідне положення; протяжка стовбура уздовж харвестерної головки зі значним пришвидшенням, або сповільненням; коловий (утримуючий) рух гілкорізними ножами та інші.

Механізми дорожно – будівельної техніки [4] під час виконання ними виробничої функції повинні долати додатковий опір рухові, який виникає внаслідок взаємодії начіпного обладнання з ґрунтом; ступінь взаємодії пов'язується з кутами $\partial, \beta, \gamma$, розглянутими вище. Потужність двигуна під час виконання виробничої функції дорожно – будівельного механізму витрачається на долання: опору рухові від різання (зарізання) ґрунту відвалом; опору рухові від переміщення призми ґрунту перед відвалом; опору рухові машини від тертя ґрунту під час переміщення його вверх уздовж відвалу; опору ущільнених, скельно-камінних і мерзлих ґрунтів ножу розпушувача; опору маніпулятору під час розчищання дорожніх трас від дрібних коренів, пнів, каміння.

Кожна із перерахованих вище операцій характеризується тим чи іншим аналітичним виразом, вигляд яких є достатньо громіздким, оскільки необхідно охопити значну кількість факторів взаємодії розглядуваних машин з предметом роботи - стовбури дерев та ґрунтово-кам'янисті поверхні. Тут обмежимося деякими графічними результатами. На рисунку 4 подано залежність необхідної потужності двигуна для роботи стандартного харвестера Valmet 911.3 [5] (транспортної та виробничої функцій) від кута $\alpha$ для різних швидкостей руху. Для порівняння проведено горизонтальну пряму, що відповідає двигуну 170 кВт. Під час планування лісозаготівельних робіт для такої машини визначено максимальний кут ухилу лісосіки $\alpha_{MAX}$ шляхом побудови графіку функції $N = f(\alpha)$ для $V = (0.5;1.38;3)\, м/с$, β = 0, γ = 30° в точках перетину зі значенням дійсної потужності $N_{ДВ}$=170 кВт .

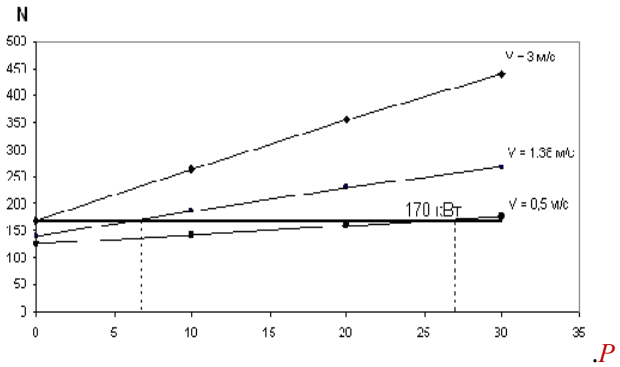



*Рис.4. Залежність $N$ від $\alpha$ для Valmet 911.3.*

Для кутів α більших за отримане значення $\alpha_{MAX}$ рух харвестера можливий тільки косогірними ходами, кут відхилення від висхідного напрямку руху визначається графіком кривої $N = f(\beta)$ для $\alpha = \alpha_{MAX} + 10^{\circ}$ (Рис.5).

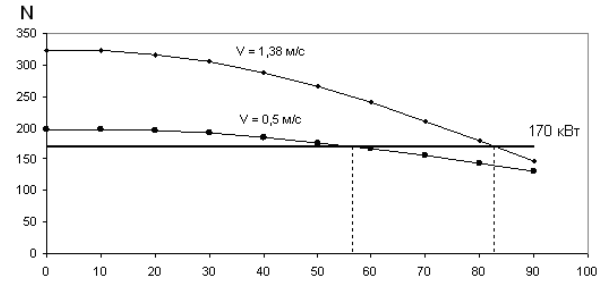



*Рис.5. Залежність $N$ від $\beta$ для Valmet 911.3.*

З рисунка зрозуміло, що для долання крутих ухилів на лісосіках слід вибирати косогірні напрями руху, тим пологіші, чим менш потужний двигун механізму.

Для проектованого на базі трактора Т – 150 дрожньо – будівельного механізму отримано наступні показники сил опору від кута $\alpha$ у залежності від лінійного параметру $l$ на підйомі (Рис.6) та на спуску (Рис.7).

Запропонований підхід можливо використовувати для широкого діапазону дорожно-будівельної та лісозаготівельної техніки. У випадку проектування механізмів, можливий підбір для них необхідної

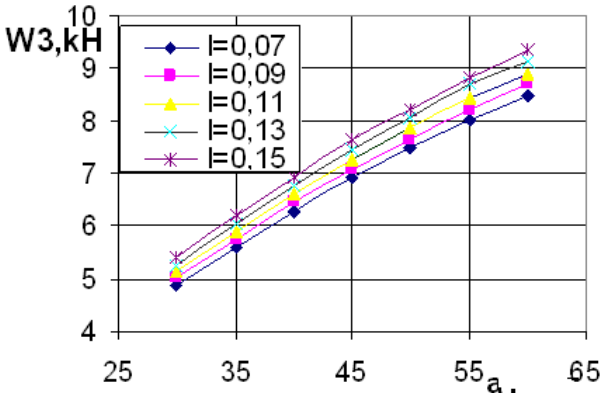



*Рис.6. Опір рухові від тертя ґрунту при переміщенні вверх по відвалу бульдозера на підйомі.*

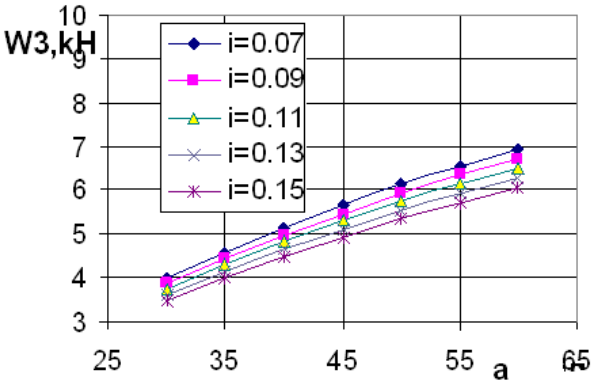



*Рис.7. Опір рухові від тертя ґрунту при переміщенні вверх по відвалу бульдозера на спуску.*

потужності двигуна стосовно умов подальшої експлуатації.

Для існуючої техніки із заданою потужністю двигуна необхідно розробляти траєкторію руху, визначаючи можливі кути відхилення траси від висхідної лінії.

В роботі розглянуто співвідношення для визначення параметрів поздовжньої та поперечної стійкості, а також максимальних реакцій рушія у залежності від величин кутів $\alpha, \beta, \gamma$. Отримані результати свідчать про необхідність застосування пропонованої моделі для підбору рушіїв механізмів у залежності від параметрів нахилу площадок.

## Висновки

Отримані рівняння тягового балансу, придатні для експериментального дослідження узагальненого коефіцієнту опору $f$ ґрунтової поверхні лісосіки у залежності від кутів α та β. Шляхом застосування рівняння (2) можливе визначення необхідної потужності двигуна механізму, який проектується чи підбирається з існуючих на ринку а також планування лісосічних і будівельних робіт у залежності від умов експлуатації. Пропонований підхід можливий для визначення опорних реакцій, курсової та поперечної стійкостей механізмів, що працюють на територіях з ухилом.

## Література

1. *Стиранівський О. А.* Природоохоронні засади транспортного освоєння гірських лісових територій/ О. А. Стиранівський, Ю. О. Стиранівський. - Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. – 208 с.

2. *Библюк Н.І.* Лісозаготівельні комбайни: особливості конструкції, функцій ні схеми, перспективи/Н.І. Библюк, О.С.Мачуга// Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Серия Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2009. – 55. - С. 235 – 241.
3. *Библюк Н.І.* Лісотранспортні засоби: Теорія: Підручник/Н.І. Библюк. - Львів: Видавничий дім «Панорама», 2004. - 453 с.
4. *Немцов В.П.*, Шестаков Б.А. Техническая эксплуатация автомобильного и тракторного транспорта на лесозаготовках/В.П.Немцов, Б.А. Шестаков. –М: Лесная промышленность, 1985. - 345 с.
5.*Produktverzeichnis.* VALMET. KOMATSU.- 2007.- 35 p.

УДК 621.923

*Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Мачишин Г. М.*[1]

# МАШИНА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИМИ ЩІТКАМИ

*У статті приведені технічні дані, розробленою КНУБА, установки для очищення металевих і неметалевих поверхонь від легкої іржі, бруду, лакофарбових покриттів на заготівельних ділянках і виробничих базах.*

Для очищення металевих поверхонь від лакофарбових покриттів, легкої іржі, а також інших забруднень без видалення основного шару матеріалу, отримали застосування полімерно-абразивні щітки (ПАЩ). Вони є інструментом, котрий самоочищається під час роботи. ПАЩ поєднують в собі переваги обробки металевими щітками, фібровим і пелюстковим дисковим інструментом. Принцип роботи ПАЩ полягає в руйнуванні поверхні, яка обробляється, шляхом ударної дії об неї абразиву, який закріплений на торці полімерного волокна. Враховуючи, що динамічна жорсткість волокна зростає під дією відцентрових зусиль зі збільшенням швидкості обертання інструменту, полімерно-абразивні щітки, в основному, виготовляються дискової форми [1, 2].

Величина кінетичної енергії одного абразивного зерна може бути оцінена за формулою:

$$E_i = \frac{1}{2} m_i (V_щ^2 + V_n^2 - 2V_щ V_n \sin\alpha_щ), \quad (1)$$

де $m_i$ - маса одиничного абразивного зерна, кг;

$V_щ$ - робоча швидкість щітки, м/с;

$V_П$ - швидкість переміщення щітки вздовж поверхні, яка обробляється, м/с;

$\alpha_щ$ - кут між віссю волокна і поверхнею, яка обробляється.

Продуктивність обробки полімерно-абразивними щітками пропорційна сумарній енергії ударів, тобто

$$Q_щ = k_щ \sum_{i=1}^{n} E_i = k_щ \sum_{i=1}^{n} \frac{\pi d_з^3 \rho_з}{12} \times \left[ \omega_щ^2 R_щ^2 + V_П^2 - 2\omega_щ R_щ V_n \sin\alpha_щ \right], \quad (2)$$

де $k_щ$ - коефіцієнт, що характеризує матеріал, який обробляється;

$d_з$ - діаметр сфери з об'ємом, що дорівнює об'єму одиничного абразивного зерна, м;

$\rho_з$ - щільність абразивного зерна відповідно $3{,}9x10^{-3}\,кг/м^3$ та $3{,}2x10^{-3}\,кг/м^3$ для електрокорунду і карбіду кремнію;

$\omega_щ = \frac{V_щ}{R_щ}$ - кутова швидкість обертання щітки рад/с;

$R_щ$ - радіус щітки, м.

Кількість абразивних зерен, що одночасно беруть участь в роботі, можливо визначити за формулою:

$$n = n_к N_H \frac{l_к}{2\pi R_щ}, \quad (3)$$

де $n_к = \frac{3}{2}\frac{x}{100}\frac{d_в^2}{d_з^2}$ - кількість абразивних зерен, розташованих на торцевій поверхні волокон;

$N_H = \frac{8K_o\left(R_щ - L_в\right)H_щ}{d_в^2}$ - кількість волокон у щітці;

[1] Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Мачишин Г. М.
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури (КНУБА).

$$K_O = \frac{N_H d_в^2}{8\left(R_щ - L_в\right)H_щ}$$ - відношення сумарної площі поперечного перерізу волокон до площі щітки в місці їх закріплення $\left(K_O \prec 1\right)$;

$H_щ$ - висота (товщина) щітки, м;

$d_в$ - діаметр волокна, м;

$x$ - об'ємний вміст абразиву у волокні, %.

Остаточно

$$n = \frac{3N_H x d_в l_к}{400\pi R_щ d_з^2}. \quad (4)$$

Коефіцієнт заповнення волокон на робочій поверхні щітки $\left(K\right)$ пов'язаний співвідношенням

$$K = K_O \frac{L_в}{R_щ}, \quad (5)$$

де $L_в$ - довжина вільної частини волокна, м.

Вибір режимів роботи полімерно-абразивної щітки визначається тепловими процесами, що протікають при очищенні поверхні. Нагрівання волокна відбувається в результаті виділення тепла у момент удару зерна по поверхні. Зменшення натягу дозволяє скоротити не лише час контакту, але і понизити енергоємність обробки. Тому, маса машин, які використовуються для приводу полімерно-абразивних щіток, істотно менша, ніж для роботи з абразивними армованими кругами або металевими щітками.

В процесі взаємодії полімерно-абразивної щітки з поверхнею, що обробляється, тепло виділяється на торцях волокон $\left(T_1\right)$ і по контуру затискного фланця $\left(T_2\right)$. В результаті виникають коливання волокон відносно місць їх закріплення. Таким чином, працездатність полімерно-абразивної щітки забезпечується у разі виконання наступних обмежень :

$$\begin{cases} T_1 \prec T_p \\ T_2 \prec T_{kp} \end{cases}, \quad (6)$$

де $T_p$ і $T_{kp}$ - температура плавлення і руйнування волокна (поліаміду) [3].

При невиконанні (6) поверхня, що обробляється, покривається розплавленим полімером, а волокна під дією відцентрових сил - руйнуються. При цьому встановлено, що на працездатність щітки вирішальний вплив чинить температура, яка виникає по контуру затискного фланця.

Потужність машини для роботи з полімерно-абразивними щітками визначається експериментально, оскільки для встановлення теоретичних залежностей необхідно вирішити завдання про рух полімерного волокна в повітряному середовищі. Не має також можливості використовувати залежні, які отримані при дослідженні роботи металевих щіток, оскільки динамічна жорсткість полімерного волокна у декілька разів перевищує статичну, а сталевого - усього на 20…30% [4].

В процесі виконання експериментальних робіт визначалися експлуатаційні та енергетичні параметри одиночної щітки діаметром 125мм і завтовшки 12мм, а також комплекту щіток, що складається з 4-5 одиночних щіток, закріплених у спеціальну оправку. Визначено, що для приводу одиночної щітки і комплекту щіток найдоцільніше використовувати ручні кутові шліфувальні машини з різною масою і потужністю приводу (рис. 1). Потужність, яка необхідна для обробки поверхонь одиночною щіткою складає 100…120Вт; при коловій швидкості - 30…60м/с і натягу - 1…2мм. Встановлено, що продуктивність зростає зі збільшенням частоти обертання полімерно-абразивної щітки і натягу, але не залежить від швидкості подачі так, як $V_щ \succ\succ V_П$. При цьому швидкість подачі має бути відмінна від нуля, оскільки внаслідок нагріву поверхні, яка обробляється відбувається термічне зношення полімерних волокон.

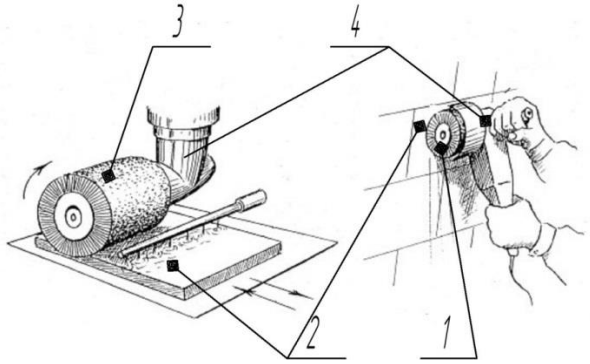



*Рисунок 1. Очищення поверхонь з використанням ПАЩ:*
*1 – одиночна щітка; 2 – поверхня, що обробляється; 3 - комплект щіток; 4 – кутова шліфувальна машина.*

В той же час, ручні кутові шліфувальні машини з полімерно-абразивними щітками ефективні при очищенні порівняно невеликих площ, а також при обробці конструкцій, які монтуються і ремонті існуючих. Водночас, при виконанні робіт по очищенню листового і профільного металу на заготівельних ділянках і виробничих базах, виникає необхідність видаляти лакофарбові покриття, легку іржу та різні забруднення зі значно великих поверхонь. З метою підвищення продуктивності, якості виконання очисних операцій і поліпшення умов праці робітників, у КНУБА розроблена установка для очищення поверхонь в стаціонарних умовах (рис. 2).

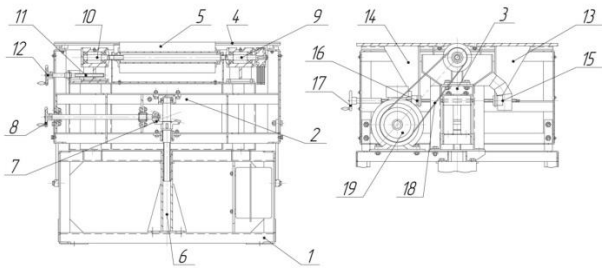



*Рисунок 2. Установка для очищення полімерно-абразивними щітками:*
*1 - нерухома рама; 2 - рухома рама; 3 - рама щіткового вала; 4 - стіл; 5 - щітковий вал; 6 - опора; 7 - конічна передача; 8, 12, 17 - штурвал; 9 - нерухома опора; 10 - рухома опора; 11 - гвинтова передача; 13, 14 - кронштейн; 15, 16 - втулка; 18 - клинопасова передача; 19 - електродвигун.*

Установка складається з основних вузлів: нерухомої рами 1, рухомої рами 2, рами щіткового вала 3, столу 4 і щіткового вала 5.

Нерухома рама 1 є зварною просторовою конструкцією з кутників. До рами 1 нерухомо прикріплена опора 6, яка входить до складу нерухомої рами 1 і опора 6 виконана у вигляді труби з фланцями для кріплення. У трубі всередині запресована втулка з трапецеїдальною різьбою. По краях рами є місця для кріплення напрямних. Вони є складовими частинами рухомої рами 2, котра також є зварною просторовою конструкцією з кутників. Усередині рухомої рами 2 встановлена конічна передача 7, швидкохідний вал виходить за рухливу раму 2 і на нього встановлений штурвал 8 вертикального переміщення стола 4. Тихохідний вал закінчується трапецеїдальною різьбою, що входить у втулку опори нерухомої рами 1.

Рама 3 щіткового вала виготовлена з кутників. На ній встановлена нерухома 9 і рухома 10 підшипникові опори. Рухома опора 10 встановлена на напрямній та переміщається за допомогою гвинтової передачі 11, привід якої здійснюється штурвалом 12. Між опорами встановлюється знімний робочий орган машини - щітковий вал 5.

Стіл 4 складається з двох взаємно розсувних плит. До плит знизу прикріплені кронштейни 13, 14 з втулками 15, 16, усередині яких запресовані гайки. У одній гайці виконана ліва, а в іншій - права різьба. Крізь гайки проходить гвинт 16 з штурвалом 17 на одному кінці. На гвинті 16 також виконано ліву та праву різьбу відповідно до ділянок, якими гвинт 16 проходить крізь гайки. Обертання гвинта 16 за допомогою штурвалу 26 розсовує або зближує між собою плити столу 4 відносно робочого органа - щіткового вала 5, який приводиться в обертальний рух за допомогою клинопасової передачі 18 від електродвигуна 19.

Щітковий вал 5 (рис. 3) складається з 34 одиничних полімерно-абразивних щіток 1 зовнішнім діаметром 125мм і посадочним діаметром 52мм, які встановлені на гільзу 2. Для жорсткої фіксації одиночних щіток 1 вони стискуються між собою фланцями 3, які нагвинчені на вал 4 за допомогою різьби. Від, можливого, розгвинчування фланці 3 фіксуються контргайками 5. Вал 4 симетричного виконання і на обох його кінцях виконано шліцьове з'єднання, за його допомогою щітковий вал 5 встановлюється в нерухому праву 9 і рухому ліву 10 підшипникові опори.

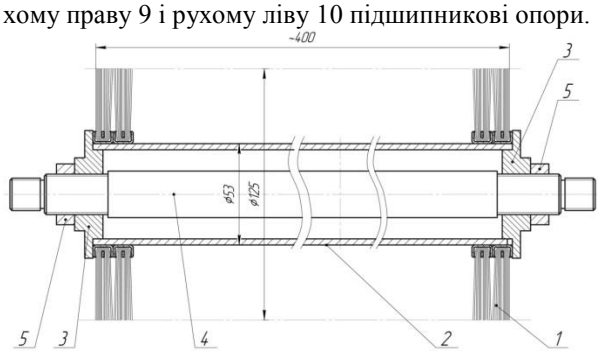



*Рисунок 3. Щітковий вал:*
*1 – одиночні полімерно-абразивні щітки; 2 - гільза; 3 - фланець; 4 - вал; 5 - контргайка.*

Установка для очищення полімерно-абразивними щітками (рис 2) працює таким чином. За допомогою штурвала 8 вертикального переміщення стола 4 встановлюється необхідне перевищення висоти волокон щіткового вала 5 над плитами столу 4 в межах 1.2мм. По мірі зносу волокон щіткового вала 5 висота столу 4 регулюється. Проміжок між волокнами щіткового вала 5 і плитами регулюється обертанням штурвала 17.

Для заміни щіткового вала 5, що зносився та встановлення нового, обертаючи штурвал 17 розсовуємо стіл 4, так щоб відстань між плитами була не менше 130мм. А обертаючи штурвал 12, відводимо рухому підшипникову опору 10 в крайнє ліве положення і витягаємо щітковий вал 5. Установка нового щіткового вала 5 виконується в порядку протилежному зняттю.

Технічна характеристика установки для очищення полімерно-абразивними щітками:

1. Максимальна ширина поверхні, що обробляється за один прохід, мм - 400
2. Частота обертання щіткового вала, $c^{-1}$ - 5040
3. Розміри одиночної полімерно-абразивної щітки, мм - 125x52x12
4. Допустиме зношення волокон щітки, мм - 20
5. Кількість поодиноких щіток на валу, шт. - 34
6. Потужність електродвигуна, кВт- 4
7. Число обертів електродвигуна, $c^{-1}$- 2880
8. Система живлення - змінний струм, В - 380/220
9. Габаритні розміри, мм:

довжина - 1030
ширина - 910
висота -890.
Маса, кг -300

## Висновок

Розроблена установка дозволяє очищати не лише листовий і профільний метал, але також використовується для очищення облицювальних плит з мармуру, граніту, кераміки, а також деревини. Потужність електродвигуна напряму залежить від кількості полімерно-абразивних щіток, а частота обертання щіткового вала та висота перевищення волокон над робочим столом - від матеріалу, який обробляється.

## Література


1. Абрашкевич Ю.Д., Смірнов В.М., Пелевін Л.Є., Рашківський В.П. Механізація трудомістких процесів. Навчальний посібник. – К.:КНУБА, 2006. – 180с.
2. Абрашкевич Ю.Д., Лещов Е.С., Оглоблинский В.А. Исследование механизма работы полимерно-абразивной щетки. Сборн.: Технология и механизация монтажа оборудования. – М.: Труды ВНИИмонтажспецстроя, 1985. с. 36-46.
3. Фурне Ф. Синтетические волокна. – М.: Химия, 1970. – 688с.
4. Голубев Ю.Т., Фадиев И.С., Рябиков П.В. Исследование процесса упрочняющей обработки титановых сварных соединений механическими щетками. Сборн.: Прогрессивные технологические методы повышения надежности и долговечности деталей машин и инструментов. – Куйбышев, 1980. с. 21-24.


УДК 666:941

*Рязанов А.Н., Винниченко В.И.*[1]

# ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗВЕСТИ ИЗ ДОЛОМИТА

Рост цен на топливо, подавляющую часть которого Украина импортирует, делает проблему его экономного расходования очень актуальной. С учетом их прогрессирующего роста стоит задача снижения энергоемкости промышленной продукции [1]. В настоящее время энергоемкость продукции, производимой в Украине, в 2.6 раза выше [2], чем в экономически развитых странах. Создание новых технологий и использование материалов, которые имеют меньшие затраты на эндотермические процессы, является актуальным направлением энергосбережения в производстве строительных материалов. В связи с этим представляет интерес производство извести из доломитового сырья. Из доломитов в настоящее время производят огнеупорные материалы для металлургической промышленности. ЧАО «Докучаевский флюсодоломитный комбинат» [3] использует так называемую щебеночную технологию, суть которой заключается в том, что стадиями технологического процесса при получении огнеупорных материалов являются: дробление, классификация исходного доломита на фракции, затем обжиг определенных фракций во вращающейся печи [4]. Оставшиеся после классификации фракции доломита (отсев) направляются в отвал. За время работы таких предприятий накоплено большое количество «отходов» - отсева мелких фракций доломитов, которые вывозятся в отвалы [5].

При обжиге доломита разлагаются карбонат кальция и карбонат магния [6]. Тепловой эффект реакции декарбонизации карбоната кальция на 1 кг $CaCO_3$ составляет 425 ккал. Тепловой эффект декарбонизации карбоната магния на 1 кг $MgCO_3$ – 334 ккал. При пересчете на 1 килограмм готового продукта – извести - теоретический расход тепловой энергии составит: кальциевая известь – 793 ккал, доломитовая известь – 692 ккал.

Фактический расход тепловой энергии по сравнению с теоретическим возрастает обратно пропорционально коэффициенту полезного действия теплового агрегата и коэффициенту, учитывающему влажность исходного материала. При условии равенства коэффициента полезного действия и исходной влажности можно сказать, что расход топлива на обжиг доломитовой извести меньше, чем расход топлива на обжиг кальциевой извести, ориентировочно на 12%. Нами выполнены лабораторные, полупромышленные и промышленные обжиги извести при использовании в качестве исходного материала доломита, отсева доломита и смеси доломита с отходами обогащения углей. Для исследований использован доломит фракции 10-20, отсев доломита ≤ 10 и отходы обогащения углей.

Химический состав исходных компонентов представлен в (табл. 1)


[1] Рязанов А.Н., Винниченко В.И.
Луганский национальный аграрный університет, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.

Таблица 1

Химический состав

| Вид материла | ППП | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $CaO$ | $MgO$ | $SO_3$ | $\Sigma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Фракция 10-20 | 45,92 | 2,15 | 0,60 | 0,52 | 29,83 | 20,53 | 0,40 | 99,95 |
| 2. Отсев | 42,81 | 6,37 | 0,85 | 1,21 | 28,89 | 19,02 | 0,55 | 99,70 |
| 3. Отходы обогащения углей | 15,80 | 48,77 | 9,35 | 18,98 | 1,83 | 1,20 | 4,06 | 99,99 |

Как следует из табл. 1, фракция 10-20 отличается от отсева наличием оксида кремния $SiO_2$ в значительно большем количестве. Массовая доля $SiO_2$ увеличилась ориентировочно в 3 раза.

Эксперименты проводили в три этапа:

- обжиг доломитового щебня,
- обжиг доломитового отсева,
- обжиг отсева доломита совместно с отходами обогащения углей.

После обжига в муфельной печи доломитового щебня сумма активных оксидов магния и кальция составляла – 90,13%, в том числе CaO – 52,28%, MgO – 37,85%. Известь строительная классифицируется по сортам [7] в зависимости от суммарного содержания оксидов кальция и магния в готовом продукте без добавок – не менее, %: 1 сорт – 85, 2 сорт -75, 3 сорт – 65. Поскольку суммарное содержание оксидов кальция и магния выше 85%, то данная известь соответствует требованиям существующих стандартов и классифицируется по 1 сорту.

Обжиг отсева доломита осуществлялся во вращающейся печи при температурах (980 - 1100) $^0$С. После обжига известь усреднялась и были отобраны пробы для выполнения химических анализов. Результаты фактического химического анализа средних проб доломитовой извести представлены в табл.2.

Таблица 2

Химический состав доломитовой извести

| Вид материала | ППП | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $CaO$ | $MgO$ | $CaO_{акт}$ | $MgO_{акт}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Известь | 1,80 | 11,56 | 1,50 | 2,09 | 49,90 | 33,38 | 41,82 | 33,38 |

Судя по фактическому химическому составу, полученная из отсева известь соответствует 2 сорту. В ее составе отмечается довольно значительное содержание оксида кремния $SiO_2$ (песка), что при использовании извести для производства строительных материалов не ухудшает качество последних.

Следующим этапом проведения исследований был обжиг смеси отсева доломита и отходов обогащения углей. Химический состав отходов обогащения углей (ООУ), представлен в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав отходов

| Вид материала | ППП | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $CaO$ | $MgO$ | $CaO_a$ | $MgO_a$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Отходы | 44,72 | 3,49 | 0,88 | 1,18 | 28,21 | 20,33 | | |

Поскольку применяемое оборудование и технологии обогащения углей являются устаревшими, то эти отходы содержат в своем составе по разным данным от 5 до 30 % угля и могут применяться для частичной или полной замены природных дорогостоящих видов топлива. На рис.1 показана предлагаемая технология. По этой технологии произведен обжиг отсева доломита с использованием ООУ в качестве заменителя топлива. Вращающаяся печь длиной 16м сначала разогревалась при помощи природного газа, а после достижения необходимой температуры работала в условиях самообжига.

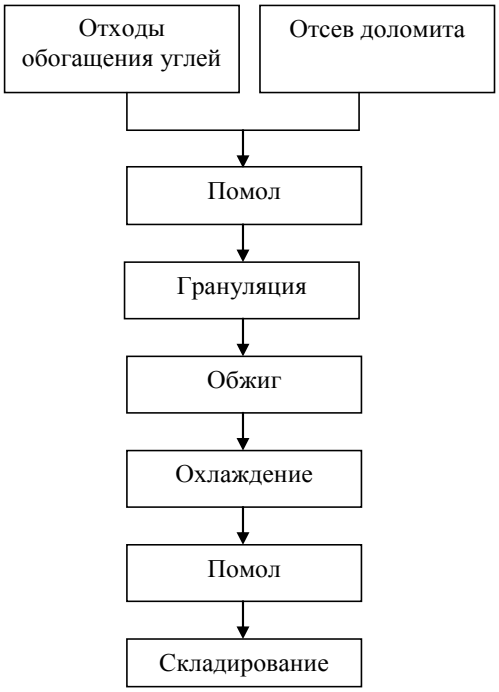



*Рис. 1 – технологическая схема*

Затворенные водой образцы показали прочность 200 кг/см$^2$.

## Выводы

1. В результате экспериментальных исследований установлено, что отсев доломита пригоден для получения извести 1 и 2 сорта.

2. Проверена в производственных условиях гипотеза получения доломитовых вяжущих из двух видов отходов: отсева доломита и отходов обогащения углей.

## Литература


1. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030р. Электронный ресурс:// mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/documen. (Обращение 04.04.2013).
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Электронный ресурс: //mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog. (Обращение 04.04.2013)
3. ЧАО «Докучаевский флюсо-доломитный комбинат»// http://www.dfdk.com.ua. (Обращение 25.12.2012)
4. Кайнарский И.С, Дегтярева Э.В. Основные огнеупоры, - М,:«Металлургия», 1974, - 367с.
5. Е.В.Єрмакова. Оцінка стану навколишнього природного середовища в районі розміщення Докучаєвського флюсо-доломітного комбінату й можливі шляхи її поліпшення. Донецьк: Доннту,-2000.-С.1-11.
6. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.:Стройиздат, 1986. С.70-99.
7. ДСТУ Б В.2.7-91-99. Вяжучі матеріали.


УДК 693.542.52-868

*Басараб В.А.*[1]

# ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ “МАШИНА-СЕРЕДОВИЩЕ”

*АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена огляду сучасної апаратури для дослідження фізичних процесів взаємодії машини та середовища. Наведено можливість використання сучасної аналогово-цифрової апаратури для реєстрації, запису та обробки інформації з ціллю отримання реальної фізичної картини явищ, що відбуваються в системі «машина-середовище”.*

***Ключові слова:*** *обробка інформації, цифрова система запису даних, фізична картина.*

*АННОТАЦИЯ. Статья посвящена обзору современной аппаратуры для исследования физических процессов взаимодействия машины со средой. Показана возможность использования современной аналого-цифровой аппаратуры для регистрации, записи и обработки информации с целью получения реальной физической картины процессов, происходящих в системе «машина-среда”.*

***Ключевые слова:*** *обработка информации, цифровая система записи данных, физическая картина.*

*ANNOTATION.The article presents an overview of modern equipment for investigation physical processes machine and environment interaction. It shows ability to use modern analog to digital equipment to register, recording and information processing to obtain a real physical picture of the "machine-environment" system phenomena.*

***Key word:*** *information processing, digital data acquisition system, physical picture.*

**Актуальність.** Складність фізичних процесів, що відбуваються за умов ударно-вібраційних технологій потребують цілого комплексу організаційних та технологічних заходів. Тип фізичного параметру, що потребує дослідження, характер протікання процесів, кількість сигналів, що реєструються та їх величина потребують вибору тієї чи іншої методики досліджень, вибору типу датчиків та апаратури а також систем обробки інформації [4,5,6]. Задача оптимального вибору вимірювально-реєструючої апаратури у відповідності до поставлених задач та технологічних вимог є актуальною та своєчасною.

**Викладення основного матеріалу.** Основними параметрами реєстрації ударно-вібраційних технологічних процесів є: амплітуда коливань $x$ (фазовий кут $\varphi$), швидкість коливань $\dot{x}$ (кутова швидкість $\omega$), прискорення $\ddot{x}$ (кутове прискорення $w$), частота $n$, напруження в зоні контакту робочого органу та середовища $\sigma$, переміщення шарів суміші $\Delta l$, швидкість розповсюдження хвиль деформації середовища $c$ та ін.



[1] Басараб В.А., к.т.н., завідуючий лабораторією КНУБА.

*Датчики фізичних величин.* Відзначимо основні типи датчиків та апаратури, що використовуються для дослідження вищенаведених систем.

Для вимірювання параметрів вібрації найбільш широкого застосування набули електричні та електромеханічні датчики. До них відносяться [1]: контактні перетворювачі, реостатні перетворювачі переміщення, тензометричні датчики, індукційні взаємоіндуктивні (трансформаторні) перетворювачі переміщень, ємнісні перетворювачі переміщення, електротахометричні, п'єзоелектричні, датчики Хола та ін.

*Використання тензометричних датчиків.* Застосування тензометричних датчиків для вимірювання параметрів вібраційних процесів є на сьогоднішній день одним з найпоширеніших методів. До переваг датчиків даного типу слід віднести високу точність вимірювання, чутливість, незначну інерційність а також невисоку вартість. Недоліком таких датчиків за з'єднанням по мостовій схемі є температурний дрейф нуля а також можливість виникнення збоїв при потраплянні вологи. Незважаючи на вказані недоліки ефективність використання тензометричного методу досліджень є безсумнівною [2].

*Апаратура реєстрації, запису та обробки інформації.* Для реєстрації та запису фізичних параметрів вібраційних процесів ($x$, $\dot{x}$, $\ddot{x}$, $\omega$, $f$, $c$, $\psi$ і т. ін.) існують різні типи вимірювальної апаратури. Сигнали з датчиків надходять, як правило, в аналоговій формі ($U$, $I$), тому необхідна апаратура для перетворення, запису а також відтворення сигналу. Класифікацію методів обробки інформації можна представити в наступній формі [3]:

- представлення у вигляді динамічної картини на екрані або у вигляді документа;
- запам'ятовування в натуральній формі на магнітній стрічці з послідуючою візуалізацією;
- розрахункові операції в аналоговій обчислювальній машині з послідуючим представленням результатів;
- представлення в цифровій формі за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), причому цифрові коди отримані з АЦП можуть бути безпосередньо оброблені в обчислювальній машині (ЕОМ) або можуть бути записані на носії інформації різних типів.

*Цифрові пристрої для запам'ятовування вимірювальної інформації* є найбільш ефективним засобом оперативного накопичення та представлення інформації про результати досліджень. Типовим представником цієї групи пристроїв є цифровий самописець мод. 7502 фірми "Брюль і К'єр". Він призначений для реєстрації та відтворення короткочасних процесів в аналоговій та цифровій формах. Цифровий самописець складається з пристрою для вибірки дискретних даних, аналогово-цифрового перетворювача, запам'ятовуючого пристрою, цифро-аналогового перетворювача а також системи управління. Ємність пам'яті пристрою запам'ятовування розрахована на 4096 біт і може бути збільшена за допомогою модулів розширення. Цифрові дані надходять безпосередньо на вхід перемикача, що з'єднаний з пристроєм запам'ятовування, аналогова інформація надходить в пристрій запам'ятовування через атенюатор, фільтр нижніх частот та аналогово-цифровий перетворювач, в якому відбувається перетворення аналогового сигналу в стандартні восьмибітові коди. Інформація надходить в пристрій запам'ятовування зі швидкістю, що визначається частотою тактового генератора.

Логічною послідовністю викладеного матеріалу є сучасні засоби дослідження фізичних процесів, засоби отримання та обробки інформації. На сьогоднішній день в світі існує велика кількість фірм та організацій, які займаються розробкою та виготовленням датчиків, апаратури, тестового обладнання та програмного забезпечення для розв'язання широкого спектру задач експериментальних досліджень та проектування систем управління технологічними процесами.

До фірм, що займаються розробкою та виготовленням датчиків параметрів вібрації слід віднести: Wilcoxon-Research (www. wilcoxon.com) (акселерометри, датчики швидкості), Metallux electronic (www. metalux.ch) (п'єзорезистивні датчики тиску), Brüel & Kjær's (www. bksv.com) (датчики вібрації, портативні віброметри, вібротестове обладнання), Honeywell, Motorola та ін.

Розробкою автоматизованих систем обробки інформації займаються фірми: Unholtz-Dickie Corporation (www. udco.com), TMC's ElectroDamp та ін.

До фірм, що займаються розробкою вібротестового обладнання слід віднести: MRAD-Corp, TMC's ElectroDamp, Monarch Instrument, Unholtz-Dickie Corporation, Prodera-Sys-Modal ® і Prodera-Win-Modal ®.

Широкий спектр систем автоматизованого керування, мікроконтролерів, відкритих промислових мереж та програмного забезпечення пропонує фірма Siemens-Simatic (www. siemens.ua), вітчизняна фірма Promsat (www. promsat.com), фірма Сатурн (www. Saturn-data.com). Промислові монітори пропонують фірми: Мікроприбор (www. micropribor.com.ua), Siemens (LCD монітори, промислові комп'ютери).

Для створення дослідно-експериментальних комплексів а також систем автоматичного керування широкого застосування набули різного типу та призначення контролери введення/виведення інформації (модулі, мікроконтролери, АЦП-ЦАП плати). Основні марки таких контролерів: PSA-04, ICP-7000, NuDAM-6000, ADAM-4000.

Компактні розміри модулів дають можливість здійснювати настінний монтаж або монтаж на DIN-рейці. Працюють з будь-яким джерелом енергії в діапазоні +10 до 30 Вольт.

Плати промислових комп'ютерів є основою для побудови серверів, робочих станцій та вбудованих додатків для інформаційних промислових систем. Основною відмінністю цієї лінії комп'ютерів є максимальне число виконуємих функцій за мінімальних габаритів. До переваг одноплатних комп'ютерів слід віднести:

– підвищені вимоги вібростійкості, ударної міцності, робочого діапазону температур;
– спеціальні способи компоновки, коли практично весь комп'ютер розташований на одній платі, і, як наслідок, малі габарити і можливість швидкої заміни при виході з ладу.

Необхідно відмітити, що більшість промислових комп'ютерів мають роз'єм для підведення напруг живлення, оминаючи системну шину. Тому вони можуть використовуватись автономно, як обчислювальне ядро різних спеціалізованих систем. Існує широкий спектр моделей на основі процесорів Intel, AMD та інших, починаючи від 486™ до багатоядерних процесорних систем відомих світових виробників, таких як Portwell inc., ADLink Technology Inc., Nexcom International Co. Ltd та ін. Короткі характеристики апаратури аналогово-цифрової обробки сигналів наведено в таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Основні характеристики апаратури аналогово-цифрової обробки сигналів**

| Тип пристрою | Основна характеристика |
|---|---|
| **NuDAM – 6017** | **8 – канальний модуль аналогового введення**<br>- протокол RS-485,<br>- 16-ти розрядний АЦП,<br>- робота з сигналами напруги/струму,<br>- гальванічна ізоляція 500 В,<br>- 6 диференційних і 2 однополюсних канала,<br>- захист від електрозавад і забруднення. |
| **PSA-04.11.0120.00.03** | **Контролер сигналів тензодатчиків (тензо-АЦП)**<br>- один аналоговий вхід для підключення тензодатчиків,<br>- діапазон вхідного аналогового сигналу 0...+10, мВ, 0...+20 мВ, 0...40 мВ, 0...80 мВ,<br>- вбудоване гальванічно ізольоване джерело живлення,<br>- напруга живлення: 5 В постійного струму,<br>- максимальний струм споживання тензодатчиків 100 мА,<br>- три гальванічно ізольованих дискретних входа або вихода,<br>- програмно задаваємі установки,<br>- інтерфейс передачі даних: RS-485, 232. |
| **SDI-ADS16(14)-32F** | **Прецизійний модуль АЦП-ЦАП з тензофункціями**<br>- 16-ти (або 14-ти) розрядний АЦП;<br>- 32 одиночних або 16 диференційних канала;<br>- частота перетворення до 83 кГц;<br>- буферна пам'ять 32 к слова;<br>- два 16-ти розрядних ЦАПа;<br>- 16 ТТЛ ліній на вхід, 16 ТТЛ на вихід з розв'язкою;<br>- 24 лінії введення-виведення без гальванорозв'язки;<br>- програмоване підсилення, синхронізація, таймер. |
| **NuPRO-595/596** | **Одноплатний промисловий комп'ютер**<br>- системна шина – PCI;<br>- тип процесора: Pentium, MMX/AMD K6/Cyrix M II;<br>- максимальна частота – 266/400/266 МГц;<br>- частота шини процесора – 66 МГц;<br>- системний чіпсет – Intel 82430 TX;<br>- максимальний об'єм ОЗУ, Мб – 128;<br>- тип ОЗУ 1DIMM Slot (SDRAM) PS 100;<br>- послідовні інтерфейси - 1×RS 232, 1×RS 232/422/485;<br>- паралельний інтерфейс 1×LPT/EPP/ECP;<br>- тип графічного інтерфейсу – VGA, LCD support;<br>- об'єм відеопам'яті – 2 Мб SDRAM;<br>- Ethernet –NuPRO – 595. |

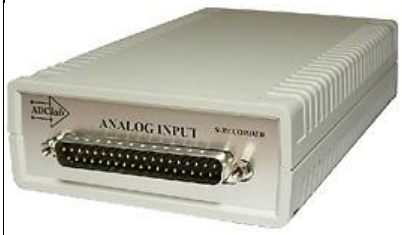
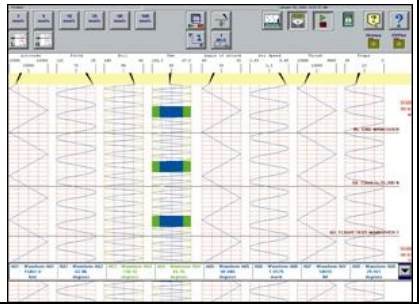
Перелік основних типів реєструючої апаратури наведено в таблиці 2.

*Таблиця 2*

**Характеристика основних типів реєструючої апаратури**

| Тип пристрою | Характеристика |
|---|---|
| **Dash 18x**<br> | **18 канальна портативна система реєстрації даних**<br>- сенсорний екран17", 1280×1024 пікселів;<br>- візуалізація та аналіз в режимі реального часу;<br>- вбудований жорсткий диск та CDRW або DVDRW;<br>- частота запиту даних 100 КГц на канал;<br>- універсальні ізольовані входи для однополярного або диференційного сигналу напруги (датчиків);<br>- ефективний фільтр (широкополосова фільтрація);<br>- 10/100 Base Ethernet для з'єднання з стаціонарним PC для перезапису, відтворення та аналізу даних;<br>- використання стандартних програмних пакетів для аналізу даних (Excel, DADISP, MathCAD);<br>- можливість підключення принтеру;<br>- можливість міжканальних математичних обчислень;<br>- Фур'є-аналіз даних жорсткого диска. |
| **Dash 8x**<br> | **Портативний записувач даних**<br>- 8 аналогових канала з частотою запису 200 кГц на канал;<br>- 4 петльових (двохкоординатних) канала з частотою запиту 10 мГц на канал;<br>- сенсорний екран;<br>- перегляд та аналіз даних в режимі реального часу;<br>- внутрішній жорсткий диск для запису даних;<br>- можливість конфігурування вхідних сигналів датчиків;<br>- наявність ефективних фільтрів сигналів;<br>- шина 10/100 Base Ethernet для прямого з'єднання з PC (перезапис та перегляд даних);<br>- Windows AstroVIEW підтримка для імпортування даних в PC та аналізу;<br>- аналіз за допомогою програмних пакетів: Excel, FlexPro, DADiSP і MathCAD;<br>- Фур'є – аналіз даних (вбудована функція);<br>- виведення даних на принтер (в режимі реального часу). |
| **Everest X - HSR**<br> | **Телеметричний записувач – робоча станція**<br>- 18″кольоровий дисплей;<br>- сенсорна панель інтерфейсу;<br>- переглядач і друк даних як в режимі реального часу так і в пам'яті;<br>- 32 аналогових або цифрових вхідних канала;<br>- віртуальна система архівації даних за умов відсутності друкарського паперу;<br>- Ethernet інтерфейс для команд і контролю;<br>- можливість друку як на чистому так і на трасованому (розміченому) папері. |
| **Astro DAQ Xe**<br> | **PC базована система запису даних**<br>- від 8 до 64 каналів синхронного запису;<br>- частота запиту даних – 200 кГц на канал;<br>- автоматизований стандартний тест;<br>- з'єднання з комп'ютером через порт USB 2.0;<br>- візуалізація в режимі реального часу;<br>- програмне забезпечення – AstroLinc Xe, Lab ViEW;<br>- аналіз за допомогою програмних пакетів: Excel, FlexPro, DADiSP і MathCAD, (ОС Windows);<br>- запис даних безпосередньо на 18 Гб-й жорсткий диск;<br>- можливість підключення принтеру;<br>- підключення термопар, датчиків тиску;<br>- можливість конфігурування вхідних сигналів датчиків. |

*Продовж. табл. 2*

| Тип пристрою | Характеристика |
|---|---|
| **Dash 2EZ** | **Двоканальний ручний записувач даних**<br>- сенсорний екран 5,7″, флеш-пам'ять (для запису даних);<br>- 3″ тепловий принтер для друку даних в режимі реального часу;<br>- 2 канали вимірювання з частотою запису 10 кГц на канал (Windows AstroVIEWX);<br>- можливість переносу даних з флеш-пам'яті в PC. Для детального аналізу, підключення тензодатчиків;<br>- програмне забезпечення для аналізу даних в PC (зум, Фур'є аналіз, фільтрація та конвертація даних): ASC II, Excel, DADISP, MathCAD. |
| **S-Recorder**  | **Цифровий багатоканальний самописець**<br>- підключається до USB порту і не потребує живлення;<br>- огляд, збереження і друк даних у вигляді графіків;<br>- можливість огляду даних в режимі реального часу;<br>- передача даних безпосередньо на жорсткий диск комп'ютера або ноутбука;<br>- можливість розширення числа каналів до 512 диференційних каналів за допомогою підключення зовнішніх мультиплексорів-підсилювачів AM-32RS;<br>- можливий варіант конструкції автосамописця з вбудованою FLASH – пам'яттю об'ємом 64 Мбайта;<br>- число каналів одинарних 32, диференційних 16. |
| **Software**  | **PC базована віртуальна програма відображення графіків на дисплеї в режимі реального часу**<br>- програмна підтримка Everest VDIS;<br>- можливість демонстрації кожного каналу окремо;<br>- виведення сітки для порівняння графіків;<br>- можливість конфігурації графіків по кожному каналу;<br>- системна база: Windows 98, Windows XP, Windows 2000. |

## Висновки

1. Огляд літературних джерел виявив доцільність дослідження сучасних засобів аналогово-цифрової обробки інформації з метою встановлення реальної фізичної картини явищ, що відбуваються в системі «машина-середовище".

2. Проведений аналіз програмних та апаратних засобів реєстрації, запису та обробки інформації дає можливість оптимального вибору або створення дослідницьких комплексів у відповідності до поставлених задач та технологічних вимог.

## Література


1. Агейкин Д.И. Датчики контроля и регулирования: справочник / Агейкин Д.И., Костина Е.Н., Кузнецова Н.Н. – М.: Машиностроение, 1965. – 928 с.
2. Баранов Д.С. Руководство по тензометрированию строительных конструкций и материалов / Д.С. Баранов, А.Б. Ренский. – М.: Стройиздат, 1971. – 240 с.
3. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах. Измерения и испытания / [под ред. М.Д. Генкина]. М.: Машиностроение, 1981. – Т.5. – 496 с.
4. Дейч А.И. Методы идентификации динамических объектов / А.И. Дейч. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
5. Игнатьев М.Б. Моделирование системы машин / М.Б. Игнатьев, Б.З. Ильевский, Л.П. Клауз. – Л.: Машиностроение, 1986. – 304 с.
6. Микишев Г.И. Экспериментальные методы в динамике космических аппаратов / Г.И. Микишев. – М.: Машиностроение, 1978. – 247 с.

УДК 339.03

*Гарнець С.В.*[1]

# МОЖЛИВОСТІ ПРИЛАДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ІЗ СУПУТНИКІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

***Анотація.*** *В даній статті дистанційне зондування землі представлено, як найбільш сучасний засіб проведення робіт з моніторингу земель сільськогосподарського призначення в Україні та обґрунтовується перспективність і доцільність досліджень в цьому напрямку.*

*Ключові слова: моніторинг, дистанційне зондування землі.*

***Аннотация.*** *В данной статье дистанционное зондирование земли представлено, как наиболее современный способ проведения работ по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения в Украине и обосновывается перспективность и целесообразность исследований в этом направлении.*

*Ключевые слова: мониторинг, дистанционное зондирование земли.*

***The summary.*** *In the article the remote sensing of ground is submitted, as the most modern way of realization of monitoring land for agricultural purpose in Ukraine. Also perspective and necessary of researches in this professional field is well-grounded.*

*Key words: monitoring, remote sensing of ground.*

**Вступ та постановка задачі.** У зв'язку з незадовільним станом обліку земель сільськогосподарського призначення в Україні, а також численними порушеннями у сфері землекористування виникає необхідність проведення постійного моніторингу таких земель. Моніторинг має проводитись сучасними засобами, одним з яких є дистанційне зондування землі (ДЗЗ), які давно використовуються в розвинених країнах світу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В сучасній вітчизняній та закордонній науковій літературі, періодиці та електронних ЗМІ чимало публікацій присвячено питанням використання технологій дистанційного зондування землі при проведенні моніторингу земель взагалі і питанням моніторингу земель сільськогосподарського призначення у тому числі.

Наприклад, в роботах [1, 3] та інших йдеться про численні переваги застосування дистанційного зондування землі (такі як: висока точність та швидкість виконання робіт, мобільність, здатність знімати масштабні і складні за конфігурацією ділянки та багато інших) при проведенні робіт з землеустрою і зокрема моніторингу земель.

Метою публікації є обґрунтування використання дистанційного зондування землі, як найбільш перспективного засобу дослідження землі і, відповідно, одного з самих передових, на сьогоднішній день, інструментів для проведення моніторингу земель взагалі і зокрема сільськогосподарського земель.

**Виклад основного матеріалу.** З перших років освоєння космічного простору однією з пріоритетних була задача дистанційного спостереження Землі. Перші регулярні зображення були отримані з борту американського супутника ERTS-1 (пізніше перейменований в Landsat - 1) в 1972 р. В даний час існує ряд супутникових систем, створених різними країнами і спрямованих на дослідження природних ресурсів. Дані, що одержують із супутників ДДЗ використовуються в різних напрямах моніторингу Землі, в тому числі, в інтересах вивчення стану сільськогосподарських земель. Найбільш широко використовуються для моніторингу рослинності ДДЗ у видимій, ближній ІЧ і середній ІЧ зонах електромагнітного спектра. Супутникові зображення в цих зонах спектру дозволяють ефективно відділяти зелену рослинність від інших типів земного покриву. Побудова систем моніторингу сільськогосподарських земель вимагає апріорних знань про спектральні відбивні властивості об'єктів, що спостерігаються. До таких об'єктів, в першу чергу, відносяться сільськогосподарські культури, що спостерігаються. Відбивні властивості сільськогосподарських культур досить добре вивчені за даними наземних і спостережень з літаків [6, 7]. Основними чинниками, що визначають відбивні властивості рослинності, є наявність хлорофілу та інших рослинних пігментів, будова листя і структура рослинного покриву. Вплив на результати вимірювань також надають геометричні умови спостереження і відображення підстилаючою поверхнею при неповному проективному покритті рослинним покривом.

Найважливішою характеристикою одержуваних ДДЗ є просторове розрізнення. Доступні ДДЗ можна розділити на чотири категорії відповідно до величини просторового розрізнення: дані низького розрізнення (~ 1 км), середнього розрізнення (150-300 м), високого розрізнення (20-80 м), надвисокого розрізнення (до 20 м).

Дані низького розрізнення (~ 1 км) знаходять широке застосування в моніторингу суші і океану. Ці дані відрізняє висока доступність (вільне розповсюдження або низька вартість) та можливість спостереження всій поверхні Землі з періодичністю близько однієї доби. До широко використовуваних даних низького просторового розрізнення відносяться зоб-



[1] Гарнець С.В., аспірант кафедри "Землевпорядкування і кадастру" КНУБА.

раження, одержувані знімальному системою AVHRR, встановленої на борту супутників серії NOAA, а також знімальною системою Vegetation з супутника SPOT-5.

Прилад AVHRR забезпечує проведення зйомки Землі у шести спектральних каналах з дозволом 1,1 км при спостереженні в надир. Так як одночасно на орбіті функціонують кілька супутників NOAA, періодичність зйомки будь території становить кілька годин. Передані дані можуть бути прийняті в оперативному режимі на стандартні антени, а архівні дані зйомки вільно розповсюджуються низкою урядових відомств і наукових організацій. Зокрема, Геологічна служба США забезпечує доступ до архівних даних за період починаючи з 1973 року.

Прилад Vegetation встановлений на борту французького супутника SPOT-5 веде зйомку в чотирьох спектральних каналах з розрізненням при спостереженні в надір 1,15 км. Відмінною особливістю приладу є краща у порівнянні з AVHRR геометрична точність суміщення спектральних каналів (0,1 км) та різночасових зображень (0,3 км). Дані зйомки вільно доступні для використання в наукових цілях і поширюються через Інтернет із затримкою три місяці. Зйомка приладом SPOT-5 - Vegetation ведеться починаючи з березня 1998 року.

В останні роки набувають все більшого використання супутникові прилади (Terra / Aqua-MODIS, Envisat-MERIS), які проводять зйомку поверхні Землі із середнім просторовим розрізненням (250-500 м). Особливістю зазначених приладів є наявність великого числа спектральних каналів, при цьому зйомка ведеться у вузьких спектральних зонах, шириною до 10 нм. Це дає можливість вести спостереження в смугах поглинання хлорофілу, води та інших важливих компонентів, підвищує достовірність розпізнавання об'єктів підстилаючої поверхні і оцінки їх стану за спектральним ознаками. Досить широка смуга зйомки вказаними приладами дозволяє спостерігати будь-яку точку земної поверхні з періодичністю 1-2 дні. Важливою особливістю використання зазначених приладів середнього просторового розрізнення в інтересах агромоніторингу є можливість спостереження окремих сільськогосподарських полів, розміри яких в зоні інтенсивного землеробства України, як правило, у кілька разів перевищують величину просторового розрізнення отримуваних даних, при одночасному забезпеченні досить високої частоти спостережень.

Скануючий радіометр середнього розрізнення MODIS розміщений на борту двох американських супутників, Terra і Aqua. Супутник Terra запущений в 1999 році, Aqua - в 2002 році. Дані спостережень поширюються вільно Геологічною службою США через Інтернет. MODIS забезпечує проведення зйомки в 36 спектральних каналах в діапазоні 0,4-14,4 мкм. Просторове розрізнення даних, одержуваних в червоному і ближньому ІЧ каналах, призначених для моніторингу рослинності, становить 250 м. Розробка такого роду гіперспектральних приладів середнього розрізнення є перспективним напрямком розвитку систем спостереження Землі. Супутники Terra і Aqua є експериментальними в рамках програми НАСА з побудови системи спостереження Землі (EOS). По завершенні роботи Terra і Aqua планується отримувати аналогічні дані в режимі промислової експлуатації розроблюваних в даний час супутників NPOESS.

Прилад MERIS встановлений на борту супутника Envisat, що належить ESA. MERIS веде зйомку в п'ятнадцяти спектральних каналах з просторовим розрізненням 300 м в діапазоні 0,4-1,05 мкм. Дані поширюються ESA в неоперативному режимі за спеціальними заявками для проведення наукових досліджень.

Зйомку поверхні Землі з високою роздільною здатністю веде цілий ряд супутникових систем. Найбільш широко використовуваною є серія супутників Landsat, на яких послідовно встановлювалися прилади MSS (Landsat - 1, 2, 3, 4, 5), TM (Landsat - 4, 5) і ETM+ (Landsat - 7). Найбільш сучасний прилад ETM+ має вісім каналів зйомки в діапазоні 0,4-13 мкм з дозволом 15-60 м. Періодичність зйомки складає 16 днів. Дані ETM+ поширюються на комерційній основі, проте досить великий набір архівних зображень, що мають глобальне покриття, поширюється вільно університетом штату Меріленд.

Прилад спостереження Землі МСУ-Е, послідовно діяв на ряді російських супутників (Ресурс - О, Ресурс - О1 і Метеор - ЗМ), забезпечує проведення зйомки з роздільною здатністю близько 40 м в трьох спектральних каналах діапазону 0,5-0,9 мкм. Знімальна апаратура чинного в даний час російського супутника Монітор-Е забезпечує проведення зйомки в чотирьох каналах спектрального діапазону 0,5-0,9 мкм при ширині смуги захоплення 160 км. Дані передбачається поширювати для задоволення потреб російських державних споживачів, а також іншим зацікавленим споживачам на комерційній основі.

Дані надвисокої роздільної здатності для моніторингу рослинності на регіональному та національному рівнях практично не використовуються. Такі дані в даний час неможливо отримувати з досить високою періодичністю при одночасному забезпеченні охоплення великих територій. Крім того, важливим фактором, що стримує широке і регулярне використання супутникових даних надвисокої роздільної здатності, є їх висока вартість.

Технічні характеристики приладів ДЗ, найбільш широко використовуваних для моніторингу сільського господарства, наведені в *Таблиці 1*. Використання ДДЗ для моніторингу сільськогосподарських земель ведеться з 70-х років минулого століття. Вибір даних того чи іншого приладу визначається особливостями завдання моніторингу. При проведенні глобального моніторингу використовуються супутникові прилади низького розрізнення, що дозволяють за короткий період отримувати дані на всю поверхню Землі, але не забезпечують можливості збору інформації на рівні окремих сільськогосподарських полів. Дані високого розрізнення зазвичай застосовуються для епізодичного моніторингу невеликих територій з високою просторовою деталізацією. Ці дані часто використовуються для проведення локальних досліджень або експериментів. Дані середнь-

ого розрізнення дозволяють вести спостереження з високою частотою і просторовим розрізненням, достатнім для спостереження великих сільськогосподарських полів.

Таким чином:

- **дані низького розрізнення** - можуть використовуватися для прогнозування врожайності на великій території і якісної оцінки стану посівів;
- **дані високого розрізнення** - можуть застосовуватися для цілей картографування посівів, визначення їх стану, прогнозу врожайності на локальному рівні;
- **дані середнього розрізнення** - можуть бути використані як для картографування посівів, так і для регулярного їх моніторингу.

З їх допомогою можна вирішувати завдання оцінки стану посівів і прогнозування врожайності. Можливості основних супутникових систем для моніторингу сільськогосподарських земель наведено в Таблиці 2.

Найбільш активними напрямками практичних розробок в області використання ДДЗ для моніторингу сільськогосподарських земель є:

- дослідження можливостей застосування ДДЗ для визначення площ і розміщення посівів культур;
- картографування використовуваних сільськогосподарських земель;
- прогнозування врожайності;
- моніторингу стану посівів;
- оцінки параметрів ґрунту;
- оцінки збитку, що наноситься зовнішніми чинниками (повені, засухи) посівам сільськогосподарських культур;
- оцінки фенологічних дат розвитку посівів;
- оцінки біомаси;
- інвентаризації та картографування земельних угідь;
- вивчення динаміки сільськогосподарського використання земель;
- контролю за проведенням агротехнічних заходів;
- вивчення систем землеробства.

Ефективне вирішення тематичних задач сільськогосподарського моніторингу, як правило, вимагає проведення попередньої обробки супутникових зображень. Зокрема, така обробка потрібна для виявлення пікселів, закритих хмарами, снігом, або зашумлених під впливом апаратних збоїв.

**Висновки.** Таким чином, використання даних дистанційного зондування Землі при проведенні моніторингу земель сільськогосподарського призначення та агроресурсів дозволяє вирішувати багатоцільові задачі в галузі землекористування, володіє багатьма перевагами порівняно з традиційними методами і, таким чином, є найбільш сучасним засобом проведення робіт з моніторингу земель сільськогосподарського призначення та агроресурсів в Україні, а подальші дослідження в цьому напрямку є перспективними і доцільними.

*Таблиця 1.*

**Характеристики основних супутникових систем ДЗ, що використовуються для вирішення задач сільськогосподарського моніторингу.**

| Прилад (супутник) | Спектральні канали і просторове розрізнення при зніманні в надір | Періодичність знімання, доб. | Доступність | Час функціонування | Адреса веб-сайту |
|---|---|---|---|---|---|
| AVHRR (серія супутників NOAA-1..17) | 0,58-0,68 мкм (1100 м) 0,73-1,00 мкм (1100 м) I, 58-1,64 мкм (1100 м) 3,55-3,93 мкм (1100 м) 10,3-11,3 мкм (1100 м) I I , 5-12,5 мкм (1100 м) | 1-2 | Вільне розповсюдження. | З 1973 р. В даний час працюють NOAA-12,15,16, 17. | http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html |
| Vegetation (SPOT-5) | 0,43-0,47 мкм (1100 м) 0,61-0,68 мкм (1100 м) 0,78-0,89 мкм (1100 м) 1,58-1,75 мкм (1100 м) | 1-2 | Вільно із затримкою у 3 місяці. Оперативні дані - на договірних засадах. | З березня 1998 р. | http://www.spot-vegetation.com/ http://www.vgt.vito.be/catalogue/catalogue.html |
| MODIS (Terra, Aqua) | 0,4-14,4 мкм 250 м ( 1-2 канали) 500 м (3-7 канали) 1000 м (8-36 канали) | 1-2 | Вільне розповсюдження. | З грудня 1999 р. (Terra) З травня 2002 р. (Aqua) | http://modis.gsfc.nasa.gov/ |
| MERIS (Envisat) | 0,4-1,05 мкм (300 м) | 2-3 | За попередніми заявками. | З 2000 р. | http://envisat.esa.int /mstruments/meris/ |
| MSS (серія супутників Landsat-1, 2, 3, 4, 5) | 0,5-0,6 мкм (80 м) 0,6-0,7 мкм (80 м) 0,7-0,8 мкм (80 м) 0,8-1,1 мкм (80 м) 10,41-12,6 мкм (237 м, тільки на Landsat-3) | 18 | На комерційних засадах. | Липень 1972 – січень 1978 (Landsat-1) Січ. 1975 - лют. 1982 (Landsat-2) Берез. 1978 - берез. 1983 (Landsat-3) Липень 1982 - Липень 2001 (Landsat-4) Берез. 1984 - серп. 1995 (Landsat-5) | http://landsat.gsfc.nasa.gov/ http://glcfapp.umiac.umd.edu |

*Продовж. табл.1*

| Прилад (супутник) | Спектральні канали і просторове розрізнення при зніманні в надір | Періодичність знімання, доб. | Доступність | Час функціонування | Адреса веб-сайту |
|---|---|---|---|---|---|
| TM (Landsat-4, 5) | 0,45-0,52 мкм (30 м) 0,53-0,61 мкм (30 м) 0,63-0,69 мкм (30 м) 0,75-0,90 мкм (30 м) 1,55-1,75 мкм (30 м) 10,4-12,5 мкм (60 м на ETM+, 120 м на TM и ETM) 2,09-2,35 мкм (30 м) 0,52-0,9 мкм (30 м, тільки на ETM и ETM+) | 16 | На комерційних засадах. | Липень 1982 - Липень 2001 (Landsat-4) 3 берез.1984 (Landsat-5) | |
| ETM (Landsat-6) | | | — | Втрачений при запуску (жовт.2005 р.) | |
| ETM+ (Landsat-7) | | | На комерційних засадах. | 3 квітня 1999 р. | |
| ПСА, РДСА (Монітор - Е) | 0,54-0,59 мкм (20/40 м) 0,63-0,68 мкм (20/40 м) 0,79-0,90 мкм (20/40 м) 0,51-0,85 мкм (5 м) | | На комерційних засадах. | 3 серпня 2005 р. | http://www.khrunichev.ru/khrunichev/live/full mka.asp?id=13192 http://www.ntsomz.ru/satellites/rus_satellites/monitor e |
| ›-3М) | 0,5-0,6 мкм (35 м) 0,6-0,7 мкм (35 м) 0,8-0,9 мкм (35 м) | | На комерційних засадах. | Грудень 2001 - листопад 2005. | http://www.roscosmos.ru/AddInfo/meteor-3m.asp http://www.ntsomz.ru/m3/m3m.htm |

*Таблиця 2*

**Основні можливості супутникових систем для моніторингу сільськогосподарських земель.**

| Напрямок моніторингу сільськогосподарських земель | Супутникові прилади для вирішення задач моніторингу сільськогосподарських земель | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Низьке розрізнення (біля 1000 м) | Середнє розрізнення (250-500 м) | Високе розрізнення (20-50 м) | Детальне розрізнення (1-5 м) |
| Картографування сільськогосподарських земель | | Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS | Landsat-TM/ETM+; Terra-ASTER; SPOT-HRV/HRV1R; Монітор–Е; IRS-USS | |
| Прогнозування врожайності | NOAA-AVHRR SPOT-Vegetation | Terra/Aqua-MODIS | Landsat-TM/ETM+; Terra- ASTER; SPOT-HRV/HRVTR; Монітор-Е IRS-LISS | |
| Картографування посівів | | Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS | Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS | |
| Оцінка стану посівів | | Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS | Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS | |
| Оцінка наслідків дії негативних факторів (заморозки, повені і т.п.) | | Terra/Aqua-MODIS | | |
| Точне землеробство | | | Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS | DCONOS Quick-Bird SPOT-HRG IRS-PAN |
| Оцінка біофізичних параметрів | | Terra/Aqua-MODIS Envisat-MERIS | Landsat-TM/ETM+ Terra-ASTER SPOT-HRV/HRVIR Монітор-Е IRS-LISS | |
| Оперативний моніторинг розвитку сільськогосподарських культур | | Terra/Aqua-MODIS | | |

## Література


1. *Р.М. Панас* «Основи моніторингу та прогнозування використання земель», м. Львів, «Новий світ – 2000», 2007 р.;
2. *Розпорядження Уряду Російської Федерації* від 30 липня 2010 р. №1292-р «О Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года.»
3. *Юрій Зайцев*, дійсний академічний радник Академії інженерних наук РФ, Стаття «Землі потрібна підтримка з космосу» (Електронний ресурс «Міжнародне життя», http://interaffairs.ru/read.php?item=404).
4. *В.В. Чудовець*, стаття «Удосконалення методичних підходів та документального забезпечення інвентаризації земель сільськогосподарського призначення».
5. *Муратова Н.Р.* Контроль севооборота пахотных земель северного Казахстана по данным TERRA/MODIS / Сб. науч. стат. Второй всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Муратова Н.Р., Султангазин У.М., Терехов А.Г., под ред. О.Ю.Лавровой, Е.А.Лупяна. – М.: GRANP polygraph, 2005. - С. 302-307.
6. *Барталев С.А.* Организация системы сбора и обработки спутниковых данных для мониторинга сельскохозяйственных районов / [Барталев С.А., Ершов Д.М., Лупян Е.А., Мазуров А.А., и др.] / Тез. Всеросс. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 2003. - С. 26.
7. *Нейштадт И.А.* Оценка площадей посевов сельскохозяйственных культур по данным дистанционного зондирования / Нейштадт И.А., Барталев С.А. / Тез. Конф. молодых ученых, поев, вопросам исследования и использования космического пространства в интересах фундаментальных наук, Москва, ИКИ РАН, 2005. - С. 30.


УДК 624.012.45: 624.046.2

*Козак О.В.*[1]

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРІЗІВ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ПОПЕРЕЧНОЮ СИЛОЮ

*АНОТАЦІЯ. Розглянуті основні методики розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних балок, виконані порівняльні чисельні розрахунки проміжної опори монолітної залізобетонної нерозрізної балки відповідно до розглянутих методів.*
*Ключові слова: похилі перерізи, поперечна сила, міцність, напруження на бетон.*
*АННОТАЦИЯ. Рассмотрены основные методики расчета прочности наклонных сечений железобетонных балок, выполнены сравнительные численные расчеты промежуточной опоры монолитной железобетонной неразрезной балки согласно рассмотренных методов*
*Ключевые слова: наклонные сечения, поперечная сила, прочность, напряжения на бетон.*
*SUMMARY. Discussed the basic methods for calculating the strength of the inclined sections of reinforced concrete beams, completed the comparative numerical calculations of the intermediate support reinforced concrete continuous beam according to the methods considered*
*Keywords: inclined sections, shear force, strength, post-tension.*

**Постановка проблеми**. На сьогоднішній день будівництво потребує як ефективної технології виробництва так і підвищення якості проектних рішень із раціональним використанням конструкцій та матеріалів. Грамотне проектування та конструювання залізобетонних конструкцій заключається в правильному виборі розрахункових моделей та конструктивних форм.

На відміну від проблем міцності нормальних перерізів згинальних елементів (в області якої виконано масу експериментальних досліджень та досягнуто принципово рішення щодо визначення несучої здатності по нормальним перерізам), напружено-деформований стан похилих перерізів залишається менш вивченим, підтвердження чого є відсутність єдиної методики розрахунку несучої здатності похилих перерізів, яка б враховувала всі фактори, які впливають на роботу залізобетонних елементів при одночасній дії згинального моменту, поперечної та поздовжньої сили.

Невирішеність проблеми опору дії поперечних сил, в одному випадку призводить до ускладнення армування та збільшення матеріалів, а в іншому випадку – до недостатньої міцності похилих перерізів проектованих конструкцій.

**Аналіз публікацій**. Методики розрахунку міцності залізобетонних елементів на дію поперечних сил розробляються з початку перших експериментальних досліджень та вдосконалюються по сьогоднішній день. Існує ряд пропозицій щодо розрахунку міцності похилих

[1] Козак О.В., аспірант (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ).

перерізів, які відрізняються не тільки окремими положеннями та кількісними співвідношеннями, а й принциповим підходом. В результаті, нормативні документи різних країн пропонують відмінні методики, результати розрахунків по яким суттєво відрізняються одні від одних.

Порівнявши методики розрахунку міцності похилих перерізів за українськими (ДБН В.2.6-98:2009[1] та ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [2], що відповідають міжнародним європейським нормам EROCODE-2 [3]), американськими (ACI 318-95 [4]) та російськими нормативними документами (СП 52-101-2003 [5]), можна виділити ряд принципових відмінностей:

- у нормативних документах України та Європи [1-3] розглядається стержнева модель, в той час як в Росії [5] – модель похилих перерізів;
- відповідно російським [5] та американським [4] нормативним документам загальна несуча здатність залізобетонного елемента за поперечною силою складається із суми граничних поперечних сил, що сприймається бетоном та поперечною (похилою) арматурою, а в українських та європейських нормативах [1-3] ці дві величини (поперечні сили, що сприймається бетоном та поперечною (похилою) арматурою) оцінюються незалежно одна від одної (тобто при недостатньому значенні опору зсуву бетону, прийнято, що поперечна розрахункова сила сприймається тільки поперечною (похилою) арматурою);
- у нормативних документах Америки [4] гранична поперечна сила, що сприймається бетоном, визначається залежно від співвідношення поперечної сили і згинального моменту, а в російських нормативних документах [5], значення даної складової залежить від проекції довжини похилої тріщини на поздовжню вісь елемента;
- на відміну від російських нормативів [5], несуча здатність бетону за поперечною силою, відповідно до [1-4], залежить від значення коефіцієнту армування перерізу поздовжньою розтягнутою арматурою, а українські та європейські нормативні документи [1-3] додатково враховують складову від попередньо напруженої арматури;
- у нормативних документах України та Європи [1-3] значення граничної поперечної сили, що сприймається поперечною арматурою, визначається на довжині пов'язаній із кутом між розтягнутими і стиснутими стержневими елементами, в американських документах [4] – на довжині, що рівна робочій висоті перерізу, відповідно російським нормативам [5] – на довжині проекції похилого перетину.

**Формулювання цілей статті**. Метою статті є порівняльний аналіз існуючих методик по розрахунку несучої здатності залізобетонних конструкцій за поперечною силою на основі порівняльного чисельного розрахунку вузла монолітної балки з колоною при однакових вихідних умовах відповідно нормативним документам [1-5].

**Виклад основного матеріалу.** Відповідно до нормативних документів[1-3] необхідність встановлення поперечної арматури визначається шляхом перевірки нерівностей:

$$V_{Ed} \le V_{Rd.c} \text{ або } \nu_{Ed} \le \nu_{Rd.c} \qquad (1)$$

де $V_{Ed}$ – розрахункова поперечна сила;

$V_{Rd.c} = \nu_{Ed} \cdot b_w \cdot d$ – поперечна сила, яка може бути сприйнята лише бетоном ребра перерізу;

$\nu_{Ed} = \dfrac{V_{Ed}}{b_w d}$ – розрахункове напруження зсуву в перерізі;

$\nu_{Rd.c}$ - розрахункова міцність перерізу бетону на зсув, армованого тільки поздовжньою арматурою.

Відповідно до [2], розрахункова величина опору зсуву бетону ($\nu_{Rd.c}$) визначається за наступною формулою:

$$V_{Rd.c} = \left[C_{Rd.c} k (100\rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d \qquad (3)$$

де $C_{Rd.c}$ – мінімальне значення міцності бетону на зсув;

$k = 1 + \sqrt{200/d} \le 2{,}0$;

$\rho_1$ – коефіцієнт армування поздовжньою розтягнутою арматурою в перерізі, де визначають $V_{Ed}$;

$f_{ck} = f_{ck,prism}$ – нормативне значення призмової міцності бетону;

$\sigma_{cp}$ – середнє напруження від обтиску перерізу поздовжньою силою N від зовнішніх навантажень, або силою натягу P від попередньо напруженої арматури.

При виконанні нерівностей (1), коли за розрахунком не вимагається поперечна арматура, мінімальне поперечне армування встановлюється відповідно конструктивним вимогам.

Якщо нерівності (1) не виконуються, то в похилих перерізах можливе утворення тріщин. Таким чином необхідно проводити розрахунок поперечної арматури. Нормативні документи [1-3] рекомендують проводити даний розрахунок методом фермової аналогії (рис. 1).

Площу вертикальної поперечної арматури визначають при умові, що кут нахилу стиснутих кісців фермової моделі може приймати значення в межах $21.8° \le \theta \le 45°$.

Цей кут залежить від максимально можливої міцності бетону конструкції на зсув $\nu_{Rd.\max}$, що в свою чергу залежить від розрахункової міцності бетону при стиску $f_{cd}$:

$$\nu_{Rd.\max} = f_{cd} \nu (\cot\theta + tg\theta)/(1 + \cot^2\theta) \qquad (4)$$

де $\nu = 0.6[1 - (f_{ck}/250)]$.

При будь-якому значенні кута $\theta$ повинна виконуватися нерівність:

$$\nu_{Ed} \le \nu_{Rd.\max} \qquad (5)$$

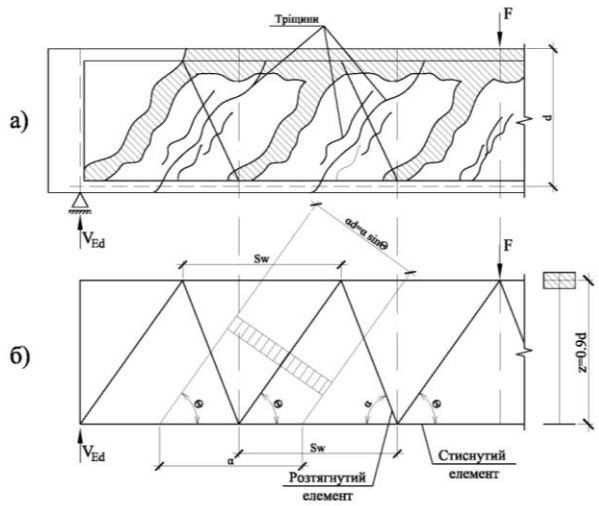



*Рис. 1. Розрахункова схема для визначення площі поперечної арматури методом фермової аналогії: а – схема утворення тріщин; б – фермова модель згинального елемента.*

При виконанні нерівності (5), площа поперечної арматури визначається при заданому кроці $s_w$ та $\cot\theta = 2.5$ $(\theta = 45°)$:

$$A_{sw} = \frac{V_{Ed} s_w}{z f_{ywd} \cot\theta} \qquad (6)$$

де $z = 0.9d$ – умовне плече внутрішньої пари горизонтальних сил;

$f_{ywd}$ - розрахунковий опір поперечної арматури на розтяг.

У випадку, коли нерівність (5) не виконується при $\cot\theta = 2.5$, то за формулою (4) визначають $v_{Rd.\max}$ при $\cot\theta = 1$. При збереженні нерівності (5) при $\cot\theta = 1$, уточнюють кут $\theta$:

$$\theta = 0.5\sin^{-1}\left[\frac{v_{Ed}}{0.2 f_{ck}(1 - f_{ck}/250}\right],$$

після чого за формулою (6) знаходять площу необхідної поперечної арматури при новому значенні кута $\theta$.

В американських нормативних документах [4] передбачається, що опір зрізу збільшується в зоні зосереджувальних навантажень або опорних реакцій, що викликають стиск. Розрахункове напруження зрізу визначається не на опорі, а на відстані від неї, що дорівнює значенню корисної висоти перерізу $d$ (рис. 3)

елементів $(V_u)$, відповідно до [4], визначається як алгебраїчна сума несучої здатності бетону $(V_c)$ та арматури $(V_s)$:

$$V_u = V_c + V_s \qquad (7)$$

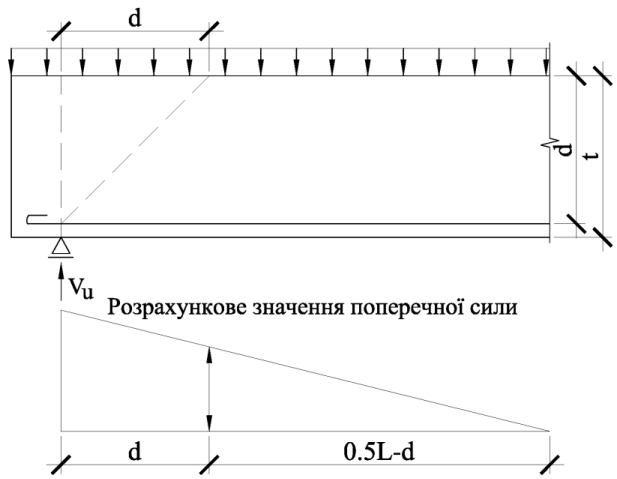



*Рис. 2. Визначення розрахункової поперечної сили за методикою [4].*

Несуча здатність бетону визначається:

$$V_c = v_c b_w d \qquad (8)$$

де $v_c = 1.9\sqrt{f_c^{'}} + 2500\rho_w \frac{V_u d}{M_u}$ – приведена міцність бетону в перерізі на зріз, що непрямо враховує нагельний ефект ( $f_c^{'}$ - циліндрична міцність бетону);

$\rho_w$ – процент армування поздовжньою арматурою розрахункового перерізу;

$M_u$ – несуча здатність нормального перерізу за згинальним моментом.

Розрахунок поперечної арматури необхідно проводити якщо:

$$\frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d} > v_c \text{ або } \quad V_u > \phi \cdot V_c \qquad (9)$$

де $V_u$ – розрахункова поперечна сила; $\phi = 0.85$– коефіцієнт пониження несучої здатності похилого перерізу.

Поперечна сила, що сприймається усіма видами вертикальної та похилої арматури, повинна задовольняти умову:

$$V_s \le 0,66 \cdot \sqrt{f_c^{'}} \cdot b_w \cdot d \qquad (10)$$

Поперечна сила, що сприймається тільки вертикальними стержнями:

$$V_{s.v} = \frac{A_v}{s} \cdot f_y \cdot d \qquad (11)$$

При застосуванні більш ніж одного виду поперечної арматури, необхідна її площа визначається як сума компонентів, що підраховувались незалежно один від іншого. Однак кожний тип поперечної арматури не повинен сприймати більше ніж 2/3 загальної поперечної сили, що сприймається всією поперечною арматурою.

Згідно російських нормативних документів [5], розрахунок міцності залізобетонних елементів за

поперечною силою проводять на основі моделі похилих перерізів.

Розрахунок похилих перерізів на дію поперечних сил проводять на основі рівняння рівноваги зовнішніх та внутрішніх поперечних сил, що діють в похилому перерізі з довжиною проекції $c$ на поздовжню вісь елемента. Внутрішні поперечні сили включають поперечну силу, що сприймає бетон в похилому перерізі та поперечну силу, що сприймає поперечна арматура.

Таким чином, аналогічно американським нормам [4], несуча здатність похилих перерізів залізобетонних елементів $Q$, відповідно до [5], визначається як алгебраїчна сума несучої здатності бетону ($Q_b$) та поперечної арматури ($Q_{sw}$):

$$Q \le Q_b + Q_{sw} \qquad (12)$$

Несуча здатність бетону по похилому перерізі визначається:

$$0.5R_{bt}bh_0 \le Q_b = \frac{\varphi_{b2}R_{bt}bh_0^2}{c} \le 2.5R_{bt}bh_0 \qquad (13)$$

де $\varphi_{b2}$ – коефіцієнт прийнятий 1.5; $R_{bt}$ – міцність бетону на стиск; $c \le 2h_0$ – довжина проекції похилого перерізу на поздовжню вісь елемента.

Несуча здатність поперечної арматури:

$$Q_{sw} = \varphi_{sw}q_{sw}c \qquad (14)$$

де $\varphi_{sw}$ – коефіцієнт прийнятий 0.75; $q_{sw}$ – зусилля в поперечній арматури на одиницю довжини елемента:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{S_{sw}} \qquad (15)$$

де $R_{sw}$ – опір поперечної арматури на розтяг; $A_{sw}$ – площа поперечної арматури в перерізі; $S_{sw}$ – крок поперечних стержнів.

Слід зауважити, що одним із найбільш невивченим фактором являється напружена арматура, вплив якої (на міцність похилих перерізів) в різних нормативних документах трактується по різному.

Так, відповідно українськими нормативним документам [1,2] (що відповідають міжнародним європейським нормам [3]), при визначені опору зсуву бетону $V_{Rd.c}$ (3), враховується складова середнього напруження ($\sigma_{cp}$=P/A) від обтиску бетонного перерізу силою натягу арматури P.

Американські нормативи [4] попереднє напруження враховують емпіричними коефіцієнтами при визначені величини міцності бетону (8). При наявності попередньо напруженої арматури приведена міцність бетону на зріз становить:

$$v_c = 0.6\sqrt{f_c^{'}} + 700\frac{V_u d}{M_u} \qquad (16)$$

Відповідно російським нормативним документам, ефект попереднього напруження, при визначені несучої здатності бетону по похилому перерізі, не враховується (13).

Особливу увагу, хотілося б звернути на конструкції із натягом арматури на бетон («post-tension»). Відмінність технології постнапруження від широко відомого попереднього напруження (здійснюваного в умовах заводу ЗБВ), полягає в тому, що напружувана арматура натягується після бетонування і набору бетоном достатньої передаточної міцності (приблизно 70-80% марочної міцності).

Для забезпечення можливість натягу арматури, після твердіння бетону, вона повинна мати можливість вільного переміщення в бетоні. Для цього напружувана арматура поміщується в канали (із металевих або пластикових труб). Передача зусиль на бетон здійснюється за допомогою встановлених на кінцях елементів анкерних пристроїв. Як правило, для попереднього напруження використовуються арматурні канати, що влаштовуються в конструкціях між верхньою й нижньою сіткою арматур відповідно до форми епюри згинальних моментів. При натягу канатів виникають напруження обтиску бетону (від сили натягу P, рис. 3) та розвантажувальне зусилля (реактивний тиск $q_{p1}$ та $q_{p2}$, рис.3), що змінює свій напрямок на опорах в нерозрізних конструкціях.

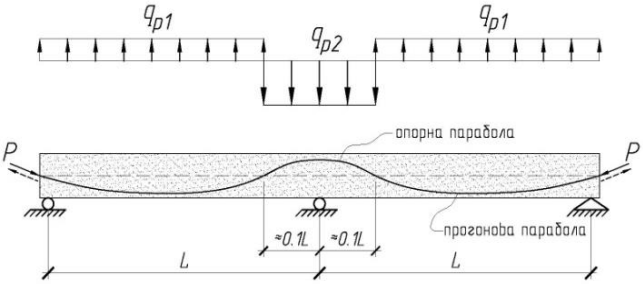



*Рис. 3. Схема розміщення криволінійного напружуваного канату (без щеплення з бетоном) в нерозрізній конструкції.*

Слід звернути увагу, що ні одні із розглянутих нормативних документів [1-5] не розглядають натяг криволінійної арматури на бетон, при якому виникає розвантажувальне зусилля (реактивний тиск $q_p$) та не враховують його вплив (реактивного тиску) на міцність залізобетонних елементів за поперечною силою.

Для порівняння чисельних значень міцності похилих перерізів за методиками [1-5], визначено несучу здатність проміжної опори нерозрізної монолітної залізобетонної балки (перерізом 200х150 мм), армованої двома плоскими каркасами. Поздовжня верхня (робоча) арматура балки - 2∅20 мм (А400С), нижня (конструктивна) - ∅6 мм (А240С), поперечна арматура - ∅4 мм (Вр-І) з кроком 150 мм. Результати розрахунків приведені в табл. 1.

**Висновки.** Провівши теоретико-розрахунковий аналіз розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних елементів відповідно нормативним документам

України [1-2], Європи [3], США [4] та Росії [5], можна зробити висновок, що підходи до визначення несучої здатності за поперечною силою значно відрізняються один від одного та враховують при цьому різні фактори. В свою чергу, результати чисельного розрахунку показали значну незбіжність між собою різних методик. Беручи до уваги отримані результати, вважаємо за необхідне провести ряд експериментальних досліджень вузлів монолітних нерозрізних балок, що дасть змогу порівняти експерементальні результати із теоретичними та запропонувати методику розрахунку міцності похилих перерізів із врахуванням усіх можливих факторів (в тому числі й попереднє напруження арматури з натягом на бетон), що підвищують або понижають несучу здатність за поперечною силою.

*Таблиця 1*

**Несуча здатність за поперечною силою розрахункової проміжної опори нерозрізної монолітної залізобетонної балки.**

| Згідно з [1-3] | | Згідно з [4] | | | Згідно з [5] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Несуча здатність бетону, $V_{Rd.c}$, кН | Несуча здатність поперечної арматури, $V_{Rd.w}$, кН | Несуча здатність бетону, $V_c$, кН | Несуча здатність попереч. арматури, $V_s$, кН | Загальна несуча здатність $V_u$, кН | Несуча здатність бетону, $Q_b$, кН | Несуча здатність попереч. арматури, $Q_{sw}$, кН | Загальна несуча здатність $Q$, кН |
| **26.78** | **19.62** | 34.34 | 8.77 | **43.11** | 18.25 | 11.97 | **30.22** |

## Література


1. ДБН В.2.6.-98:2009. Конструкції будівель та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
2. ДСТУ Б В.2.6.-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. МІНРЕГІОНБУД УКРАЇНИ. К:2011 р.
3. EN 1992-1-1-2004: Eurocode 2: Design of concrete structures.-Part 1-1: General rules and rules for buildings.
4. ACI 318-95
5. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения. М.2003.
6. Мурашко Л.А., Колякова В.М., Сморкалов Д.В.. Розрахунок за міцністю перерізів нормальних та похилих до поз-довжньої осі згинальних залізобетонних елементів за ДБН В.2.6-98:2009: Навчальний посібник.-К:КНУБА, 2012.-62с.
7. Мурашко Л.А. Кінаш Р.І., Левчич В.В. Розрахунок міцності залізобетонних згинальних елементів за закордонними нормами. Навчальний посібник.-Львів. Видавництво Львівського університету «Львівська політехніка». 1999.-495с.

УДК 621.879.324

*Пенчук В.А., Пенчук В.В., Еременко Г.Б.*[1]

# ОСОБЕННОСТИ ГРУЗОВЫСОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КРАНОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СПЕЦИФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*Резюме. Для повышения эффективности производства спасательных работ требуются восстановительные машины, способны функционировать в различных специфических условиях. Подобной машиной является железнодорожный кран с опорами двухстороннего действия.*

**Актуальность работы.** В большинстве случаев ликвидация последствий аварий на железной дороге затрудняется или становится вовсе невозможной в связи с недоступностью применения спасательной техники, а именно железнодорожных кранов, которые являются основными машинами, которые используются МЧС Украины. Большое распространение железнодорожные краны получили благодаря высокой производительности и высокой надежности работы.

**Анализ публикаций.** Вопросами устойчивости самоходных стреловых кранов, а в частности железнодорожных, занимались многие известные ученные теоретики и инженеры производственники.

В работах [2] и [8] рассматривалось развитие теории и метода расчета устойчивости самоходных стреловых кранов по предельным состояниям, а в работе [5] - устойчивость мобильных грузоподъемных машин при ненормируемых внешних воздействиях. В исследованиях [6] было изучено влияние конструкции и характеристик грунтов земляного железнодорожного полотна на выбор основных параметров выносных опор путевых машин.

**Целью работы** является разработка методологии повышения грузовысотных характеристик железнодорожных кранов для специфических условий.

**Основной материал.** В настоящее время железнодорожные краны в основном работают как свободно стоящие машины. Их устойчивость обеспечивается весом машины и размером опорного контура. Размер опорного контура на момент подъёма тяжелых грузов увеличивается в 2..3 раза за счет выносных опор, поэтому и имеются две грузовысотные характеристики, представлены на рис. 1.

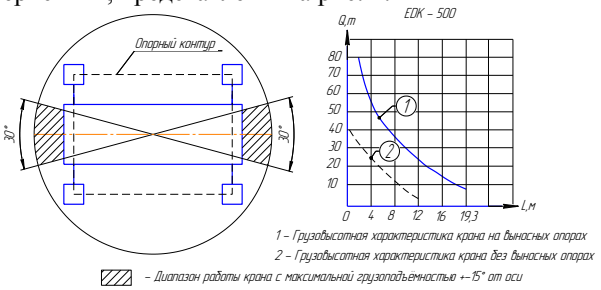



*Рис. 1. Грузовысотные характеристики крана EDK – 500.*

В специфических условиях (при авариях на железной дороге) часто выдвижение выносных опор практически не возможно. Обеспечить грузовысотные характеристики крана в таких условиях возможно за счет его стабилизации на рельсовом пути выносными якорными опорами. Несущая способность якорных опор позволяет резко увеличить удерживающий момент и тогда грузоподъемность будет описываться таким уравнением:

$$Q(L) := \frac{G_{пп}\cdot\left(\frac{B_{оп}}{2}+l_1\right)+G_{нп}\cdot\frac{B_{оп}}{2}-G_{стр}\cdot\left(c+\frac{L-c}{2}-\frac{B_{оп}}{2}\right)-K_{зу}\cdot\frac{W_i\cdot Y_i}{g}+P_я\cdot l_я}{K_{зу}\cdot 1.05\cdot\left(L-\frac{B_{оп}}{2}\right)\cdot\left(1+\frac{a_{гр}}{g}\right)}$$

В работах проф. Пенчука В.А. [7] докладно описана возможность создания опор заданой несущей способности при опирании на грунтовое основание. Требуемая несущая способность в этом случае обеспечивается за счет двух факторов:

- возможности оперативного определения $P^i_{нес}$ с некоторым i – наконечником и диаметром лопасти $D_i$
- снабжение опоры n – комплексом наконечников с различными диаметрами.

Так как авария на железной дороге может произойти в различных условиях, то прочность основания вокруг железной дороги может быть: талым, обводнённым, пучинистым или мерзлым грунтом, бетоном или прочной породой.

Предлагается конструкция выносной якорной опоры обеспеченной как механизмом бурения прочных пород и бетона, так анкерами и сваями для закрепления в данное основание.

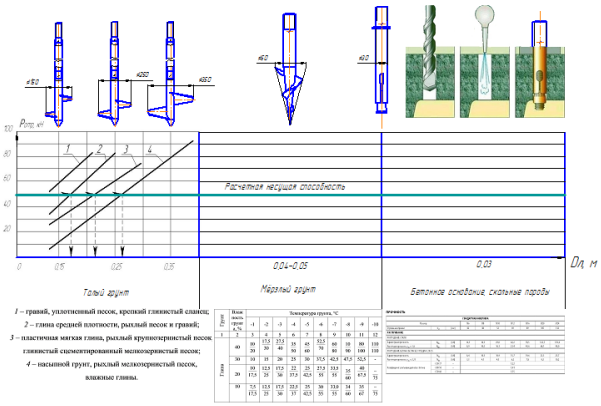



*Рис. 2. Расчетная несущая способность опоры двухстороннего действия.*

Исходя из предлагаемой конструкции, грузовая характеристика модернизируемого крана представлена на рис. 3



[1] Пенчук В.А., Пенчук В.В., Еременко Г.Б.
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.

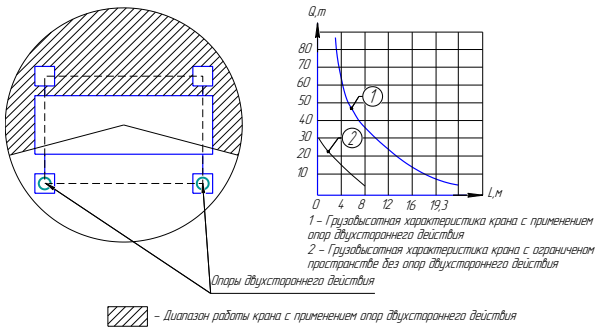



*Рис. 3. Грузовысотные характеристики крана EDK – 500 с применением опор двухстороннего действия.*

## Выводы

1. Системный анализ характеристик существующих железнодорожных кранов показал, что практически все они устанавливаются на выносные опоры. Опорный контур составляет 7,83х7,5 м, 5,98х5,2 м, 6,5х4,4 м, 4,3х13,47 м. Практически все краны имеют крутопадающие характеристики.

2. Проанализированы наиболее характерные аварии на железной дороге нужно отметить, что практически во всех случаях отсутствует возможность установки крана на все четыре опоры, что затрудняет ведение спасательных работ. Иногда практически невозможно применить железнодорожный кран из условий его устойчивости.

3. Разработан алгоритм повышения грузоподъёмных характеристик железнодорожных кранов с учетом применения винтовых опор с двухсторонними связями с грунтовым основанием, позволяющего для конкретного крана определить требуемую несущую способность для каждой из опор.

4. Предложенная конструкция опоры обеспечивающая двухстороннюю связь с грунтовым основанием на базе типового гидроцилиндра. Она является простой в исполнении и надежной в работе в различных грунтовых условиях.

## Литература

1. Долицкий Е.А. Расследование крушений и аварий на железнодорожном транспорте. М.,2009. - 321 с.
2. Зарецкий А. А. Развитие теории расчета грузоподъемных кранов по предельным состояниям: Дис. … докт. техн. наук : 05.05.05/ Зарецкий Анатолий Абрамович. - Москва, 1982. – 184с.
3. Кочеткова К.Е., Котляревский В.А., Забечаева А.В. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий: Учебное пособие. - М.: АСВ, 2007. - 210 с.
4. Козлов М.В. Методы и технические средства обеспечения устойчивости мобильных грузоподъемных машин / Восьмая межвузовская конференция студентов и молодых ученых "Подъемно-транспортные, строительные, путевые машины". М.: МГСУ, 2004 г. С. 32.
5. Козлов М. В. Устойчивость мобильных грузоподъемных машин при ненормируемых внешних воздействиях: Дис. … канд. техн. наук : 05.02.13/ Козлов Максим Владимирович. – Тула, 2006. – 165с.
6. Попов Д. Е. Влияние конструкции и характеристик грунтов земляного железнодорожного полотна на выбор основных параметров выносных опор путевых машин: Дис. … канд. техн. наук : 05.22.06/ Попов Дмитрий Евгеньевич. – Санкт -Петербург, 2006. – 218с.
7. Пенчук В.А. Винтовые сваи и анкеры для опор : [Монография] – Донецк: «НОУЛИДЖ», 2010. – 179 с.
8. Семенов Ю. Е. Развитие метода расчета устойчивости стреловых кранов по предельным состояниям: Дис. … канд. техн. наук : 05.05.04/ Семенов Юрий Евгениевич. – Тула, 2001. – 204с.

УДК 629.113-585.862

*Рыбалко И.Ф.*[1]

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ «ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ-ДОРОГА»

*АНОТАЦІЯ. Розглянутий модуль є модифікованим і є основою для включення в математичну модель транспортного засобу коефіцієнтів опору коченню і опору потоку повітря, як функцій від параметрів, що характеризуються динамікою руху автомобіля, що дозволить у більшій мірі аналізувати вплив на реальний автомобіль факторів з боку середовища експлуатації.*

*АННОТАЦИЯ. Рассмотренный модуль постоянно модифицируется и следующим шагом будет включение в математическую модель транспортного средства коэффициентов сопротивления качению и сопротивления потоку воздуха, как функций от параметров, характеризующихся динамикой движения автомобиля, что позволит в большей степени анализировать влияние на реальный автомобиль факторов со стороны среды эксплуатации.*

*SUMMARY. Considered module is modified and is the basis for inclusion in the mathematical model of the vehicle rolling resistance coefficient of resistance and air flow as functions of the parameters that characterized the dynamics of the vehicle, allowing a greater extent analyze the impact on the real vehicle factors of the environment of operation.*

На сьогоднішній день при постійному розвитку комп'ютерних та інформаційних технологій, стає можливим за допомогою персонального комп'ютера створювати і у лічені секунди вирішувати достатньо трудомісткі програми (програмні комплекси) та розрахункові модулі, маючи при цьому високий ступінь точності одержуваних результатів і малу ймовірність помилки.

Перед автомобілебудуванням, як складовою частиною транспортної системи країни, на сьогоднішній день постають актуальні питання підвищення тягового зусилля, вантажопідйомності, рівня комфорту і безпеки, зменшення осьового навантаження і витрати палива, а також поліпшення екологічних показників автомобілів.

Очевидним є те, що практичні рішення поставлених завдань втілюються в життя на основі теоретичних досліджень і розрахунків.

Ґрунтуючись на стандартному методі розрахунку автомобіля [1] було створено розрахунковий модуль у табличному процесорі Microsoft Excel, що дозволяє всебічно розглядати динамічну систему «автомобіль-дорога». Модуль складається з восьми блоків: тяговий баланс і швидкість руху, аналіз сил опору руху (рис. 1), динамічний паспорт, прохідність, гальмування, стійкість, продуктивність, витрата палива. Крім того, виконується аналіз динаміки розгону автомобіля, методом аналітичного визначення часу і шляху розгону в заданому інтервалі швидкості, згідно описаної в літературі [2] методиці. На підставі створеної моделі «автомобіль-дорога» визначається диференціальна залежність оптимального режиму роботи двигуна від умов, в яких експлуатується транспортний засіб, забезпечуючи оптимальне сполучення екологічного ефекту, необхідної потужності і моторесурса.

Розрахунковий модуль є універсальним і може бути повною мірою орієнтований на розрахунок характеристик транспортних засобів починаючи від магістральних автопотягів і закінчуючи легковими автомобілями. Для проведення комплексного аналізу необхідно мати достатню кількість даних щодо виду транспортного засобу, який підлягає розрахунку, серед яких докладні відомості про геометрію двигуна, паливо, процеси горіння у циліндрах, потужність, моменти на валу двигуна, передатні відносини і моменти інерції трансмісії, тип прохідності, геометрію і тип гальмівної системи, закони розподілу маси автомобіля, геометрію кузова, дорожні умови і т.і. [3].

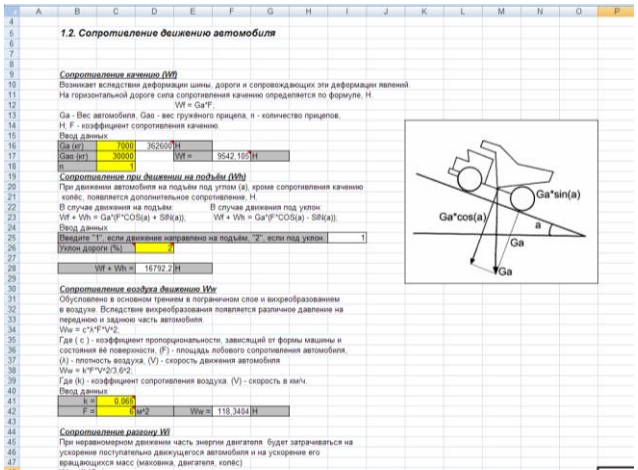



*Рисунок 1. Фрагмент розрахункового модуля (блок «Опір руху автомобіля»).*

Таким чином, змінивши необхідні параметри автомобіля в його математичній моделі, ми миттєво одержимо відомості про наслідки такої модифікації. Також можливе і розв'язання зворотного завдання – вибір обраних характеристик автомобіля при заданих умовах експлуатації.

Однією з особливостей розрахункового модуля є те, що в ньому може використовуватися аналітичний метод визначення часу розгону автотранспортного засобу.



[1] Рыбалко И.Ф., к.т.н., доцент, УИПА.

Відомо, що певну складність викликає розрахунок при виконанні тягово-експлуатаційного розрахунку автомобіля часу розгону автотранспортного засобу, при цьому необхідно побудувати графік зворотних прискорень, що пов'язує їх величину зі швидкістю руху. Залежність представляє собою сукупність кривих, число яких відповідає кількості передаточних варіантів трансмісії (Приклад залежності для 5-ти ступінчастої КПП на рисунку 2). Площа під цими графіками (Т на графіку) і буде являтися часом розгону по передачі, як наслідок, сума усіх Т – загальний час.

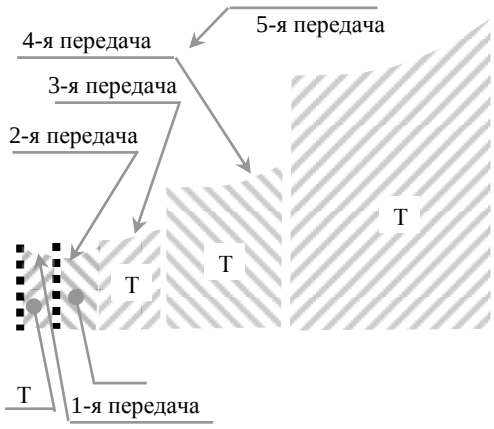



*Рисунок 2. Графік зворотних прискорень АТЗ*

Для оцінки динаміки розгону АТС наряду с величинами прискорень використовують наступну залежність: $V = f(t)$; - швидкості руху АТЗ при розгоні від часу. Надалі задача полягає в тому, щоб знайти площу під кожною кривою (рисунок 2), а потім, просумувавши їх, визначити загальний час розгону АТЗ.

Як відомо, прискорення АТЗ визначає залежність [1]:

$$j = \frac{dV}{dt} = g\left(\frac{D-\psi}{\delta}\right);$$

Для рисунку 2 залежність буде наступною:

$$\frac{1}{j} = \frac{dt}{dV} = \frac{\delta}{g(D-\psi)}; \qquad (1)$$

Кожна крива визначається даним рівнянням з точністю до передавального числа $i_k$. Як наслідок, якщо про інтегрувати цю функцію, отримаємо площу криволінійної трапеції, яку зверху обмежує задана крива, знизу вісь швидкості, а зліва й справа – нижній (Vmin) і верхній (Vmax), відповідно, межі швидкостей по кожній передачі КПП (рисунок 3).

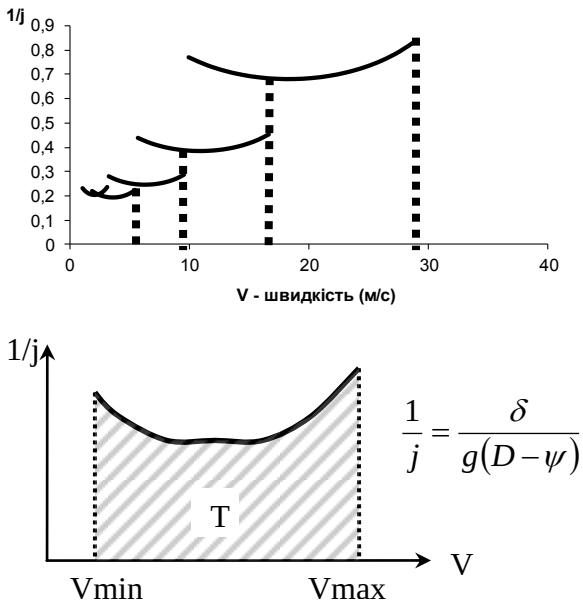



*Рисунок 3. Довільна крива зворотнього прискорення.*

На рисунку 3 чітко видно межі інтегрування – швидкості початку і кінця розгону по n-му передавальному співвідношенню трансмісії. Т – іскомий час, за який розженеться АТЗ від Vmin до Vmax. Виходячи з графіку [1]:

$$T_N = \int_{V\min}^{V\max} \frac{dV}{j}; \qquad (2)$$

$$T_{ОБЩЕЕ} = \sum_{I=1}^{N} \int_{V\min}^{V\max} \frac{dV}{j}; \qquad (3)$$

Але, як видно з формули 1, V там немає. Перетворимо 2 в пряму залежність від V.

Розглянемо формулу 1:

$$D = \frac{P_k - W_w}{G_a};$$

$$n = \frac{i_k i_o V}{r0.377}; \ \delta = 1 + 0.04 + 0.06 \times i_k^{\ 2}$$

$$P_k = M_e i_k i_o \eta;$$

$$W_w = \frac{kFV^2}{3.6^2}; \ Me = 9554\frac{N_e}{n};$$

$$N_e = N_{e\max}\left(a\frac{n}{N} + b\left(\frac{n}{N}\right)^2 - c\left(\frac{n}{N}\right)^3\right);$$

де $D$ - динамічний фактор, Ψ – коефіцієнт дорожнього опору, δ – коефіцієнт урахування мас, що обертаються, $P_k$ – тягове зусилля, $W_w$ – опір повітряного середовища, $G_a$ – маса АТЗ (const), $i_k$ – передавальне число КПП, Ме – крутний момент, що

розвивається двигуном, $i_o$ – передавальне число редуктора головної передачі, η – ККД трансмісії АТЗ, k – коефіцієнт обтікання, F – лобова площа АТЗ, $N_e$ – ефективна потужність двигуну, n – число обертів двигуну при $N_e$, $N_{e\max}$ – максимальна ефективна потужність, (a, b, c) – коефіцієнти, що залежать від типу двигуну, N – номінальна частота обертання колінчастого валу, r – динамічний радіус ведучого колеса. Величини Ga, δ, g, $i_k$, $i_o$, η, $N_{e\max}$, N, r, Ψ, k, F є константами, оскільки вони в процесі руху не змінюються.

В результаті перетворень отримали пряму функцію часу від швидкості:

$$T=\int\frac{dVG_a\delta g^{-1}}{\frac{3601.9r\eta}{VN_{e\max}^{-1}}\left(\frac{ai_ki_oV}{r0.377N}+b\left(\frac{i_ki_oN^{-1}}{r0.377}\right)^2V^2-c\left(\frac{i_ki_oN^{-1}}{r0.377}\right)^3V^3\right)-\frac{kFV^2}{13}-\psi G_a}; \quad (4)$$

Проінтегруємо, попередньо згрупувавши постійні:

$$Q=\frac{N_{e\max}ai_ki_o\eta 3601.9}{N0.377};\ S=\frac{kF}{13};$$

$$P=\frac{N_{e\max}ci_k{}^3i_o{}^3\eta 3601.9}{N^3 0.377^3 r^2};$$

$$Z=\frac{N_{e\max}bi_k{}^2i_o{}^2\eta 3601.9}{N^2 0.377^2 r};$$

$$E=\frac{G_a\delta}{g};\ H=\psi G_a;$$

Перепишемо функцію з урахуванням перетворень:

$$T=E\int\frac{dV}{Q+ZV-PV^2-SV^2-H};$$ - пряма залежність T от V.

Приступимо до інтегрування:

$$E\int\frac{dV}{Q+ZV+V^2(-P-S)-H}=\left|\begin{matrix}\alpha=-S-P\\ \beta=Q-H\end{matrix}\right|=E\int\frac{dV}{\alpha V^2+ZV+\beta}=\left|D=\left(\frac{Z}{\alpha}\right)^2-4\frac{\beta}{\alpha}\right|=$$

$$=\left|\begin{matrix}V_1=\frac{1}{2}\left(-\frac{Z}{\alpha}-\sqrt{D}\right)\\ V_2=\frac{1}{2}\left(-\frac{Z}{\alpha}+\sqrt{D}\right)\end{matrix}\right|=\frac{E}{\alpha}\int\frac{dV}{(V-V_1)(V-V_2)}=\frac{E}{\alpha}\int\left(\frac{A}{(V-V_1)}+\frac{B}{(V-V_2)}\right)dV=$$

$$=\frac{E}{\alpha}\int\left(\frac{A(V-V_2)+B(V-V_1)}{(V-V_1)(V-V_2)}\right)dV=\left|\begin{matrix}A=\left(1/(V_1-V_2)\right)\\ B=\left(1/(V_2-V_1)\right)\end{matrix}\right|=\frac{E}{\alpha}\int\left(\frac{1}{(V_1-V_2)(V-V_1)}\right)dV+$$

$$+\frac{E}{\alpha}\int\left(\frac{1}{(V_2-V_1)(V-V_2)}\right)dV=\frac{E}{\alpha(V_1-V_2)}\int\frac{dV}{(V-V_1)}+\frac{E}{\alpha(V_2-V_1)}\int\frac{dV}{(V-V_2)}=$$

$$=\frac{E}{\alpha(V_1-V_2)}\ln|V-V_1|\Big|_{V\min}^{V\max}+\frac{E}{\alpha(V_2-V_1)}\ln|V-V_2|\Big|_{V\min}^{V\max};$$

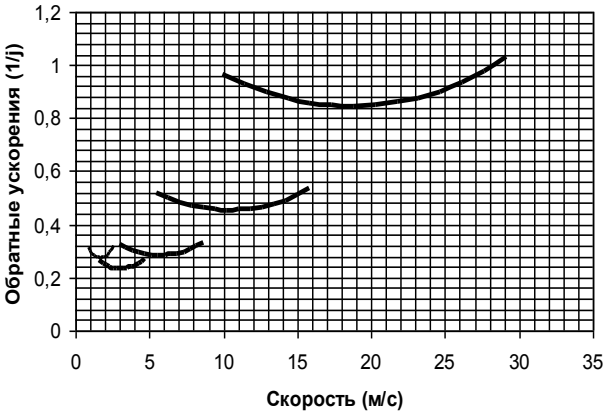
Виконаємо заміну констант:

$$l=\frac{E}{\alpha(V_1-V_2)};$$

Запишемо готову формулу для розрахунку часу розгону по n-й передачі:

$$T_N=l\ \ln|V-V_1|\Big|_{V\min}^{V\max}-l\ln|V-V_2|\Big|_{V\min}^{V\max};$$

Запишемо формулу розрахунку часу розгону АТЗ по всіх передачах КПП:




$$T_{ПОЛНОЕ}=\sum_{I=1}^{N}\left(l\ \ln\frac{|V-V_1|}{|V-V_2|}\Big|_{V\min}^{V\max}\right); \quad (5)$$

*Рисунок 4. Зворотні прискорення потягу із тягачем МАЗ-504.*

## Висновок

Отримана формула 5 дозволяє аналітично визначати теоретичний час розгону АТЗ по n-передачам його трансмісії, навіть не звертаючись до побудови графіку зворотних прискорень. Даний метод наглядно буде представляти свою перевагу, якщо його реалізувати в табличному процесорі Microsoft Excel.

**Примітка:** окремої уваги і розрахунку як в графічному, так і в аналітичному методах потребує розставлення границь Vmin і V max. У якості прикладу розраховували МАЗ-504 з напівпричепом повною масою 38 т з двигуном ЯМЗ-238 потужністю 240 к.с. В результаті графічного методу розрахунку отримали значення, що дорівнює 27 с., а при аналітичному 23,333с.

Розглянутий модуль постійно модифікується і наступним кроком буде включення в математичну модель транспортного засобу коефіцієнтів опору коченню і опору потоку повітря, як функцій від параметрів, які характеризуються динамікою руху автомобіля, що дозволить в більшому ступені аналізувати вплив на реальний автомобіль факторів з боку середовища експлуатації.

## Література


1. М.У. по дисциплине “Автотранспортные средства” / Сост.: Комов А.Б., Комов П.Б., Яценко А.Г., Бумага А.Д. – Макеевка: ДонГАСА, 2002.
2. Шипачёв В.С. «Высшая математика». М.:Высшая школа, Москва 1985-с.140
3. Гришкевич А.І. Автомобілі: Теорія. – Мн.: Віш. шк., 1986. – 208 с.
4. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240с.
5. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф. Конструирование и расчёт автомобиля. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.


УДК 66.9.033

*Косминський І.В.* [1]

# МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ДІЇ ПОЗДОВЖНІХ ЗСУВІВ В БЕТОННІЙ СУМІШІ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ВІД ВИМУШУЮЧИХ СИЛ ПРИВАНТАЖУВАЧА

*АНОТАЦІЯ. В статті пропонується розрахунку привантажувача з врахуванням утворення поздовжних зміщень, які виникають від дії змушуючих сил привантажувача*

*розв' поставлених задач запропонована схема установки та блок-схема визначення статичного моменту при врахуванні напруження зміщення.*

*Ключові слова: поздовжні зміщення, привантажувач, бетонна суміш.*

*АННОТАЦИЯ. В статье прелагаеться методика расчётапригруза с учётом создания продольных смещений которые возникают от действия возмущающих сил пригруза.*

*Для решения поставленной задачи предложена схема установки и блок-схема определения статического момента при учётенапряжения смещения.*

*Ключевые слова: продольныесмещения, пригруз, бетоннаясмесь.*

*ANNOTATION. In article the calculation procedure device for providing additional pressuretaking into account creation of longitudinal offsets which arise from action of perturbing forces device for providing additional pressureis offered.*

*For the solution of an objective the installation diagram and the flowchart of determination of the static moment is offered in case of the accounting of bias voltage.*

*Keywords: longitudinal offsets, device for providing additional pressure, concrete mixture.*

**Актуальність роботи.** При ущільненні із привантажувачем відбувається зріст величини τ причиною цього явища є порушення структури бетонної суміші і в залежності від характеру тиску воно пов’язано зі зменшенням пор і збільшенням поверхні контакту зерен. Для кожного моменту ущільнення граничний опір зсуву від нормального тиску буде змінюватися. Мінімальне значення зсувне напруження має місце на початку процесу доущільнення, а максимальне – наприкінці його. При досягненні рівноваги між опором дотичного зміщення й зусиллям тиску наступає сталий режим динамічної рівноваги [1,2]. Цей режим характеризується практично стабільним значеннями фізико-механічних властивостей суміші.

**Методика розрахунку**. Для вирішення задачі забезпечення поздовжніх зсувів в бетонній суміші, які виникають від вимушуючих сил привантажувача була складена схема установки (рис. 1) та блок-схема визначення статичного моменту при врахуванні напруження зсуву (рис. 2).

Методика розрахунку розроблена на базі проведених теоретичних та експериментальних досліджень та врахування досвіду використання привантажувачів який описаний у багатьох роботах, зокрема, працях Назаренко І.І. та Шмигальского В.Н.

Методикою передбачено визначення необхідної амплітуди коливань та потужності вібраційного обладнання для створення дотичних зсувних напружень для завершення процесу ущільнення й урахування фізико-механічних властивостей середовища.

Це дає можливість прийняти таку методику при проектуванні віброплощадок із використанням привантажувачів для формування при різних режимах коливань та різних видах виробів.

[1] Косминський І.В., к.т.н., доцент КНУБА.

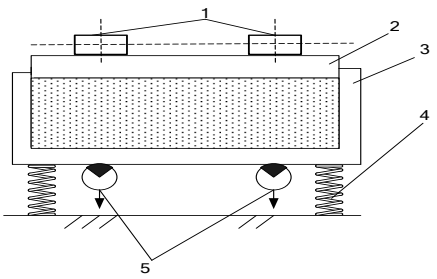



*Рис. 1. Схема для врахування поздовжніх зсувів від дії вимушуючої сили віброзбуджувачапривантажувача: 1 – віброзбуджувач коливань привантажувача; 2 – плита привантажувача; 3 – форма з бетонною сумішшю; 4 – пружні опори; 5 – віброзбуджувачі коливань віброплощадки.*

Нижче наведено порядок розрахунку:

1. Вихідні дані:
   - маса та габаритні розміри виробу;
   - характеристики бетонної суміші (щільність, жорсткість);
   - $\tau_0$ – граничне напруження зсуву (початковий граничний дотичний тиск) та $\varphi$ – кут внутрішнього тертя.
2. Нормальні напруження $\sigma$ визначаються за формулою:

$$\sigma_z = \frac{\rho\omega^2}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}} \times \left\{ \frac{\left[F_0\left(\Phi_{11}-\Phi_{10}\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\right)+F_{пр}\left(\Phi_6\frac{\chi_в}{m_б\omega^2}-\Phi_7\right)\right]^2+\left[F_0\left(\Theta_{11}-\Theta_{10}\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\right)+F_{пр}\left(\frac{\chi_в}{m_б\omega^2}\Theta_6-\Theta_7\right)\right]^2}{\left[\chi_б\left(\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\Phi_1-\Phi_3\right)-\chi_{пр}\Phi_3+m_б\omega^2\Phi_2\right]^2+\left[\chi_в\left(\Theta_1\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}-\Theta_3\right)-\chi_{пр}\Theta_3+m_б\omega^2\Theta_2\right]^2} \right\}^{1/2} \quad (1)$$

3. Граничні дотичні напруження $\tau$ визначається згідно з законом Кулона.

4. Амплітуда переміщення віброплощадки та привантажувача розраховуються відповідно за формулами:

$$x_в = \frac{F_0}{|\chi_в|}\frac{1}{\sqrt{\frac{\left[\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\Phi_1-\Phi_3+\frac{m_б\omega^2\Phi_2-\chi_{пр}\Phi_3}{\chi_в}\right]^2+\left[\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\Theta_1-\Theta_3+\frac{m_б\omega^2\Theta_2-\chi_{пр}\Theta_3}{\chi_в}\right]^2}{\left[\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\Phi_1-\Phi_3-\frac{F_{пр}}{F_0}\right]^2+\left[\frac{\chi_{пр}}{m_б\omega^2}\Theta_1-\Theta_2\right]^2}}} \quad (2)$$

$$x_{пр} = \frac{F_{пр}}{|\chi_{пр}|}\frac{1}{\sqrt{\frac{\left[\frac{\chi_в}{m_б\omega^2}\Phi_1-\Phi_3+\frac{m_б\omega^2\Phi_2-\chi_в\Phi_3}{\chi_{пр}}\right]^2+\left[\frac{\chi_в}{m_б\omega^2}\Theta_1-\Theta_3+\frac{m_б\omega^2\Theta_2-\chi_в\Theta_3}{\chi_{пр}}\right]^2}{\left[\frac{\chi_в}{m_б\omega^2}\Phi_1-\Phi_3-\frac{F_0}{F_{пр}}\right]^2+\left[\frac{\chi_в}{m_б\omega^2}\Theta_1-\Theta_3\right]^2}}} \quad (3)$$

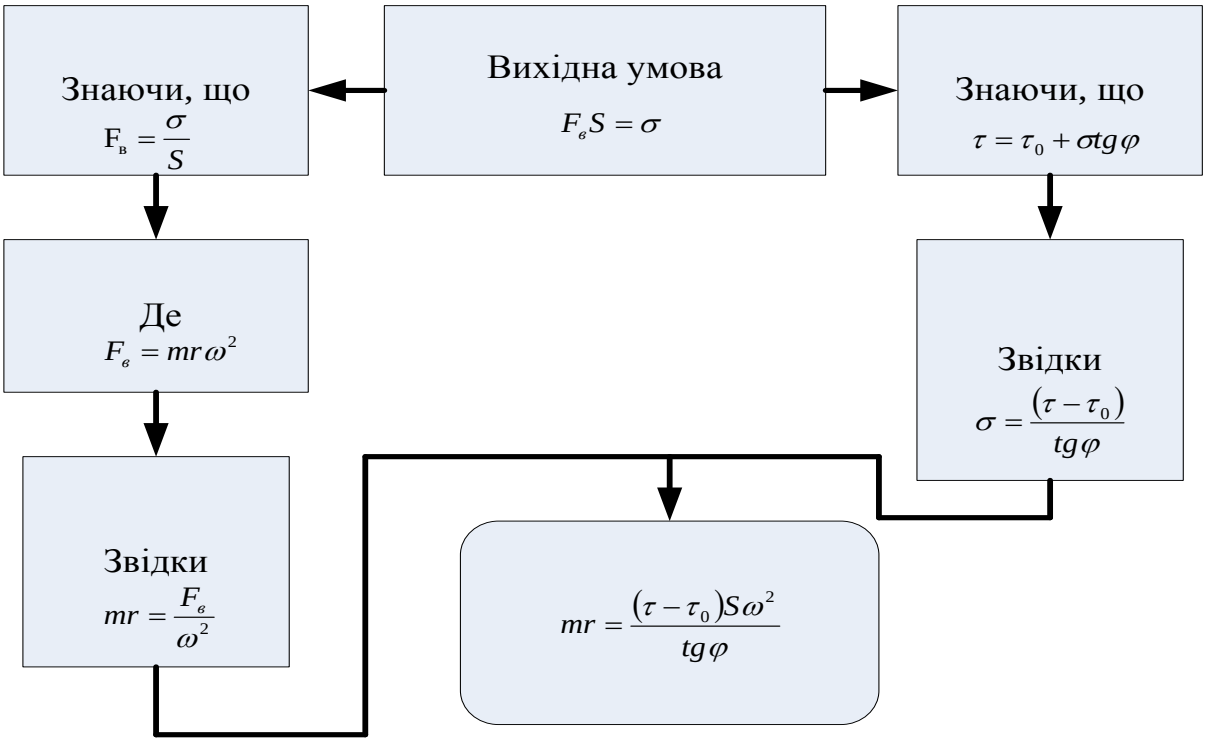



*Рис. 2 Блок-схема визначення статичного моменту при врахуванні напруження зсуву.*

5. Потужність на коливання привантажувача розраховують за формулою:

$$P = \frac{1}{2} F_{пр} x_{0пр} \omega \sin\varphi \qquad (4)$$

або для направлених коливань робочого органу:

$$\max P = \frac{1}{4} F_{пр} x'_{0пр} \omega \qquad (5)$$

або при колових рухах робочого органу:

$$\max P = \frac{1}{2} F_{пр} x'_{0пр} \omega \qquad (6)$$

6. Потужність для всієї системи:

$$P = \frac{1}{2} b\omega^2 \left[ x_{0в}^2 + x_{0пр}^2 + 2x_{0в} + x_{0пр} \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \right] \qquad (7)$$

де b – коефіцієнт опору, $\frac{H \times c}{м}$;

$\varphi_1$, $\varphi_2$ - кути зсуву фаз.

## Висновок

Запропоновано методику для визначення необхідної амплітуди коливань та потужності вібраційного обладнання для створення дотичних зсувних напружень для завершення процесу ущільнення й урахування фізико-механічних властивостей середовища.

## Література

1. Гирштель Г. Б. О физической природе вибрационного воздействия на уплотняемые смеси //Технология бетона и железобетонных конструкций: сборник/ Гирштель Г. Б. – К.: 1972.
2. Гирштель Г.Б. Принципыматематическогомоделирования в реологиибетонныхсмесей// Реологиябетонных-смесей и еетехнологическиезадачи: тезисыдоклада на III Всесоюзномсимпозиуме/Гирштель Г. Б -Рига: РПИ, 1979. - С.5-7.
3. Косминський І.В. Впливвластивостейсередовища на визначення параметрів привантаження./Гарнець В.М., Косминський І.В. //Науково- технічний журнал “ Технікабудівництва”, Київ, КНУБА,№15,2004,с.86 – 91.

4. Косминський І.В. Врахуваннявпливудотичнихнапружень в системі «віброплощадка – бетонна суміш – привантажувач»./ Гарнець В.М., Косминський І.В. // Науково- технічний журнал « Технікабудівництва», Київ, КНУБА, №19, 2007, 74 – 75 с.
5. Косминський І.В. Динаміка поведінки та стабілізація режиму коливань привантажувача./ Науково-технічний журнал «Техніка будівництва», Київ, КНУБА, №27 , С.20-26, 2011.
6. Косминський І.В. Визначення характеру впливу привантажувача на динаміку системи./ Науково-технічний журнал «Техніка будівництва», Київ, КНУБА, №29 ,С.18-22, 2012.

УДК 666.9

*Голубничий А.В.*[1]

# ГІДРАТАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ З РІДКИМ СКЛОМ, ШЛАКАМИ МЕТАЛІЧНОГО МАРГАНЦЮ І РЕЧОВИНАМИ З ДВОВАЛЕНТНИМ ЗАЛІЗОМ

*АННОТАЦИЯ. Приведены результаты исследований по установлению фаз, которые синтезируются при гидратации вяжущих с жидким стеклом, шлаком металлического марганца и железосодержащими веществами. Определено, что в стандартных условиях гидратации этих вяжущих стеклообразные и кристаллические фазы, которые содержат двухвалентное железо, стабильны и не принимают участия в этом процессе.*
*Ключевые слова: вяжущее, жидкое стекло, шлак, железосодержащие вещества, гидратация.*
*АНОТАЦІЯ. Наведені результати досліджень по визначенню фаз, які синтезуються при гідратації в'яжучих з рідким склом, шлаком металічного марганцю та залізовмісними речовинами. Визначено, що у стандартних умовах гідратації цих в'яжучих склоподібні і кристалічні фази, які вміщують двовалентне залізо, стабільні і не приймають участь у цьому процесі.*
*Ключеві слова: в'яжуче, рідке скло, шлак, залізовмісні речовини, гідратація.*
*SUMMARY. Results over of researches are brought on determination of phases, that is synthesized during hydratation astringent with liquid glass, slag of metallic manganese and iron agents. It is certain that in the standard terms of hydratation these astringent, that contain bivalent iron, stable and does not take part in this process.*
*Keywords: astringent, liquid glass, slag, iron agents, hydratation.*

**Вступ.** За останній час на території України, інших держав СНД а також далекого зарубіжжя знайшли розповсюдження в'яжучі з рідким склом і шлаками різних промислових виробництв. Технології їх отримання і властивостям присвячено значна кількість наукових робіт [1...4]. В той же час гідратація в'яжучих з рідким склом, шлаками металічного марганцю і речовинами з двовалентним залізом не досліджувалась.

**Мета роботи.** Дослідити гідратацію в'яжучих з рідким склом, шлаками металічного марганцю і речовинами з двовалентним залізом.

**Виклад основного матеріалу.**

При проведенні досліджень застосовано: рідке скло з силікатним модулем 2.8 і густиною 1300 кг/м$^3$; шлак металічного марганцю, що вміщував, мас.%: $SiO_2$ — 31.95, $AL_2O_3$ — 1.95, CaO — 46.85, MgO — 3.15; речовини з двовалентним залізом, вміст у яких головних оксидів коливався у межах, мас.%: $SiO_2$ — 28...55, $AL_2O_3$ — 6...11, FeO — 5...45, CaO — 13...30, MgO — 6...8.

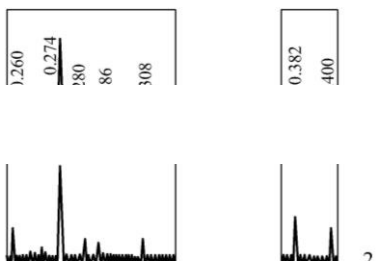
При гідратації в'яжучих з рідким склом, металічного марганцю шлаками і залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „S – CS – CF'$S_2$" у стандартних умовах синтезуються: CSH (I) (d= 0.352, 0.332, 0.307, 0.297, 0.280, 0.251, 0.240, 0.216, 0.18 нм), $NaCaSiO_3OH$ (d=0.286, 0.251, 0.240, 0.216, 0.183 нм). Поміж кристалічних фаз виявлені вихідні: γ – $C_2S$ (d=0.388, 0.301, 0.274, 0.191, 0.176, 0.164 нм), тефроїт ($Mn_2S$) (d=0.400, 0.367, 0.300, 0.288, 0.268, 0.246, 0.226 нм).

Вміст у гідратованих в'яжучих CSH (I) і $NaCaSiO_3OH$ збільшується при зворотній зміні у залізовмісних речовинах концентрації оксидів заліза, зростанні такої CaO або $SiO_2$ (рис. 1). Поміж продуктів гідратації не виявлено сполук з тривалентним залізом.

Вміст гідратних новоутворень збільшується відносно суттєвіше при підвищенні питомої поверхні

Голубничий А.В., к.т.н., доц. КНУБА

шлаків від 250 до 300 м$^2$/кг, ніж при її зміні від 300 до 350 м$^2$/кг і у свою чергу від 300 до 350 ніж від 350 до 400 м$^2$/кг. Подібне характерне і при зміні співвідношення мас шлаку металічного марганцю і будь якої із застосованих залізовмісних речовин від 1:1 до 3:1, ніж від 3:1 до 9:1.




 [1] Голубничий А.В., к.т.н., доц. КНУБА.

*Рис. 1. Рентгенограми гідратованих в'яжучих з залізовмісними і металічного марганцю шлаками, рідким склом.*

Примітка. Склад вихідних в'яжучих: співвідношення мас шлаку металічного марганцю і кольорового = 1:1 (1, 2), 3:1 (3, 4); концентрація оксидів заліза у кольорових шлаках, мас.%: 15.85 (1, 3), FeO – 25.60 і $Fe_2O_3$ – 0.90 (2, 4); питома поверхня шлаків = 300 $м^2/кг$; рідке скло з m=2.8, p=1300$кг/м^3$; р/ш=0.31. В'яжучі гідратовані на протязі 3-ох діб при T=293±5 К і відносній вологості 60...65% з наступним 2-ох добовим висушуванням при T= 378±5 К.

При гідратації цих в'яжучих з залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „F'S – $CF'S_2$ – S" також синтезуються CSH(I), $NaCaSiO_3OH$. Їх вміст, при визначеній концентрації у залізовмісних речовинах $SiO_2$, підвищується при зворотній зміні такої оксидів заліза за рахунок подібних CaO.

Такий вплив концентрації FeO і інших оксидів заліза у залізовмісних речовинах на зміни вмісту у в'яжучих гідросилікатів кальцію і натрію значно посилюється при її зростанні у цих речовинах вище за 30 мас.% при перерахунку складу останніх на систему „FeO – CaO – $SiO_2$".

При гідратації в'яжучих з залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарних трикутниках „CS – $CF'S_2$ – $C_2F'S_2$", „F'S – $CF'S_2$ – $F_2'S$", „$F_2'S$ – $CF'S_2$ – $C_2F'S_2$", „$F_2'S$ – $C_2F'S_2$ – CF'S" також виявлені CSH (I) і $NaCaSiO_3OH$. Причому їх вміст у гідратованих в'яжучих також збільшується при аналогічних змінах у залізовмісних речовинах концентрації $SiO_2$, особливо вище за 40 мас.% або поменшанні такої FeO, особливо нижче за 30 мас.%, при перерахунку складу таких речовин на систему „FeO – CaO – $SiO_2$" .

При гідратації в'яжучих з рідким склом, шлаками металічного марганцю і застосованими залізовмісними речовинами спочатку при T=293±5 К і відносній вологості 60…65 % на протязі 3-х діб і наступного 2-х добового висушування при T=378±5 К FeO у стеклах, склади яких наближається до таких у геденбергіту, F'S, фаяліту, залізистих монтічеліту і анкерманіту, а також вказаних кристалічних фазах стійкий. При комплексному впливі на ці стекла вище наведених зовнішніх хімічних і енергетичних факторів не спостерігається їх кристалізація.

Стекла і кристалічні фази з FeO не приймають участь у реакціях хімічної взаємодії з складовими металічного марганцю шлаків і рідкого скла з синтезом гідратних сполук. Що притаманне стеклам, модельні склади яких наближуються до кварцу і CS і розташовуються у елементарних трикутниках „S – CS – $CF'S_2$", „CS – $C_2F'S_2$ – $C_2F'S$".

Результати комплексних диференціально-термічних аналізів свідчать про те, що при нагріві таких гідратованих в'яжучих у межах температур 383…453 К спостерігається перший ендотермічний ефект, який пов'язаний з вилученням адсорбційно і капілярно зв'язаної води (рис. 2).

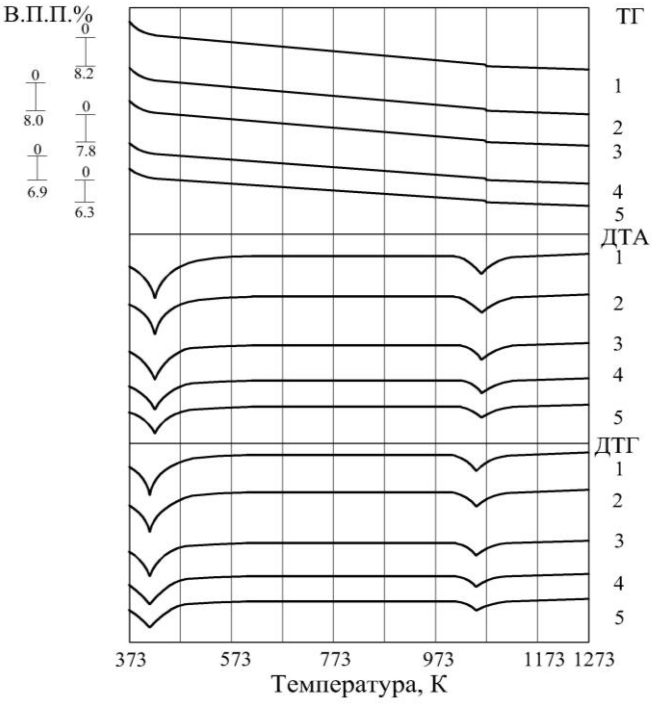



*Рис. 2. Дериватограми гідратованих в'яжучих з кольоровими і металічного марганцю шлаками, рідким склом.*

Примітка. Співвідношення мас шлаку металічного марганцю і кольорового дорівнювало 3:1 (1, 2, 3), 1:1 (4, 5); концентрація оксидів заліза у кольорових шлаках, мас.%: FeO – 11.60 (1, 4), FeO – 25.60 і $Fe_2O_3$ – 0.90 (2), FeO – 33.85 і $Fe_2O_3$ – 2.75 (3, 5). Питома поверхня шлаків – 300 $м^2/кг$; р/ш=0.31. В'яжучі гідратовані на протязі 3-ох діб при T=293±5 К і відносній вологості 60...65% з наступним 2-ох добовим висушуванням при T= 378±5 К.

Другий ендоефект меншої інтенсивності, у порівнянні з такою у першого, в інтервалі температур 1003…1123 К, обумовлений завершенням дегідратації новоутворень. В інтервалі температур 473…1123 К має місце поступове вилучення води спочатку із нестабільних рентгеноаморфних гідросилікатів кальцію і натрію, а потім і із CSH (I) і $NaCaSiO_3OH$. Інтенсив-

ність ендоефектів посилюється відносно суттєвіше при зміні співвідношення мас шлаку металічного марганцю і будь якої із застосованих залізовмісних речовин від 1:1 до 3:1, ніж від 3:1 до 9:1. Подібне спостерігається і при підвищенні питомої поверхні шлаків від 250 до 300 м$^2$/кг, ніж при її зміні від 300 до 350 м$^2$/кг і у свою чергу від 300 до 350 ніж від 350 до 400 м$^2$/кг. Інтенсивність ендоефектів також посилюється при аналогічних змінах у залізовмісних речовинах концентрації $SiO_2$, особливо вище за 40 мас.% або поменшанні такої FeO, особливо нижче за 30 мас.%, при перерахунку складу таких речовин на систему „FeO – CaO – $SiO_2$”.

При підвищенні температури нагріву цих гідратованих в'яжучих у межах 383…453 К на ТГ спостерігаються ділянки пов'язані з вилученням адсорбційної і капілярної води, 453…1123 К – хімічно зв'язаної води. Мінімуми на ДТГ обумовлені чинниками аналогічними у ТГ і ДТА (рис. 2).

На ІЧ-спектрах гідратованого у стандартних умовах в'яжучого з співвідношенням мас шлаку металічного марганцю і залізовмісної речовини 1:1, концентрація FeO у якій дорівнює 15.60 мас.%, а модельний склад розташовується у елементарному трикутнику „S – CS – CF'$S_2$” спостерігаються смуги поглинання у наступних діапазонах: 3200…3800 см$^{-1}$ (екстремум при V=3420 см$^{-1}$) і 1600…1700 см$^{-1}$ (екстремум при V=1650 см$^{-1}$), які обумовлені наявністю адсорбційно і капілярно зв'язаної води; 1400…1500 см$^{-1}$ (екстремум при V=1440 см$^{-1}$) – хімічно зв'язаної води і гідросилікатів натрію і кальцію; 800…1200 см$^{-1}$ (екстремум при V=990 см$^{-1}$) – груп SiO – O – Si, OH і $CO_3$ (екстремум при 870 см$^{-1}$); 630…800 см$^{-1}$ (екстремум при V=750 см$^{-1}$) – груп SiO – O – Si і SiO – O – Al; 400…500 см$^{-1}$ (екстремум при V=460 см$^{-1}$) – склофаз, близький порядок структур яких наближується до таких у піроксенів, у тому числі геденбергіту (Рис. 3).

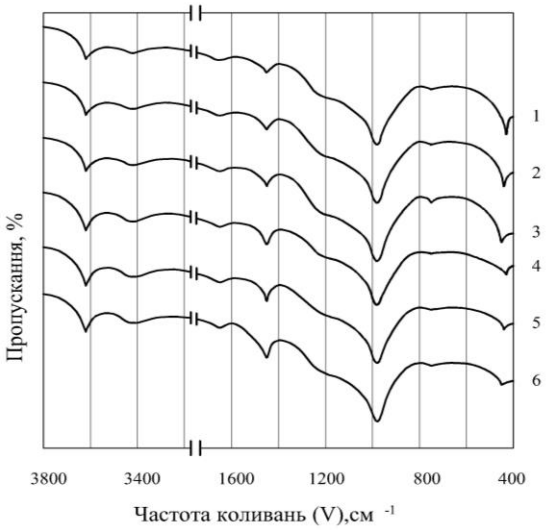



*Рис.3. ІЧ-спектри гідратованих в'яжучих з кольоровими і металічного марганцю шлаками, рідким склом.*

Співвідношення мас шлаку металічного марганцю і кольорового дорівнювало 1:1 (1, 2, 3), 3:1 (4, 5, 6). Концентрація оксидів заліза у кольорових, мас.%: FeO – 31.80 і $Fe_2O_3$ – 1.65 (1, 4), FeO – 25.60 і $Fe_2O_3$ – 0.90 (2, 5), FeO – 15.85 (3, 6). Питома поверхня шлаків – 300 м$^2$/кг, рідке скло з m =2.8 і р=1300кг/м$^3$, р/ш=0.31.

В'яжучі гідратовані на протязі 3 діб при Т=293±5 К при відносній вологості 60...65 % і наступного 2-х добового висушування при Т=378 ±5 К.

Примітка. Склад в'яжучих: співвідношення мас шлаку металічного марганцю і кольорового = 1:1; р/ш=0.31, $S_{пит.}$=300м$^2$/кг, рідке скло з ρ=1300кг/м$^3$ і *m*=2.8. В'яжучі гідратовані на протязі 3 діб при Т=293±5 К, відносна вологість 60...65 % і наступного 2-х добового висушування при Т=378 ±5 К.

Смуги поглинання у діапазоні 400…500 см$^{-1}$ також обумовлені присутністю тефроїту і скло фаз, близький порядок структур яких наближується до такої у нього (рис. 3).

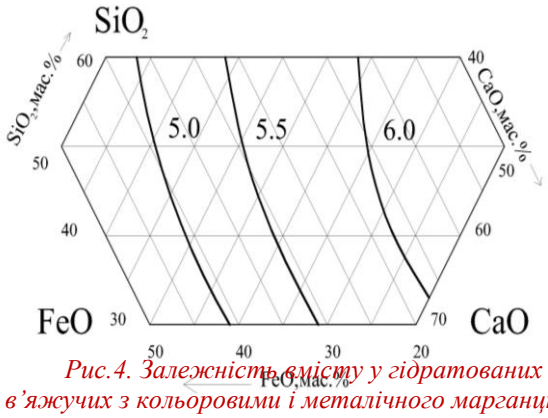



*Рис.4. Залежність вмісту у гідратованих в'яжучих з кольоровими і металічного марганцю шлаками, рідким склом CSH(I) від хімічного складу кольорових шлаків.*

На ІЧ-спектрах гідратованих в'яжучих з іншими залізовмісними речовинами, модельні склади яких також розташовуються у елементарному трикутнику „S – CS – CF'$S_2$” спостерігаються смуги поглинання подібні раніше наведеним. При визначених вмісту у в'яжучих цих речовин і концентрації у останніх $SiO_2$ ширини смуг поглинання у діапазонах частот коливань 3200...3800, 1400…1500, 800…900 см$^{-1}$ подовжуються, інтенсивність їх екстремумів посилюється при зростанні у залізовмісних речовинах концентрації CaO за рахунок зменшення такої FeO. Подібне характерне і при визначеній концентрації у них CaO при зростанні такої $SiO_2$ за рахунок зниження FeO. Ці закономірності змін на ІЧ-спектрах непрямо свідчать про подібне відносно вмісту у гідратованих в'яжучих CSH (I) і $NaCaSiO_3OH$.

На ІЧ-спектрах гідратованих в'яжучих з залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „F'S - CF'$S_2$ - S„ , спостерігаються смуги поглинання подібні таким у гідратованих в'яжучих з цими речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „S – CS – CF'$S_2$”. Вони також розташовані у діапазонах частот коливання: 3200…3800, 1600…1700, 1400…1500, 800…1200, 630…800, 400…500 см$^{-1}$. В той же час зміни складів цих речовин суттєво впливають на ширини смуг поглинання, положення розташування і інтенсивність їх екстремумів.

Так, при зростанні у застосованих залізовмісних речовинах концентрації оксидів заліза, за рахунок зниження такої CaO і визначеній $SiO_2$, ширини смуг поглинання у діапазонах частот коливань 3200...3800, 1400…1500, 800…900 $см^{-1}$ скорочуються, інтенсивність їх екстремумів послаблюється. Це особливо виразно спостерігається при збільшенні концентрації FeO, при перерахунку складу залізовмісних речовин на систему „FeO – CaO – $SiO_2$", вище за 30 мас.%. Що непрямо свідчить про зменшення у цих гідратованих в'яжучих вмісту CSH (I) і $NaCaSiO_3OH$.

Подібні зміни на ІЧ-спектрах спостерігаються і при зростанні у залізовмісних речовинах концентрації оксидів заліза за рахунок зниження такої $SiO_2$ і визначеній CaO. Це найбільш характерне при використанні у в'яжучих залізовмісних речовин, модельні склади яких розташовуються у елементарних трикутниках „$F'_2S$ - $CF'S_2$ - F'S", „$F'_2S$ – $C_2F'S_2$ – $CF'S_2$", „$F'_2S$ - CF'S - $C_2F'S_2$" у випадках, коли концентрація $SiO_2$ у них зменшується нижче за 40 мас.% при перерахунку їх складу на систему „FeO – CaO – $SiO_2$".

На ІЧ-спектрах гідратованих в'яжучих з залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарних трикутниках „S – C F'S – CS" і „CS – $C_2F'S_2$ – $CF'S_2$" ширини смуг поглинання у діапазоні частот коливання 400…500 $см^{-1}$ коротші, а інтенсивність їх екстремумів слабша, ніж у гідратованих в'яжучих з цими речовинами, модельні склади яких розташовуються у елементарних трикутниках „F'S – $CF'S_2$ – S", „$F'_2S$ – $CF'S_2$ – F'S", „$F'_2S$ – $C_2F'S_2$ – $CF'S_2$", „$F'_2S$ – CF'S – $C_2F'S_2$". Причому екстремуми у перших спостерігаються при більш високих частотах коливання. За впливом на подовження ширини смуг поглинання у діапазонах частот коливань 400…500 $см^{-1}$ і посилення інтенсивності їх екстремумів оксиди системи „FeO – CaO – $SiO_2$" розташовуються у ряду: FeO > $SiO_2$> CaO (Рис.3, 4).

Подібне має місце і при наближенні модельних складів залізовмісних речовин до кристалічних фаз у ряду: $F'_2S$ > F'S > CF'S > $CF'S_2$ > $C_2F'S_2$ (Рис.3, 4).

При збільшенні у в'яжучих вмісту шлаку металічного марганцю екстремуми у діапазоні 400..500 $см^{-1}$ переміщуються у бік більших частот коливань (Рис. 3).

Ширини смуг поглинання в інтервалі частот коливань 3200…3800, 1600…1700, 800...900 $см^{-1}$ на ІЧ-спектрах цих гідратованих в'яжучих подовжуються, інтенсивність їх екстремумів посилюється при наближенні складів залізовмісних речовин до кристалічних фаз у ряду $CF'S_2$>CF'S>F'S> $F'_2S$.

За впливом на такі зміни на ІЧ-спектрах оксиди системи „FeO – CaO – $SiO_2$" розташовуються у наступному ряду: CaO>$SiO_2$>FeO. Ширини смуг поглинання і інтенсивність їх екстремумів на ІЧ-спектрах гідратованих в'яжучих з залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у трикутниках „S – $CF'S_2$ – CS" і „CS – $C_2F'S_2$ – $CF'S_2$" відповідно довші і сильніші, ніж на ІЧ-спектрах гідратованих в'яжучих з залізовмісними речовинами, модельні склади яких розташовуються у трикутниках „$F'S$ – $CF'S_2$ – S", „$F'_2S$ – $CF'S_2$ – $F'S$", „$F'_2S$ – $C_2F'S_2$ – $CF'S_2$", „$F'_2S$ – $CF'S$ – $C_2F'S_2$".

Отримані результати досліджень свідчать про те, що внаслідок гідролітичної деструкції твердих компонентів в'яжучих, при наявності лужного середовища і груп $SiO_3^{2-}$, $Si_2O_5^{2-}$ і їх наступної взаємодії синтезуються CSH (I), $NaCaSiO_3OH$ (Рис.1, 2, 3).

FeO у залізовмісних стеклах і кристалічних сполуках застосованих техногенних і штучних залізовмісних речовин є стійким по відношенню до сумісної дії розчинів рідкого скла, складових металічного марганцю шлаку, температури у межах 273…378К.

## Висновки

1. При гідратації в'яжучих з рідким склом, застосованими шлаками металічного марганцю і кольоровими, штучними залізовмісними стеклами у стандартних умовах синтезуються CSH (I) і $NaCaSiO_3OH$. Вміст останніх у них суттєво підвищується при подібних змінах у залізовмісних речовинах концентрації $SiO_2$ вище за 40 мас.% і зворотних – такої оксидів заліза нижче за 30 мас.% при перерахунку їх складу на систему „FeO–CaO–$SiO_2$". Це також спостерігається при наближенні складів залізовмісних речовин до кристалічних фаз у ряду: CS>S>$CF'S_2$>CF'S>F'S>$F_2'S$.
2. FeO у залізовмісних стеклах і кристалічних сполуках застосованих техногенних і штучних залізовмісних речовин є стійким по відношенню до сумісної дії розчинів рідкого скла, складових металічного марганцю шлаку, температури у межах 273…378К.

## Література


1. Щелочные и щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны. (Под.ред. В.Д. Глуховского). - К.: Вища шк., 1979. - 231 с.
2. Ефромов А.Н., Кобзенко С.Е., Савченко С.С. Алюмоселикатные безобжиговые огнеупоры. //Вісн. Донбаської Держ. акад. буд-ва і архіт. - 2000, №2. - С. 167-169.
3. Спеціальні шлаколужні цементи / П.В. Крівенко.- К.:Будівельник, 1992.-192 с.
   Довговічність шлаколужного бетону/ П.В. Крівенко, К.К. Пушкарьова. - К: Будівельник, 1993.-224 с.


УДК 625.76

*Пенчук В.А., Клен А.Н., Диденко А.В.*[1]

# ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕСКОРАЗБРАСЫВАТЕЛЯ НА ПРОЦЕССЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*АННОТАЦИЯ. В работе рассматривают закономерности распределения противогололедных материалов метательным диском. Впервые рассматривается влияние на параметры процесса распределения частиц сыпучего материала (высота и дальность полета) угла наклона метательного диска. Показано, что такой наклон реально возможен, когда пескоразрасывающая машина движется по дороге, которая имеет продольный или поперечный уклон.*

**Актуальность работы.** В настоящее время наиболее распространенным способом борьбы с гололедом является технология с применением пескоразбрасывателей − транспортных средств или навесного оборудования для автомобилей или самоходных машин, выполняющих функцию доставки и распределения песка, пескосоляной смеси или твердых антигололедных реагентов на проезжей части дорог.

Метательный диск в традиционной конструкции пескоразбрасывателя находится на высоте 0,4...0,6 м параллельно поверхности горизонтальной дороги. В этом случае частицы сыпучего материала, слетая с диска, имеют вектор скорости, который не позволяет им подняться выше уровня метательного диска. Однако на практике нередки случаи, когда диск пескоразбрасывателя оказывается расположенным не параллельно поверхности дороги, а под некоторым углом к ней (рис. 1). Это может произойти, например, по причине относительно больших уклонов проезжей части как в продольном, так и поперечном профиле, а также из-за наезда автомашины-пескоразбрасывателя одной стороной на препятствие, например, горку неубранного снега. Таким образом, возникает необходимость в изучении возможной траектории разлета частиц сыпучего материала для случая, когда метательный диск пескоразбрасывателя имеет определенный угол наклона по отношению к горизонтальной поверхности.

**Анализ публикаций.** Процессам движения частиц антигололедного сыпучего материала вдоль вращающегося диска, слета с него и полета до поверхности дороги, а также скольжению по поверхности дороги посвящено много работ [1 - 5].

Цель работы – определить влияние угла наклона диска пескоразбрасывателя на процессы распределения частиц противогололедного сыпучего материала по поверхности дороги.

**Основной материал.** Частица сыпучего материала слетает с метательного диска со скоростью $\upsilon$, вектор которой направлен под углом $\alpha$ к горизонтали (рис. 2).

Уравнения движения частицы с учетом принятой системы координат запишутся в виде:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -c\rho S\dot{x}^2, \\ m\ddot{y} = -mg. \end{cases} \quad (1)$$

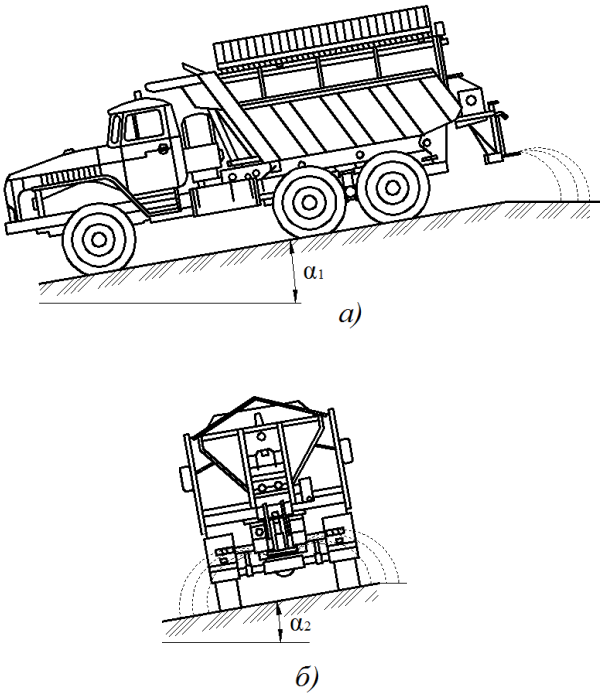



*Рис. 1. Возможные положения пескоразбрасывателя.*

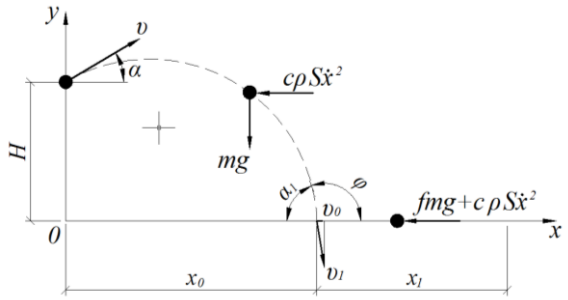



*Рис. 2. Схема движения частицы сыпучего материала с момента слета с вращающегося диска до остановки в точке $x_1$ на посыпаемой поверхности.*

Начальные условия движения частицы на этом этапе можно представить в виде:

$$x\big|_{t=0} = 0,\ \dot{x}\big|_{t=0} = \upsilon\cos\alpha,\ y\big|_{t=0} = H,\ \dot{y}\big|_{t=0} = \upsilon\sin\alpha \quad (2)$$

В соотношениях (1), (2) приняты следующие обозначения: $m$ – масса частицы сыпучего материала, кг; $\rho$ – плотность воздушной среды, кг/м3; $S$ – площадь поперечного сечения частицы, м$^2$; $c$ – коэффициент лобового сопротивления; $\upsilon$ – скорость слета



[1] Пенчук В.А., Клен А.Н., Диденко А.В. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.

частицы с диска, м/с; $H$ – высота слета частицы над поверхностью дороги, м; $g$ – ускорение свободного падения, м/с$^2$.

Решение уравнений (1) с учетом начальных условий (2) будет иметь вид:

$$x = \frac{m}{c\rho S}\ln\left(1 + \frac{c\rho S\upsilon\cdot\cos\alpha}{m}t\right), \quad (3)$$

$$y = H + \upsilon t\sin\alpha - \frac{gt^2}{2}. \quad (4)$$

Частица сыпучего материала соприкасается с поверхностью дороги, когда $y = 0$, тогда время полета частицы составит:

$$t_0 = \frac{\upsilon\cdot\sin\alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{\upsilon\cdot\sin\alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}. \quad (5)$$

Из соотношений (3), (4) и (5) можно представить вертикальную координату частицы как:

$$y(x) = H - \frac{g}{2}\left(\frac{m}{c\rho S\upsilon\cdot\cos\alpha}\right)^2\cdot\left(e^{\frac{c\rho S}{m}x} - 1\right)^2 + \frac{m\cdot tg\alpha}{c\rho S}\left(e^{\frac{c\rho S}{m}x} - 1\right). \quad (6)$$

Если в момент касания с поверхностью дороги горизонтальная составляющая скорости частицы не равна нулю, то в дальнейшем она может продолжить движение, скользя по поверхности дороги. Из соотношения (6) можно определить угол $\alpha_1$, угол встречи частицы с посыпаемой поверхностью. Значение производной функции $y(x)$ по переменной $x$, при значении $x = x_0$, составит:

$$\frac{dy}{dx} = tg\varphi = \frac{mg\cdot e^{\frac{c\rho S}{m}x_0}}{c\rho S\upsilon^2\cdot\cos^2\alpha}\left(1 - e^{\frac{c\rho S}{m}x_0}\right) + e^{\frac{c\rho S}{m}x_0}\cdot tg\alpha, \quad (7)$$

После достановок и преобразований получим

$$\alpha_1 = \pi - \varphi. \quad (8)$$

С учетом зависимости (3) величина скорости частицы сыпучего материала в момент касания посыпаемой поверхности:

$$\dot{x} = \frac{\upsilon\cdot\cos\alpha}{1 + \frac{c\rho S\upsilon\cdot\cos\alpha}{m}t_0}. \quad (9)$$

Соответственно начальная скорость скольжения частицы сыпучего материала будет равна:

$$\upsilon_0 = \dot{x}\cos\alpha_1 = \frac{\upsilon\cdot\cos\alpha}{1 + \frac{c\rho S\upsilon\cdot\cos\alpha}{m}t_0}\cdot\frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\varphi}}. \quad (10)$$

Уравнение движения частицы сыпучего материала во время скольжения по поверхности дороги имеет вид:

$$m\ddot{x} = -c\rho S(\dot{x})^2 - fmg \quad (11)$$

при начальных условиях движения на этой стадии

$$x\big|_{t=0} = 0,\ \dot{x}\big|_{t=0} = \upsilon_0, \quad (12)$$

где $f$ – коэффициент трения скольжения.

Решение уравнения (11) с учетом начальных условий (12) позволяет определить максимальную дальность скольжения частицы:

$$x_1 = \frac{m}{2c\rho S}\ln\left(1 + \frac{\upsilon_0^2 c\rho S}{mfg}\right). \quad (13)$$

Максимальная дальность распределения частиц сыпучего материала с момента слета с диска будет равна

$$x = x_0 + x_1. \quad (14)$$

Численный анализ дальности распределения частиц сыпучего материала с учетом возможного наклона метального диска при исходных параметрах: $m = 1{,}95\cdot10^6$ кг; размер частиц до 2 мм; $\rho = 1{,}32$ кг/м$^3$; $S = 10^{-6}$ м$^2$; $c = 0{,}3$; $\upsilon = 8$ м/с; $H = 0{,}4$ м, представлен на рис. 3, а основные характеристики процесса движения в табл. 1

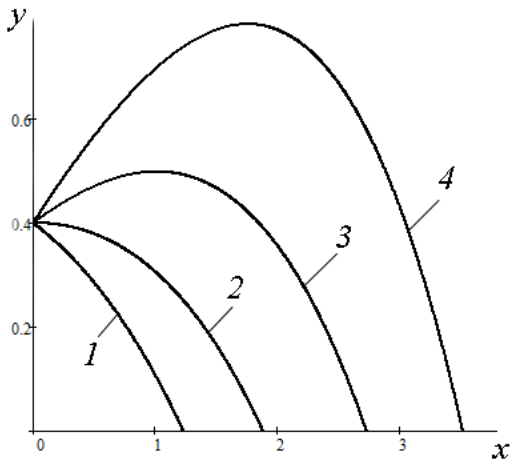



*Рис. 3. Траектория полета частиц сыпучего материала в зависимости от угла наклона $\alpha$ метательного диска к горизонтали: где 1; 2; 3; 4 – соответственно $\alpha = -10°; 0°; 10°; 20°$.*

На рис. 3 построена траектория полета частиц сыпучего материала в зависимости от угла наклона $\alpha$ метательного диска к горизонтали.

*Табл. 1*

**Характеристики движения частиц сыпучего материала в зависимости от угла наклона $\alpha$ метательного диска к горизонтали**

| № | Угол наклона $\alpha$ | $\alpha = -10°$ | $\alpha = 0°$ | $\alpha = 10°$ | $\alpha = 20°$ |
|---|---|---|---|---|---|

| п/п | метательного диска к горизонтали | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Время полета частицы $t_0$, с | 0,18 | 0,29 | 0,46 | 0,68 |
| 2 | Дальность полета частицы в горизонтальном направлении $x_0$, м | 1,23 | 1,88 | 2,72 | 3,50 |
| 3 | Угол $\alpha_1$ встречи частицы с посыпаемой поверхностью, град. | 27 | 27,1 | 34,6 | 46,7 |
| 4 | Начальная скорость скольжения частицы: $\upsilon_0$, м/с | 5,47 | 4,86 | 3,73 | 2,53 |
| 5 | Дальность скольжения частиц $x_1$, м | 3,47 | 3,05 | 2,2 | 1,25 |
| 6 | Общая дальность распространения частиц $x = x_0 + x_1$, м | 4,7 | 4,93 | 4,92 | 4,75 |

## Выводы

1. Угол наклона $\alpha$ метательного диска пескоразбрасывателя к горизонтали не оказывает значительное влияние на дальность распределения частиц сыпучего материала, однако существенно меняет характер движения частиц.

2. В процессе посыпки дорог необходимо учитывать тот факт, что при уклоне пескоразбрасывателя на угол $\alpha > 20°$ в поперечной или продольной плоскости высота разлета частиц сыпучего материала в 2 и более раза превышает высоту установки метательного диска над поверхностью дороги, что может оказать негативное воздействие на объекты (припаркованные рядом автомобили, пешеходы, здания и т.д.), расположенные в зоне распределения частиц.

## Литература


1. Хархута Н.Я. Дорожные машины / Н.Я. Хархута, М.И. Капустин, В.П. Семенов, И.М. Эвентов, Ю.А. Бромберг, Ю.М. Васильев, М.П. Костельов. – М., Машиностроение, 1968. – 416 с.
2. Пенчук В.А. Закономерности распределения противогололедных материалов метательным диском / В.А. Пенчук, Э.С. Савенко, И.В. Грицук // Вестник ДонГАСА, вып. 2004 - 5(47). Технология, организация и геодезическое обеспечение строительства. – Макеевка: ДонГАСА, 2004. – С. 82 - 87.
3. Пенчук В.А. Совершенствование процесса распределения противогололедных материалов по поверхности дороги вращательным дисковым органом / В.А. Пенчук, В.Н. Гусаков, А.В. Диденко // Вестник ДонНАСА, вып. 2005 - 7(55). Технология, организация и геодезическое обеспечение строительства. – Макеевка: ДонНАСА, 2005. – С. 82 - 85.
4. Пенчук В.А. К вопросу об эффективности распределения противогололедных материалов метательным диском / В.А. Пенчук, В.Н. Гусаков, А.В. Диденко // Инновации в науке – инновации в образовании: материалы Международной научно-технической конференции "Интерстроймех - 2013", 1-2 октября 2013 г. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2013. – С. 274-277.
5. Аржанухина С.П. Совершенствование технологии применения противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог. Автореферат кандидатской диссертации. Саратов. 2009. – 21 с.


УДК 69.057.5:69.056.55

*Тонкачеєв Г.М., Соловей Д.А., Шарапа С.П.*[1]

# УЛАШТУВАННЯ РОБОЧИХ ШВІВ ПРИ БЕТОНУВАННІ ПІЛОНІВ КАРКАСНИХ МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ У КОВЗНІЙ ОПАЛУБЦІ

АНОТАЦІЯ: У статті розглядаються шляхи вдосконалення технології влаштування монолітних залізобетонних конс-трукцій багатоповерхових будівель у ковзній опалубці. Доведена на моделях доцільність улаштування робочих швів при бетонуванні вертикальних конструкцій на відмітці 1.5 м над рівнем верха монолітних залізобетонних плит перекриттів.

Ключові слова: будівля, ковзна опалубка, пілон, плита перекриття, робочий шов.

АННОТАЦИЯ: В статье рассматриваются пути совершенствования технологии устройства монолитных железобе-тонных конструкций многоэтажных зданий в скользящей опалубке. Доказана на моделях целесообразность устройства рабочих швов при бетонировании вертикальных конструкций на отметке 1,5 м над уровнем верха монолитных железобе-тонных плит перекрытий.

Ключевые слова: здание, скользящая опалубка, пилон, плита перекрытия, рабочий шов.

SUMMARY: Purpose. Definition of placement working joints in the concrete pylons of frame-monolithic building above the floor slabs. Methodology/approach. The study used a simulation of structures using finite element technique. Findings. Based on the re-quirements of the standards, the results of modeling of structures frame buildings, the analysis process placement of vertical load-bearing structures using sliding formwork expedience placement joints at around 1.5 m above the floor slab. Research limita-tions/implications. As a result, it is possible the device vertical and horizontal load-bearing structures in the same cycle, improves the accuracy of the work. Originality/value. The presented research is relevant to both researchers and practitioners.

Key words: building, slip-form, pylon, floor slab, working joint.

**Вступ.** У сучасному житловому будівництві великих міст існують тенденції до збільшення поверховості будинків, зростання швидкості зведення, підвищення ролі монолітного залізобетону на противагу збірному. Огляд сучасних житлових будівель показав, що на сьогоднішній день типовим рішенням є бетонування вертикальних конструкцій одразу на всю висоту поверху. Розміщення робочого шва у вертикальних конструкціях, що влаштовують з застосуванням розбірно-переставних опалубок, виконується на рівні примикання плити перекриття, де дія згинальних моментів максимальна (рис. 1). Операції з повторного встановлення та вивірки опалубних щитів на кожному ярусі бетонування спричинюють додаткові похибки при зведенні каркасу будівлі.

У таких умовах зростає ефективність застосування ковзних опалубок при влаштуванні вертикальних несучих конструкцій. Проте технологія їх застосування потребує удосконалення конструктивних рішень опалубок та технології зведення вертикальних конструкцій враховуючи особливості конструктивних та об'ємно-планувальних рішень сучасних каркасно-монолітних багатоповерхових будівель.

Удосконаленням технології зведення будівель із застосуванням ковзних опалубок займалися вітчизняні [2, 5, 6] та закордонні вчені [9, 10]. Виходячи з аналізу цих робіт установлено, що влаштування вертикальних конструкцій у ковзній опалубці виконується за двома варіантами: безперервно в три зміни, або з перервами в роботі та влаштуванням робочого шва. Тривалі перерви в русі опалубки значно підвищують сили зчеплення, що призводить до швидкого зносу опалубних щитів та погіршення якості поверхні бетону. Тому при виконанні робіт за другим варіантом виникає необхідність відриву опалубки від бетону. Продовження роботи після перерви супроводжується додатковими операціями. Втрачається ефект застосування ковзної опалубки, тому таке рішення є недоці-

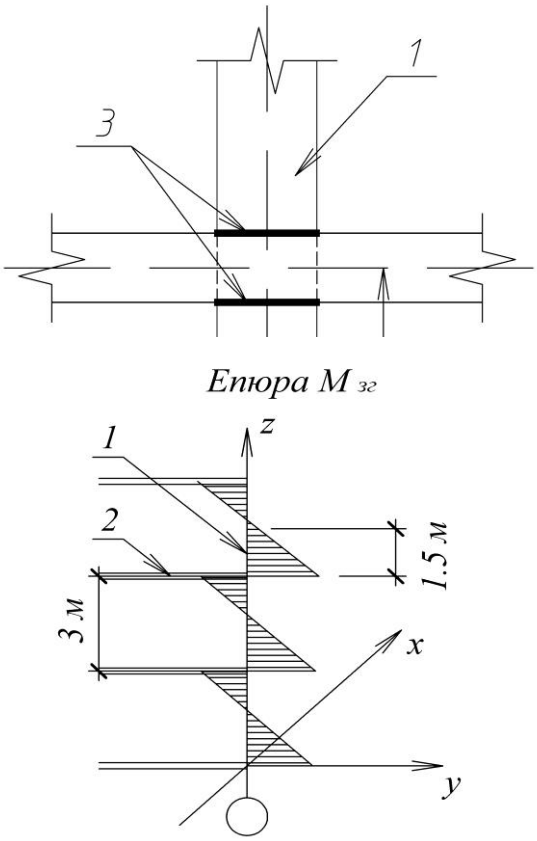



*Рис. 2. Модель каркасно-монолітної будівлі для розрахунку в програмному комплексі Lira 9.6: 1 – пілон (рис. 3); L – 30 м, довжина будівлі; B – 24 м, ширина будівлі; h – 3 м, висота поверху; b – 6 м, крок несучих конструкцій.*

[1] Тонкачеєв Г.М., Соловей Д.А., Шарапа С.П. Київський національний університет будівництва і архітектури.

льним.

Проблема зменшення зчеплення між поверхнею опалубки та бетоном вирішена в роботі Афанасьєва [1]. Ефективність опалубки може бути підвищена, якщо поверхню опалубки захистити еластичним матеріалом у вигляді гнучкої стрічки, ділянки якої по мірі ковзання опалубки будуть знаходитись в контакті з бетоном і відриватися при виході бетону з опалубки. Таке рішення дещо ускладнює конструкцію, але дає високий технологічний ефект, повністю виключаючи ручні операції при віброущільненні бетонних сумішей і вирішуючи проблему технологічних зупинок.

В дослідженнях [3, 8] доведена можливість влаштування монолітних конструкцій без відриву опалубки від бетону при перервах у бетонуванні завдяки зменшенню сил зчеплення. Використання гнучкої стрічки вирішує проблему збереження якості поверхонь при вимушених перервах, так як при розпалубці бетону не виникає напружень у площині зсуву, а відбувається нормальний відрив еластичного килиму від поверхні бетону стіни і при цьому не порушуються структура як свіжовкладеного бетону, так і бетону на ранніх стадіях твердіння. Опалубка з гнучкою стрічкою може рухатись як у режимі підйомно-переставної так і ковзної опалубки. Її застосування полегшує влаштування робочих швів.

**Мета і завдання статті.** Визначення можливості розміщення робочих швів при бетонуванні пілонів каркасно-монолітних будівель вище рівня плит перекриттів для підвищення ефективності використання ковзної опалубки.

**Виклад основного матеріалу статті.** Моделювання роботи каркасу будівлі показує, що максимальний згинальний момент в вертикальних конструкціях виникає в рівні примикання плити перекриття (рис. 2, 3). Оскільки передача зусиль в арматурних стержнях через напуск не забезпечує рівноміцного з'єднання, виникає необхідність розміщення арматурних стиків у розбіг та збільшення довжини напуску, що підвищує матеріаломісткість та трудомісткість армування. Наприклад для стержнів діаметром 25 мм напуск складає 1100 мм.

Згідно з ДСТУ Б.В.2.6-156:2010 [4] з'єднання стержнів унапуск повинно виконуватись, як правило, у різних перерізах і не розміщуватись у зонах максимальних моментів сил.

Значення довжини напуску стержнів розраховується в залежності від напружень у стержнях в місці з'єднання та може бути зменшене відповідно до запасу несучої здатності в з'єднанні.

Як показують результати розрахунку (рис. 3) на відмітці 1,5 м від рівня плити перекриття розрахункове значення моменту знижується в 3-5 разів в залежності від поверху, що розглядається. Тому перенесення зони робочого шва та місця стикування арматурних каркасів дозволяє скоротити витрати арматури вертикальних елементів на 10-15 % за рахунок зменшення необхідної довжини напуску. При зменшенні довжини напуску в стиках арматури зменшиться і трудомісткість армування конструкцій.

Для ковзної опалубки з висотою щитів 1,2 м опалубний модуль може бути розташований над рівнем плити перекриття. З'являється можливість влаштовувати плиту не демонтуючи опалубний модуль, так як він буде знаходитися вище рівня стику.

Поярусне зведення несучих конструкцій без відокремлення опалубки від поверхні бетону усуває операції з повторного встановлення та вивірки опалубки. У результаті зменшується кількість ланок в розмірних ланцюгах при розрахунку точності будівельних та розбивочних робіт. До того ж при такому способі виконання робіт зменшується кількість робочих швів. Це дозволяє досягти вищої точності влаштування несучих конструкцій та зменшує трудомісткість робіт.

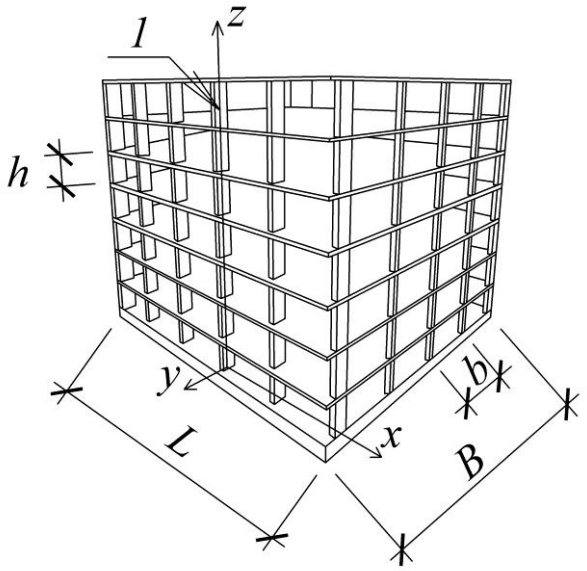



*Рис. 3. Загальний вигляд епюри згинальних моментів в пілоні:*
*1 – пілон; 2 – плита перекриття*

## Висновки

1. Ґрунтуючись на вимогах нормативних документів, результатах моделювання роботи конструкцій каркасу будівель, аналізі технологічного процесу влаштування вертикальних несучих конструкцій з застосуванням ковзної опалубки обґрунтована доцільність влаштування робочого шва на відмітці 1,5 м від рівня плити перекриття.

2. Потребує вирішення питання технології влаштування стиків плит перекриття з пілонами.

## Література

1. *Афанасьев А.А.* Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона / Афанасьев А.А. – М.: Стройиздат, 1990. – 376 с.

2. *Евдокимов Н.И.* Технология монолитного бетона и железобетона: учеб. пособие для строительных вузов / Евдокимов Н.И., Мацкевич А.Ф., Сытник В.С. – М.: Высш. школа, 1980. – 335 с.
3. *Долматов А. О.* Міцність і деформативність залізобетонних фрагментів стін будівель і споруд, що зводяться у вертикально-рухомих опалубках: автореф. дис… к. т. наук: 05. 23. 01 / Долматов Андрій Олександрович, ДонДАБА. – Макіївка, 2004. – 19 с.
4. *ДСТУ Б В.2.6-156:2010*. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Уведено вперше, чинний з 2011-08-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
5. *Косенков Е.Д.* Строительство высотных сооружений в скользящей опалубке. / Косенков Е.Д. – К.: «Будівельник», 1971. – 144 с.
6. *Косенков Е.Д.* Строительство инженерных высотных сооружений из монолитного железобетона. / Е.Д. Косенков. – К.: «Будівельник», 1977. – 184 с.
7. *СНиП 2.03.01-84**. Бетонные и железобетонные конструкции. – Скасовано з введенням в дію ДБН В.2.6-98-2009 з 2011-08-01. – М.: Госстрой СССР. – 1988 г. – 78 с.
8. *Тонкачеєв Г. М.* Технологічні параметри процесу бетонування стін у вертикально-рухливій опалубці з нескінченною стрічкою / Тонкачеєв Г.М., Долматов А.О. // Будівельне виробництво. – К.: НДІБВ. – 2001. – Вип. 42. – с. 20-22.
9. *Hurd, M. K.* Self-lifting forms shape building cores // Concr. Constr. – 35(2). – 1990. – P. 215–219.
10. *Tarek Zayed,* M. Reza Sharifi, Sandel Baciu, Mohamed Amer. Slip-Form Application to Concrete Structures // Journal of Construction Engineering and Management. – Vol. 134, No. 3. – 2008. – P. 157-168.

УДК 666.983

*Ємельянова І.А. Блажко В.В. Фоменко Д.С.*[1]

# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКТ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ДВУХРОТОРНОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ЗМІШУВАЧА

*АНОТАЦІЯ. Пропонується нова конструкція змішувача примусової дії у складі технологічного комплекту обладнання для приготування сухих будівельних сумішей різного призначення. Представлені результати експериментальних досліджень роботи змішувача нової конструкції.*

Сучасні сухі будівельні суміші являють собою складні композиції різних за своїми властивостями компонентів.

Поєднання цих компонентів між собою, та створення однорідної суміші складна у технічному плані задача.

Незважаючи на те, що процес змішування сипких матеріалів дуже часто використовується в різноманітних галузях (виробництво скла, ліків, металургійній промисловості та інш.) на даний час існує ряд невирішених питань щодо підвищеного зносу робочих органів і корпусу змішувача, тривалий час на приготування надскладних композицій, що складаються з понад дванадцяти і більш компонентів, протікання процесів сегрегації під час приготування суміші та інш. [1, 2].

На даний час для приготування сухих будівельних сумішей застосовуються технологічні комплекси, що мають можливість виготовляти різні за своїм призначенням суміші.

Комплекси оснащуються високоякісними дозувальними пристроями та змішувачами примусової дії з одним або двома валами на яких закріплюються різноманітні за формою перемішуючі пристрої.[3, 4]

Для приготування сухих будівельних сумішей у малих об'ємах (наприклад для індивідуальних потреб будівельної компанії) пропонується новий мінікомплекс (рис.1).

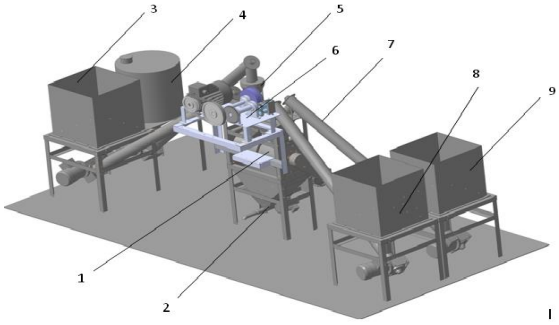



*Рис. 1. Технологічний комплект обладнання для приготування сухих будівельних сумішей:*
*1 – змішувач; 2 – фасовочна машина; 3 – бункер піску; 4 – силос цементу; 5 – ваговий дозатор; 6 – різник фібри; 7 – шнековий живильник; 8 – бункер заповнювачів; 9 – бункер в'яжучого.*

Якість сухих будівельних сумішей залежить від багатьох факторів, основним з яких є однорідність суміші.

З метою вирішення проблеми приготування якісної (однорідної) будівельної суміші пропонується нова конструкція змішувача (рис.2).

[1] Ємельянова І.А. Блажко В.В. Фоменко Д.С. Харківський національний університет будівництва та архітектури.

Змішувач містить корпус 1 із завантажувальними патрубками 2 і 3 і розвантажувальними отворами 4 і 5, що оснащені заслінками 6 і 7, які приводяться у дію пневмоциліндрами 8 та 9. Корпус 1, який складається з двох правого та лівого усічених конусів, з'єднаних між собою звуженою частиною за допомогою фланців 10. В середині корпусу 1 на валах 11 і 12 закріплені ротори з лопатями 13, 14. Для забезпечення інтенсивного перемішування компонентів суміші та їх руху в осьовому напрямку лопаті встановлено під кутом β = 55... 60º до осі їх обертання. Привод обертання валів здійснюється від електродвигунів 15, 16 через пасові передачі 17 і 18. Керування роботою змішувача здійснюють завдяки блоку управління 19.

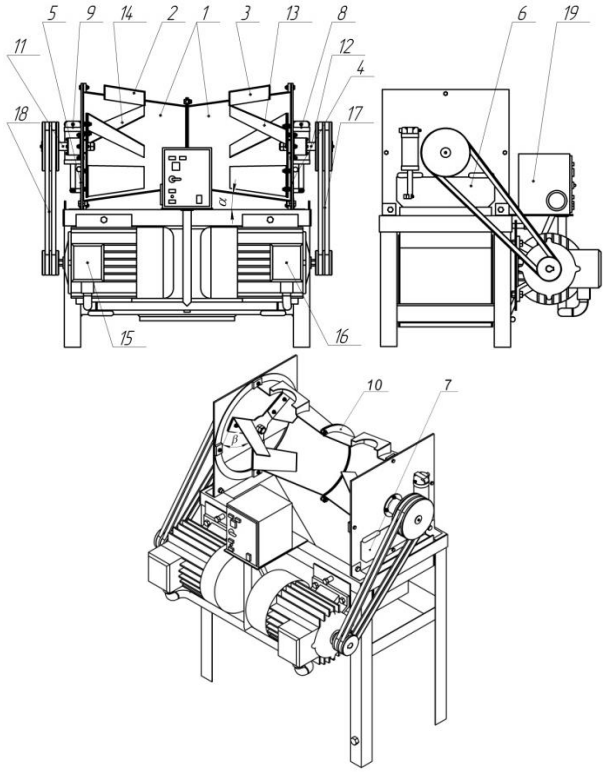



*Рис. 2. Схема змішувач примусової дії для приготування сухих будівельних сумішей.*

Змішувач працює таким чином.

Заздалегідь віддозовані компоненти будівельної суміші через завантажувальні патрубки 2 і 3 подаються в корпус 1 та потрапляють в зону дії роторів з лопатями 13, 14. Завдяки обертанню роторів у протилежні боки з різною частотою $n_1$ = 500 хв$^{-1}$, $n_2$ = 300 хв$^{-1}$, та куту встановлення лопатей β = 55... 60º, частинки суміші інтенсивно перемішуються і набувають значних радіальних та аксіальних швидкостей, що сприяє виникненню аксіального напору, який перевищує опір сил тертя о стінки корпусу та сили тяжіння. Під дією роторів з лопатями 13, 14, які обертаються, суміш переводиться у зважений стан і спрямовується в осьовому напрямку до звуженої частини правого та лівого конусів 1, одночасно набуваючи обертового руху. Оскільки частота обертання роторів 13, 14 у правій $n_1$ = 500 хв$^{-1}$ та лівій $n_2$ = 300 хв$^{-1}$ частинах корпусу 1 відрізняється між собою, швидкість руху часток суміші та їх траєкторії будуть різними. Тому переміщуючись до звуженої частини корпуса 1 два протилежно спрямовані потоки проходять один повздовж другого та потрапляють у протилежно розташовані частини корпусу. Остаточне перемішування компонентів суміші відбувається за рахунок багаторазового переміщення компонентів суміші з правої у ліву частину корпуса 1 та інтенсивного переміщення часток з одного потоку в інший, що прискорює процес перемішування.

Після приготування суміші заслінки 6 і 7 піднімаються за допомогою пневмоциліндрів 8, 9.

Розвантаження готової суміші відбувається завдяки силі тяжіння, яка змушує суміш рухатись униз до розвантажувальних отворів 4 і 5 (на Рис. 2 отвори закриті заслінками 6,7 ) що розташовані у нижній частині торцевих стінок корпусу 1 змішувача, та завдяки куту α = 40º, який перевищує кут природного укосу для багатьох з відомих будівельних сумішей.

Для перевірки можливості роботи змішувача (Рис.1) у складі технологічного комплекту (Рис.1) з приготування сухих будівельних сумішей були проведені дослідження з використанням планованих експериментів.

*Рис. 3. Змішувач примусової дії для приготування сухих будівельних сумішей.*

Технічна характеристика лабораторного зразка

| | | |
|---|---|---|
| Продуктивність змішувача, П | 0,4 | м$^3$/год |
| Частота обертання робочих органів, $n_1/n_2$ | 500/300 | хв.$^{-1}$ |
| Потужність привода, Р | 1.1 | кВт |
| Габаритні розміри: | | |
| висота | 0.71 | м |
| довжина | 0.75 | м |
| ширина | 0.55 | м |
| Вага | 38 | кг |

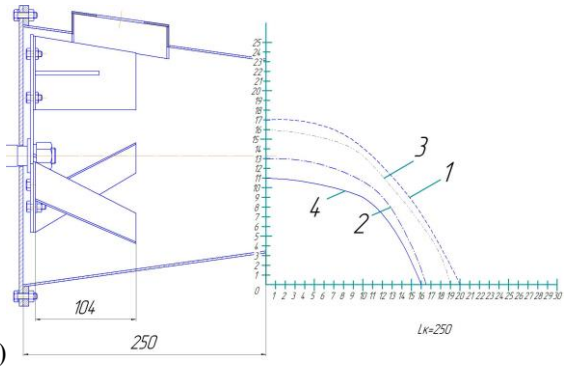
З метою підтвердження виникнення аксіального напору часток суміші в середині корпусу та вплив геометричних параметрів змішувача на процес руху часток в середині корпусу були проведені експериментальні дослідження.

Під час проведення експерименту відбувалось варіювання факторами та візуально фіксувались траєкторії руху часток, що переміщувались у повздовжньому напряму (рис 4 а, б).

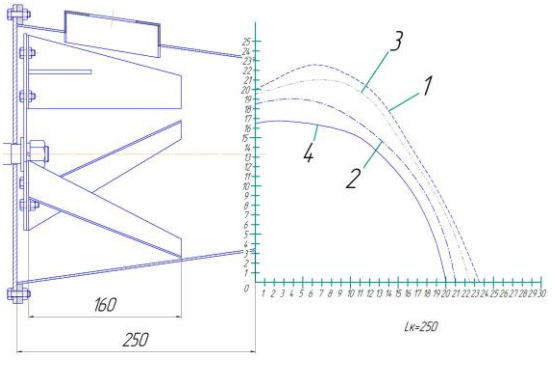
В якості факторів, що впливають на рух часток суміші були прийняті:

$X_1$ – частота обертання робочих органів n, хв.$^{-1}$; ( 75/50, 150/125, 300/250 хв.$^{-1}$.);

$X_2$ – відношення довжини лопаті до довжини корпусу $L_л$/ $L_к$ (0.5/1, 0.75/1).




а)




б)

*Рис.4 Результати попередніх експериментів, щодо визначення впливу робочих параметрів змішувача на траєкторію руху часток.*

***а)*** *$X_1$ – частота обертання робочих органів n, хв.$^{-1}$; 75/50, 150/125, 300/250 хв.$^{-1}$.;*

*$X_2$ – відношення довжини лопаті до довжини корпусу $L_л$/ $L_к$ 0.5/1.*

***б)*** *$X_1$ – частота обертання робочих органів n, об/хв; 75/50, 150/125, 300/250 об/хв.;*

*$X_2$ – відношення довжини лопаті до довжини корпусу $L_л$/ $L_к$ 0.75/1.*

Криві 1, 2 відповідають траєкторії руху часток суміші при частоті обертання робочого органу n=150 та 300 хв.$^{-1}$., криві 3, 4 - частоті обертання n=125 та 250 хв.$^{-1}$відповідно.

За частоти обертання робочого органу n=50 та 75 хв.$^{-1}$. значного руху часток суміші за межі дії ротора з лопатями не відбувалось, тому на графіку ці траєкторії не зображено.

Результати проведеного експерименту дали змогу зробити попередній висновок про вплив факторів на траєкторію руху часток суміші. З (рис 4 а, б) видно, що ефективність переносу часток суміші з однієї зони дії робочого органу змішувача в іншу зростатиме зі збільшенням частоти обертання та відношенням довжини лопаті до довжини корпусу.

Серія наступних опитів проводилась з метою оцінки ефективності роботи змішувача. У процесі проведення експерименту ефективність роботи змішувача визначалась за показником однорідності суміші.

В якості факторів, які впливають на ефективність роботи, були обрані:

$X_1$ – частота обертання робочих органів n, об/хв;

$X_2$ – час перемішування компонентів t, сек;

$X_3$ – коефіцієнт завантаження корпусу змішувача $К_3$, %.

Інтервал варіювання змінними ($x_1$, $x_2$, $x_3$) виконувався згідно плану експерименту представленого в таблиці 1.

*Таблиця.1*

**Інтервал варіювання змінними**

| Код | Значення t, сек | Значення n, хв.$^{-1}$ | Значення $К_3$, % |
|---|---|---|---|
| 0 | 30 | 150/100 | 0.45 |
| | 15 | 75/50 | 0.15 |
| + | 45 | 225/150 | 0.6 |
| - | 15 | 75/50 | 0.3 |
| -1.414 | 9 | 44/29 | 0.24 |
| +1.414 | 51 | 256/171 | 0.66 |

У ході проведення експерименту готувалась суміш, яка складалась з чотирьох ключових компонентів (a, b, c, d.):

компонент **a** - щільність 920 кг/м$^3$ (його вміст складав 15%);

компонент **b** - щільність 720 кг/м$^3$ (його вміст складав 50%);

компонент **c** - щільність 880 кг/м$^3$ (його вміст складав 15%);

компонент **d** - щільність 720 кг/м$^3$ (його вміст складав 20 %).

Однорідність суміші визначалась за допомогою відбору проб приготовленої суміші, та відсіювання з цих проб „маркерного” компоненту d., процентний вміст якого і визначав якісний склад суміші.

Обробка експериментальних даних дала можливість побудувати графічні залежності (Рис.5), що візуально відображає вплив факторів на однорідність суміші.

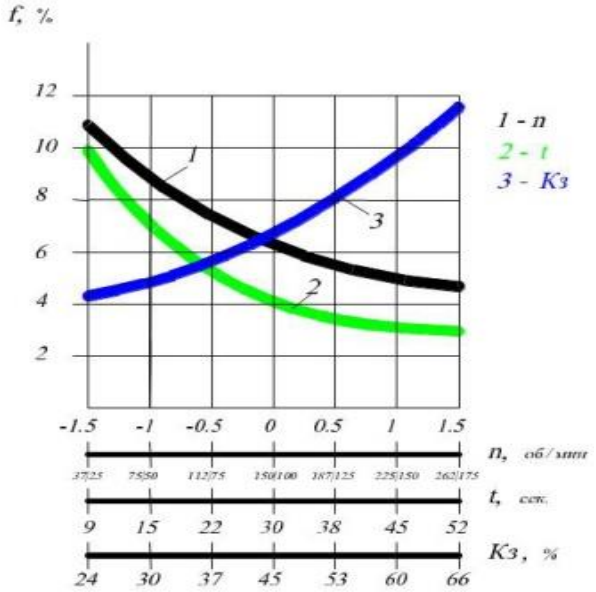



*Рис. 5. Графічна залежність однорідності суміші від впливу факторів.*

Характер кривих, що представлені на рис.5, свідчить про значний вплив обраних факторів на якісний показник роботи змішувача.

На графіках 1-2 видно, що збільшення частоти обертання робочого органу та часу на, на приготування суміші позитивно впливає на ступінь однорідності. Ефект від підвищення частоти обертання можна пояснити збільшенням швидкості циркуляції часток суміші та їх спрямуванням у повздовжньому напрямку з однієї зони змішувача в іншу. Аналізуючи графік 2 видно, що якісна суміш (f -5…7%) формується вже на 25-30 с., тому перевищення цього часу не раціонально для даного виду змішувача.

Збільшення коефіцієнта завантаження корпуса змішувача негативно впливає на ступінь однорідності суміші. Для даної конструкції змішувача рекомендованим коефіцієнтом можна вважати $К_з$ = 37-45 %

## Висновки

Результати попередніх експериментальних досліджень нового зразка змішувача примусової дії підтверджують ефективність використання таких машин у складі технологічних комплектів для приготування сухих будівельних сумішей.

Згідно графікам 1-2 Рис.5 змішувач має потенціал, щодо приготування сухих будівельних сумішей, до яких висуваються значні якісні вимоги.

## Література

1. Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. Переработка сыпучих материалов машинах барабанного типа. – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
2. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками: Пер. с польск. – Л.: Химия, 1975. – 384 с
3. Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: Конструкції та особливості експлуатації. – К.: Вища школа, 2004. – 590 с.
4. Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.

УДК 62-192

*Назаренко І.І., Делембовський М.М.*[1]

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВІБРОУЩІЛЬНЮЮЧИХ МАШИН ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, КОНСТРУЮВАННІ, ВИГОТОВЛЕНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

***Анотація:*** *Робота присвячена розгляду питань підвищення надійності вібромашин будівельної індустрії. На сьогодні практично відсутні роботи по розробці методів оцінки надійності вібромашин на різних стадіях їх створення.*

***Ключові слова:*** *вібромашина, проектування, експлуатація, ремонт, відмова.*

***Аннотация:*** *Работа посвящена вопросам повышения надежности вибромашин строительной индустрии. На сегодня практически отсутствуют работы по разработке методов оценки надежности вибромашин на разных стадиях их создания.*

***Ключевые слова:*** *вибромашина, проектирование, эксплуатация, ремонт, отказ.*

***Annotation:*** *The work is devoted to increasing the reliability of vibrators construction industry. Today, almost no work on developing methods for assessing the reliability of vibration at different stages of their creation.*

***Keywords:*** *vibromashines, design, operation, maintenance, reliability, denial.*



[1] Назаренко І.І., д.т.н., проф. КНУБА; Делембовський М.М., ас. КНУБА.

**Вступ.** Віброущільнюючих машини широко використовуються в будівельній індустрії при виготовленні бетонних та залізобетонних виробів. Ефективність їх роботи в значній мірі залежить від достатньо конкретного врахування діючих сил системи та надійності роботи елементів вібромашин. На даний момент часу практично відсутні роботи по розробці методів оцінки надійності вібромашин на різних стадіях проектування. Також, практика експлуатації вібромашин будіндустрії засвідчує частий вихід із ладу деталей та вузлів цих машин внаслідок недостатньої довговічності та безвідмовності.

**Актуальність роботи.** Розробка методів підвищення більш точного розрахунку критеріїв надійності конкретних вузлів та деталей машин залишається актуальною. Відмова хоча б одного з елементів машини призводить до порушення роботи всієї системи, а отже чим складніша машина, тим актуальніше стоїть питання розрахунку надійності вібромашини.

**Хід роботи.** Прогнозування надійності відбувається на всіх етапах проектування, експлуатації та ремонту.

Підвищення надійності та ефективності вібраційних машин досягається впровадженням комплексу заходів на всіх етапах створення (проектуванні, конструюванні, виготовленні та експлуатації) й експлуатації віброущільнюючих машин – від проведення досліджень робочого процесу створюваної віброущільнюючих машин до експлуатації серійних віброущільнюючих машин. Комплекс повинен передбачити узгоджені впливи на показники надійності на всіх етапах створення віброущільнюючих машин.

При проектуванні віброущільнюючих машин оцінка надійності дозволяє визначити, достатність відпрацювання даної конструкції для її використання в заданих умовах експлуатації. Якщо використані методи попередньої оцінки надійності показують, що дана надійність нижче необхідної, тоді на ранніх стадіях проектування, виявивши причину недостатнього рівня надійності, необхідно прийняти відповідні міри для відміни цих причин.

При закладенні надійності велику роль відіграє використання методів подібності та моделювання робочих органів, а також середовищ. Це дає можливість в короткі терміни оцінити ефективність прогнозованих рішень. При проектуванні віброущільнюючих машин необхідно точно визначити вимоги та відповідні умови експлуатації і режими роботи.

На стадії проектування визначають її вартість та витрати, які зв’язані з експлуатацією. При створенні нової віброущільнюючої машини розглядають надійність збірних одиниць і деталей, якими комплектується. Приймають більш сучасну схему уніфікації і агрегатних вузлів та збірних одиниць, на які розбиваються віброущільнюючі машини даної конструкції, встановлюється термін служби основних деталей і збірних одиниць.

На даній стадії розробляється вимоги до надійності віброущільнюючих машин збірних одиниць і деталей, впливаючи на їх роботоздатність. При розробці вимог на надійність необхідно точно проаналізувати відповідні вихідні дані реальних умов, відображаючи специфіку роботи її збірних одиниць та деталей.

Підвищення надійності віброущі-льнюючих машин можна здійснити шляхом спрощення конструкції машини і підвищення її опірності зовнішнім впливом. Це досягається за рахунок вибору більш простих схем машини з обмеженим числом складальних одиниць, деталей і їх раціональної конструкції, а також за рахунок застосування матеріалів з більш високою міцністю, зносостійкістю, антикорозійні, за рахунок застосування більш досконалої технології виготовлення і її стабільності. Нестабільність технологічних процесів, коли матеріал, з якого виготовляють машину, її складальні одиниці і деталі, може відхилятися від заданих технічних умов виготовлення.

Конструювання віброущільнюючих машин по етапам – дозволяє контролювати і затверджувати проекти на різних стадіях розробки.

На основних етапах конструювання вібромашин розробляють наступну документацію:

1. Технічне завдання на проект чи технічну пропозицію;
2. Ескізний проект, включає в себе ескізну розробку загальних видів основних вузлів;
3. Технічний проект, складаючи відпрацьований загальний вид віброущі-льнюючих машин і їх вузлів, готових до деталювання.
4. Робочий проект, представляючи собою комплекс загальних видів, робочих креслень деталей, специфікації і їхніх документів доступних для виготовлення віброущільнюючих машин.

При конструюванні необхідно звернути увагу на технічну естетику. Між поняттям краса в інженерній справі і раціональною конструкцією існує прямий зв'язок.

Конструювання будь-якого елемента віброущільнюючої машини починається з вибору відповідного матеріалу, так як це дає можливість визначити її надійність, термін служби та економічні показники надійності. Необхідно мати на увазі, що вартість матеріалів складають значну частину вартості всієї віброущільнюючої машини (в віброущільнюючих машинах вартість матеріалів складає приблизно 70…75%). Велику роль також відіграє спосіб виготовлення відповідних деталей так як в більшості випадків на стружку

уходить майже 40% металу, що в свою чергу впливає на вартість віброущільнюючої машини.

При ***конструюванні*** і ***виготовленні*** віброущільнюючих машин повинні строго дотримуватися Державні стандарти (ГОСТи).

Застосування в машині стандартних деталей і вузлів зменшує кількість типорозмірів, забезпечує взаємозамінність, дозволяє швидко і дешево виготовляти нові машини, а в період експлуатації полегшує ремонт. Виготовлення стандартних деталей і вузлів машин проводиться в спеціалізованих цехах і на заводах, що підвищує їх якість і знижує вартість.

Надійність, закладена в віброущільнюючих машинах на стадіях проектування, конструювання та виготовлення повинно забезпечуватись і в період **експлуатації**.

Основною характеристикою, що визначає той чи інший стан вібромашини в період експлуатації, є відмова (рис.1), що являє собою подію, яка полягає порушені працездатності виробу і класифікується за рядом ознак.

В період проведення досліджень надійності роботи вібраційних машин на Київському заводі залізобетонних конструкцій Південно-Західної залізниці, було виявлено ряд основних відмов, які проявились в процесі експлуатації:

1. Карданні вали:

а) б)

*Рис. 2.*

2. Муфти:

а) б)

*Рис.3.*

3. Підшипники:

а) б)

*Рис.4.*

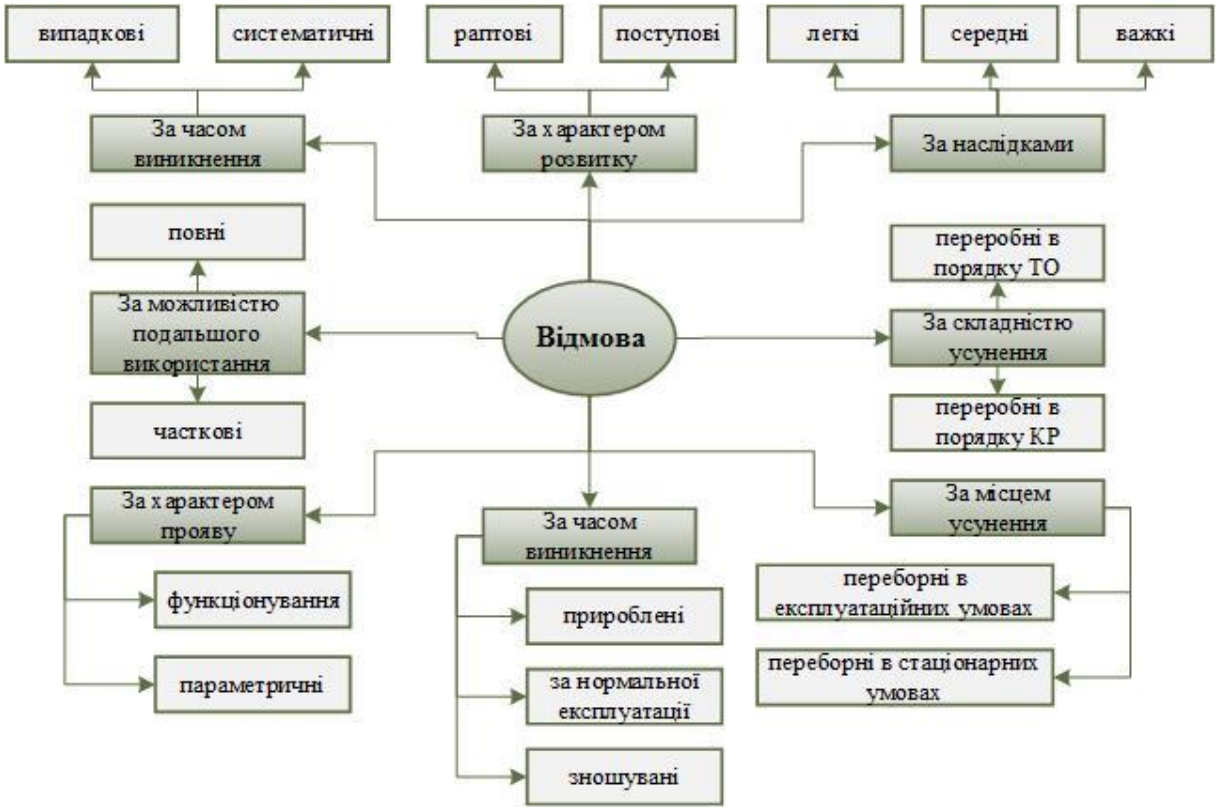



*Рис.1.Основні класифікаційні ознаки відмов.*

4. Опорні конструкції:

а)

б)

*Рис.5.*

Під експлуатацією віброущі-льнюючих машин розуміється весь строк їх існування від випуску до зняття з експлуатації, яка може складатись з окремих періодів (таблиця 1).Методи і можливості по підвищенню надійності віброущі-льнюючих машин різні і пов'язані з всіма етапами проектування, конструювання, виготовлення та експлуатації.

*Таблиця 1*

**Період експлуатації віброущільнюючих машин.**

| Період експлуатації | Роботопридатність |
|---|---|
| **1. Простій віброущільнюючих машин**<br>- Консервація і зберігання;<br>- Транспортування;<br>- Перевірка роботоздатності (діагностика) або налаштування (підготовка до роботи);<br>- Простої (ремонт). | Не знижується |
| **2. Робота віброущільнюючих машин**<br>- Робота при нормальних режимах і умовах експлуатації;<br>- Робота при підвищених режимах;<br>- Робота при понижених режимах;<br>- Робота при перевірках і випробуваннях. | Знижується |
| **3. Ремонт віброущільнюючих машин**<br>- Планові періодичні ремонти;<br>- Технічне обслуговування;<br>- Аварійні ремонти. | Відновлення |

## Висновок

Отже, розрахунок і прогнозування надійності, регламентація і забезпечення показників надійності, нормування швидкості протікання процесів старіння, визначених ще на стадії проектування та уточнення на стадії створення дослідного зразку віброущі-льнюючої машини її роботопридатності і стану – всі ці умови необхідні для вирішення відповідних задач надійності.

## Література


1. Назаренко І.І, Берник І.М. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв. Видавництво «Аграр Медіа Груп», - К.: - 2013. – 544 с.
2. Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. Підручник, КНУБА, 1999. – 488 с.
3. Назаренко І. І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання). К.: Видавничий дім «Слово», 2010. – 440 с.
4. А.С. Проников. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978 – 592 с.
5. А.С. Проников. Параметрическая надежность машин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 – 560 с.
6. Кравченко І. Н., Зорін В.А, Пучин Е.А. та Бондарева Г.І. Основы надежности машин.: Учеб. пособие – Часть 1– М.: Изд-во, 2007 – 224 с.

УДК 693.546.42

*Мартинюк І.Ю.*[1]

# ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМІНИ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННОЇ СУМІШІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇЇ УЩІЛЬНЕННЯ

*АНОТАЦІЯ. Розглянуто реологічну модель та основні характеристики зміни стану бетонної суміші при різних процесах віброущільнення.*
*Ключові слова: бетонна суміш, реологічна модель, ущільнення, вібрація.*
*АННОТАЦИЯ. Рассмотрены реологические модель и основные характеристики изменения состояния бетонной смеси при различных процессах виброуплотнения.*
*Ключевые слова: бетонная смесь, реологическая модель, уплотнения, вибрация.*
*SUMMARY: Rheological model and the basic characteristics of changing the state of the concrete mix at different densification process was considered.*
*Keywords: concrete mix, rheological model, seals, vibration.*

**Актуальність теми.** Дослідженню технологічного процесу виробництва бетонних і залізобетонних присвячено значну кількість робіт [1-4], згідно з якими його можна поділити на такі технологічні операції: підбір складу бетону , приготування і транспортування бетонної суміші, її укладання і ущільнення , а також забезпечення необхідного режиму твердіння бетону.

Укладання і ущільнення бетонної суміші є основними технологічними операціями, що значною мірою визначають міцність, якість і довговічність бетону, тому що саме вони повинні забезпечувати максимальну щільність свіжосформованого бетонного виробу. В даний час основним і найбільш ефективним способом укладання і ущільнення бетонної суміші є вібраційний метод ущільнення, заснований на зміні властивостей бетонної суміші [9], які проявляються у вигляді розрідження бетонної під дією вібрації. Т ому дослідження і визначення істинного впливу вібрації на процес ущільнення є задачею актуальною.

**Виклад основного матеріалу.** Головною вимогою до ущільнення бетонної суміші є забезпечення максимальної щільності свіжосформованого виробу, яку можна охарактеризувати коефіцієнтом ущільнення [3] :

$$k_y = \frac{\rho_б}{\rho_0} \geq 0.98 \text{ ,} \qquad (1)$$

де $\rho_б$ - щільність свіжосформованого бетону; $\rho_0$ - абсолютна щільність бетону. Для отримання якісного бетонного виробу значення має бути не менше 0.98.

На частки всередині ущільнюваної бетонної суміші діють сили внутрішнього тертя, зчеплення, інерції, реакції форми і тяжіння. Їх величина залежить від поверхні, через яку передаються коливання, характеру змушуючої сили, гранулометричного складу бетонної суміші, водоцементного відношення. Під дією цих сил можна виділити три типи руху частинок бетонної суміші [4, 6]: індивідуальний рух кожної частинки (положення рівноваги в обсязі суміші), коливальний рух бетонної суміші як суцільного середовища і рівномірне переміщення частинок з одного положення рівноваги в інше, що відбувається, переважно, в поверхневому шарі.

Слід зазначити, що позитивний вплив на ущільнення бетонної суміші надає лише сила тяжіння, яка прагне ущільнити бетонну суміш у певному напрямку. Її дія ще більш посилюється в результаті того, що при поширенні коливань в бетонній суміші різко зменшуються сили внутрішнього тертя, внаслідок її тиксотропного розрідження .

При віброущільненні бетонної суміші відбувається два одночасно протікаючих процеси: ущільнення і формоутворення [8]. Процес ущільнення умовно можна поділити на три основні стадії: укладка складових, їх зближення і компресійне обтиснення [4] .

У початковому стані жорстка бетонна суміш нагадує сипуче тіло, що володіє деяким зчепленням і значним вмістом повітря (до 15% від загального обсягу бетонної суміші). Протягом першої стадії відбувається перекомпонування зерен заповнювача, що прагнуть зайняти більш стійке положення один щодо одного. Тривалість цієї стадії 20-30 с залежно від жорсткості бетонної суміші, віброущільнення рекомендується проводити [6, 7] на частотах 10-25 Гц. Стадія характеризується різким збільшенням щільності бетонної суміші, і як наслідок зміною її об'єму.

На другій стадії відбувається зближення частинок суміші і їх обволікання цементним тістом. Тривалість стадії при стандартних ущільнюючих пристроях 120-180 с, залежно від жорсткості бетонної суміші. Ця стадія характеризується появою великої кількості контактів між зернами, значним видаленням повітря, переміщенням цементного тіста і порівняно малою зміною щільності. Однак саме ця стадія віброущільнення зумовлює необхідні властивості бетону. Для інтенсивного протікання процесу ущільнення, даній стадії пропонується [6, 7, 10] проводити віброущільнення на частотах 40-60 Гц , при переважно вертикальних складових напрямках коливань .

Третя стадія компресійного доущільнення у технології збірного залізобетону забезпечується лише при підвищенні статичного тиску, наприклад застосування пневмопривантажувача. Застосування високих тисків дозволяє заповнити цементним тістом порожнечі в заповнювачі, більш рівномірно розподілити воду і обжати контакти між зернами.


[1] Мартинюк І.Ю., аспірант (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

При формоутворенні, що протікає одночасно з ущільненням, здійснюється надавання виробу, що виготовляється, певної конфігурації і заданих геометричних розмірів. Формоутворення при використанні жорстких сумішей закінчується, головним чином, на другій стадії [10].

Варто відмітити, що основним показником якості бетонних виробів є міцність, забезпечення якості поверхні та геометричних параметрів.

Міцність бетону залежить від міцності складових його матеріалів і від міцності зчеплення їх один з одним. Міцність заповнювача, як правило, вибирається вище заданої марочної міцності бетону і тому мало на неї впливає. Виходячи з цього міцність бетону можна визначити наступними факторами [11]: міцністю затверділого цементного каменю і міцністю його зчеплення з заповнювачем.

Міцність цементного каменю залежить від мінералогічної активності в'яжучої речовини ( цементу ) і співвідношення кількостей цементу та води (Ц/В) [11]. Залежність міцності цементного каменю від Ц/В співвідношення можна пояснити тим, що чим більше в бетоні буде вільною, хімічно не зв'язаної води, тим більше буде пор в цементному камені через її випаровування і, відповідно, нижче його міцність (рис. 1). В роботі [9] встановлено, що недоущільнений бетон на 5%, тягне за собою зменшення його міцності приблизно на 30 %, а недоущільнений на 10 % може більш ніж в 2 рази знизити його міцність.

З іншого боку, якщо не забезпечити необхідну легкоукладальність бетонної суміші то виникає її недоущільнення, і як наслідок порушення однорідності структури бетону через появу значної кількості повітряних порожнеч, що негативно впливають на його міцність.

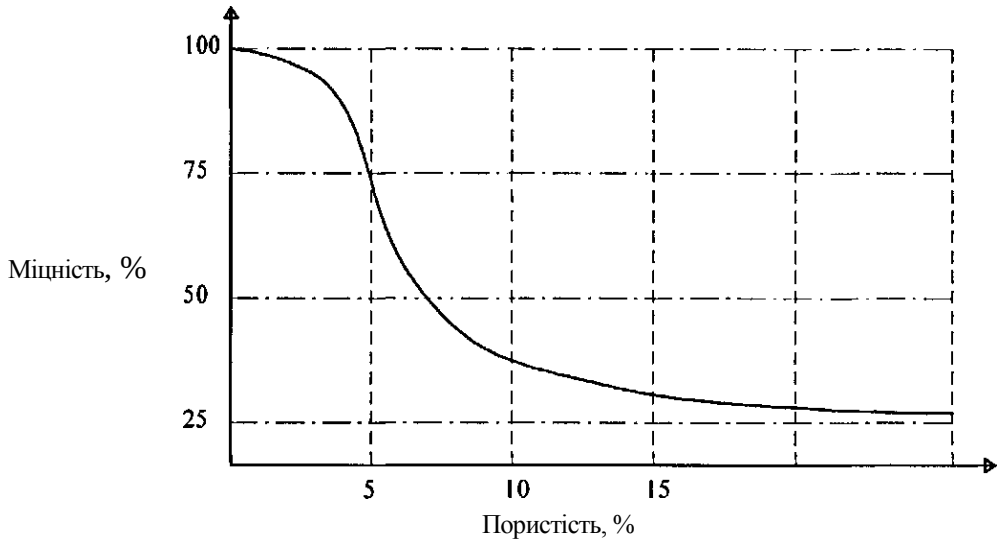



*Рис. 1. Залежність міцності бетону від пористості свіжо сформованої бетонної суміші.*

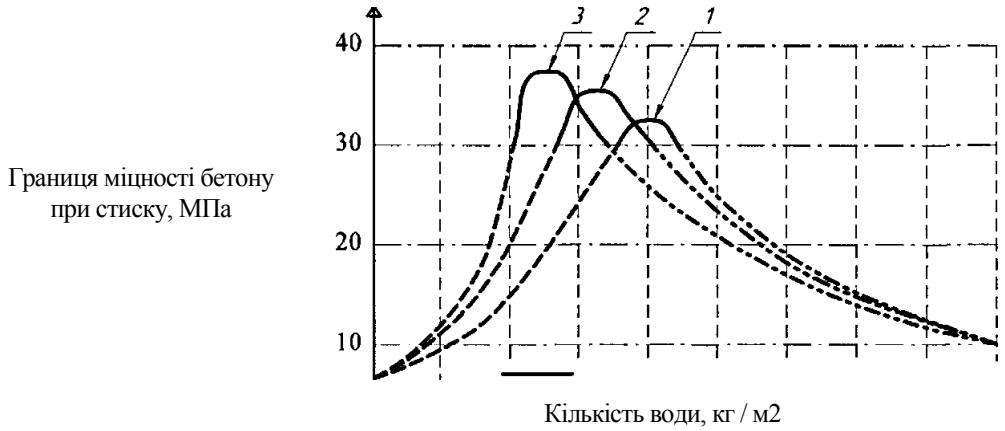



*Рис. 2. Залежність міцності бетону від кількості води замішування і способу ущільнення (при незмінній витраті цементу).*

Експериментальна крива (рис. 2) засвідчує, що використання більш жорстких сумішей при поліпшенні умов ущільнення веде до досягнення більшої марочної міцності бетону з можливістю зниження витрати цементу. Цим однозначно доводиться економічна доцільність застосування ефективних способів ущільнення бетонної суміші, шляхом встановлення істинного стану суміші після її ущільнення. При цьому варто відмітити, що стандарт передбачає чіткі значення амплітуди і частоти коливання, разом з тим будь-яка вібраційна машина має має лише режими пуску, перехідний, сталий та виключення. Цілком очевидно, що в більшості режимів амп-

літуда як і частота можуть змінюванюватися. Тому проблема полягає в пошуку таких рішень, як в конструктивному відношенні, так і в точності розрахунків на заданий, стабільний режим роботи.

Отже, процес віброущільнення бетонної суміші на різних стадіях підпорядковується різним закономірностям зважаючи на значні зміни її реологічних властивостей в процесі віброущільнення та зміну параметрів. Тому при створенні установок для віброущільнення, синтезі законів зміни параметрів віброколивань важливе значення має дослідження особливостей поведінки бетонної суміші як багатокомпонентної середовища при динамічному впливі на неї.

Для наочності подання , оцінки напружено- деформованого стану та зміни пружно - дисипативних властивостей бетонної суміші в процесі віброущільнення різними дослідниками в різний час було розроблено більше десятка реологічних моделей поведінки ущільнюваної бетонної суміші.

*Рис. 3. Стадії ущільнення, їх характеристики та реологічні моделі.*

У багатьох роботах [6, 7, 8] говориться про необхідність зміни цих параметрів у процесі віброущільнення .

Однак, до теперішнього часу не розроблено ефективних пристроїв, зручних для оцінки впливу зміни параметрів на процес ущільнення бетонної суміші.

Розроблена конструктивна схема вібромайданчика та застосування дискретно-континуальної схеми «вібромайданчик - бетонна суміш» із врахуванням взаємовпливу та дії приводу дає можливість вирішити проблему контролю якості ущільнення та запропонувати нові конструктивні рішення.

## Висновки

1. Виявлені основні характеристики зміни стану бетонної суміші при її віброущільненні.
2. Сформовані показники процесу ущільнення та стадії отримання готового виробу.
3. Обгрунтована реологічна модель бетонної суміші, що змінюється в залежності від стану та процесу ущільнення.

## Література

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник. – К.: Слово, 2010. – 440с.
2. Назаренко И.И. Высокоэффективные виброформовочные машины. – К.: Выща шк., 1988. – 140 с.
3. Чубук Ю.Ф., Назаренко И.И., Гарнец В.Н. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей. – К.: Выща шк., 1986. – 168 с.
4. Сивко В.И. Основы механики вибрируемой бетонной смеси. – К.: Вища шк., 1987. – 168 с.
5. Яковенко В.Б. Элементы прикладной теории вибрационных систем. – К.: Наук. думка, 1992. – 218 с.
6. 6 Куннос Г.Я. Реология бетонных смесей, сырца и бетона. -Рига: Риж.политехи.ин-т, 1979. 80 с.
7. Куннос Г.Я. Реологические модели тела с различным поведением при нагружении и разгрузке. В кн.: Технологическая механика бетона. Рига; Риж.политехи.ин-т, 1978, вып.3,с. 52-73.
8. Зазимко В.Г. Технология уплотнения бетона с управляемой вибрацией.: Автореф. дис. д-ра техн. наук.: - М., 1984-46с.
9. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учеб.пособие. - 2-е изд.,перераб. - М.: Высш.шк., 1987.-415с.
10. Савинов О.А., Лавринович Е.В. Теория и методы вибрационного формованияжелезобетонных изделий. - Л.: Изд-во лит-ры по строительству, 1972. -153с.
11. Строительные материалы и изделия: Учеб. /К.Н. Попов, М.Б. Каддо. - М.:Высшая школа, 2002. - 367 с.

# ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА БУДІВНИЦТВА

Науково-технічний журнал

Випуск 11

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

Формат 60х84/8.
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