

## РОЗЧИНОЗМІШУВАЧ З ВЕРТИКАЛЬНИМ ШНЕКОМ ТА ПЛАНЕТАРНИМИ ЛОПАТКАМИ

**Постановка проблеми.** Перелік вимог до змішувального обладнання на сьогодні досить широкий. Головними з них є: здатність приготування якісної однорідної суміші, порівняно невеликі значення енерго- та металоємності, високі показники продуктивності, простота конструкції та експлуатації, універсальність застосування змішувачів незалежно від реологічних характеристик суміші, що перемішується, виду та властивостей в'язучих речовин і заповнювачів. До того ж, якість отриманих будівельних матеріалів безпосередньо залежить від типу використаного змішувача [1]. А, отже, вдосконалення змішувального обладнання з метою виконання якомога більшої частини розглянутих вимог є важливою задачею конструювання будівельних машин.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуючі конструкції змішувачів дуже різноманітні [1]. Найбільшого поширення набули циклічні змішувачі примусової дії. У свою чергу, серед них активно використовуються і досліджуються лопатеві та шнекові змішувачі з горизонтальним розташуванням валів [2, 3], а також лопатеві роторні й планетарні – з вертикальним розташуванням валів [4, 5].

Змішувачі з вертикальним шнеком мають певні переваги порівняно з установками, розглянутими вище. При цьому даний різновид обладнання недостатньо вивчений і досліджений. Відомі лише поодинокі роботи вказаного спрямування [6, 7], але й вони не розкривають всього комплексу питань, необхідних для розробки та створення машин такого типу.

Розглянемо особливості роботи найпоширеніших циклічних змішувачів примусової дії у порівнянні з вертикальним шнековим змішувачем.

Змішувачі з горизонтально розташованим валом (рис. 1) або з кількома валами складаються з коритоподібного бункера 1, на торцях якого встановлені підшипникові вузли 2. Усередині бункера розташований вал 3 (або декілька валів), котрий обертається із закріпленими на ньому лопатками 4 від привода змішувача 5. Замість лопаток також може бути використана шнекова стрічка. Такі змішувачі забезпечують добру якість перемішування з

можливістю переміщення мас розчину до люку видачі, мають просту конструкцію й велику різноманітність рішень щодо виготовлення робочих органів з метою надання заданих траєкторій руху потоків суміші та прості в обслуговуванні.

Одним з найістотніших недоліків таких змішувачів є наявність складних сальникових вузлів для захисту підшипникових вузлів. Але, не зважаючи на це, їх ефективна робота переважно нетривала. Тому потрапляння будівельної розчинної суміші до підшипникових вузлів відбувається досить часто, що призводить до їх пришвидшеного виходу з ладу, а в окремих випадках і до підтікання розчину чи води з нього.

Вертикальні робочі органи змішувачів позбавлені цього недоліку або консольним встановленням лопаток на роторі, або особливою конструкцією нижньої опори.

Зокрема, як найпростіший варіант, на валові вертикального шнека використовується конструкція нижнього підшипникового вузла, розташованого в розчинній суміші, котра

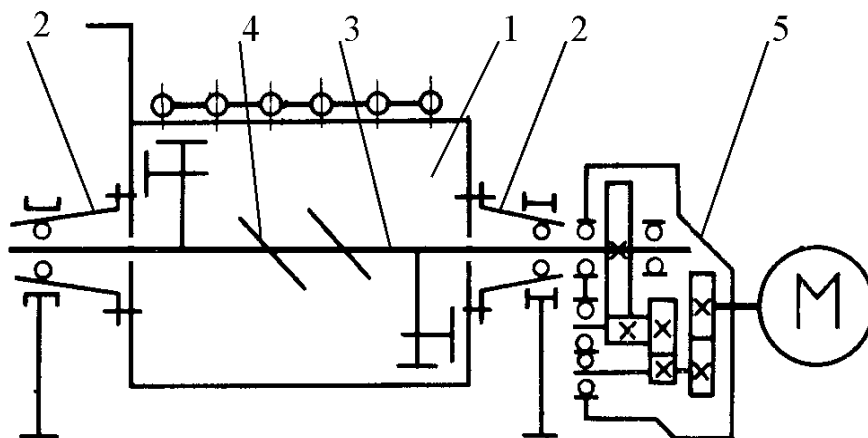


Рис. 1. Змішувач з горизонтальним валом.

показана на рис. 2. Вал шнека 1 за допомогою втулки 2 та кульки 3 опирається на п'ятку бункера 4 зі сферичною виймакою. Така конструкція дозволяє досягти потрапляння незначної кількості абразивних часточок середовища, яке переміщується, до підшипникового вузла за тривалий період роботи.

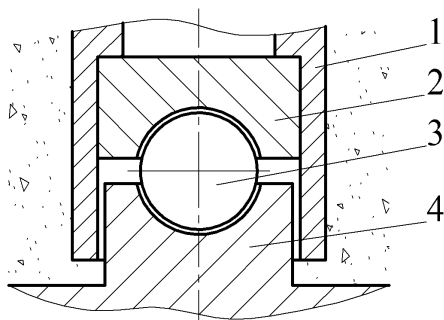


Рис. 2. Конструкція нижнього опорного підшипникового вузла вертикального шнека.

Примусові змішувачі з вертикальним валом є найбільш універсальними машинами. Прийнятне співвідношення власної ваги змішувача до корисного об'єму бункера, добра якість та однорідність приготованої суміші, здатність виготовляти як рухомі, так і малорухомі суміші, а також жорсткі формовочні ро-

зчини, роблять змішувачі цього типу найпоширенішими машинами для приготування будівельних розчинних сумішей.

Одним з таких змішувачів є лопатевий роторний (рис. 3), який складається з циліндричного бункера 1, у центральній частині якого знаходиться двигун 2 і стакан 3. Стакан,

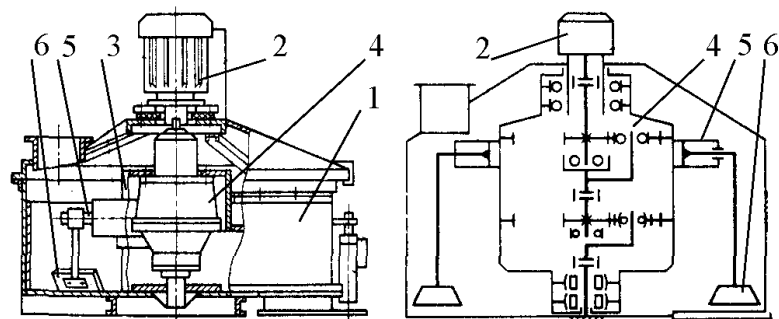


Рис. 3. Конструкція лопатевого роторного змішувача.

головним чином, потрібен для того, щоб уникнути зони малих лінійних швидкостей елементів робочого органа, оскільки лопатки здійснюють обертальний рух і на малих радіусах від осі обертання їх лінійні швидкості будуть наближатися до нуля. Щоб ефективно використати утворений простір, у цій частині зазвичай розміщуються елементи привода змішувача, наприклад, редуктор 4. Змішувальна частина установки має декілька стійок 5 із закріпленими на них змішувальними та очисними лопатками 6. Кожна стійка виконується різної довжини. Лопатки рухаються по коловій траєкторії, переміщуючи суміш у зону дії сусідньої лопатки. Тому рух мас розчину відбувається в основному в горизонтальній площині, у вертикальній – суміш може підніматися лише на висоту лопатки, а вона для цих типів змішувачів незначна. Відповідно висота заповнення сумішшю змішувача теж є невеликою, а сам бункер у діаметрі в декілька разів більший за свою висоту. Через таку форму робочого об'єму бункера вертикальні лопатеві роторні та планетарні змішувачі ще мають назву тарілчасті.

Не позбавлені точно такої ж проблеми (малої вертикальної складової руху суміші) й планетарні змішувачі. Але вони, порівняно із роторними, мають ряд суттєвих переваг. Це, насамперед, можливість використовувати у корисному об'ємі центральну зо-

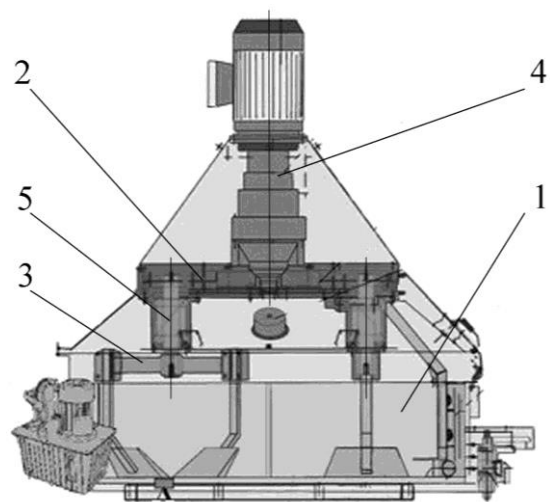


Рис. 4. Конструкція планетарного змішувача.

ну, поблизу осі обертання стійок, за умови розташування привода над бункером. Рух планетарних лопаток є складним і забезпечує високу інтенсивність, продуктивність та відмінну якість змішування. Особливо це важливо для перемішування високов'язких сумішей, у котрих сили зчеплення цементного тіста із заповнювачем більші від сил прилипання, оскільки в даних умовах не відбувається рівномірний розподіл цементного тіста по поверхні часточок піску, що знижує міцність затверділого розчину. Як правило, в таких випадках необхідні додаткові заходи з підвищення однорідності суміші. Перемішування відбувається в макрооб'ємах, а зі зменшенням рухомості будівельної розчинної суміші цей недолік загострюється. Одним із шляхів подолання цієї проблеми є застосування установок, де змішування здійснюється у зустрічних потоках. Таку умову планетарні змішувачі виконують.

Все це досягається, завдяки особливостям роботи планетарного змішувача (рис. 4). Він має циліндричний тарілчастий бункер 1, а на порожнистих приводних стійках 2 встановлені змішувальні зірочки з лопатками 3. Приводом змішувача 4 зірочки з лопатками 3 обертаються навколо рухомої осі 5, яка, у свою чергу, обертається разом із стійками 2 навколо осі бункера 1. При цьому швидкість обертання зірочки з лопатками 3 зазвичай вища за швидкість обертання приводної стійки 2. Планетарні змішувачі достатньо дорогі та технічно складні установки, а також потребують якісного й регулярного обслуговування. Крім того вони мають підвищену потужність привода (для 750-літрового бункера змішувача необхідно приблизно 18 кВт). Ускладнює ситуацію й той факт, що планетарні змішувачі виготовляються переважно закордонними виробниками будівельної техніки.

Зважаючи на розглянуті вище обставини та потребу будівельної промисловості України в ефективному й одночасно недорогому та простому за конструкцією змішувальному обладнанні, створення вдосконаленого вертикального шнекового змішувача є доцільним.

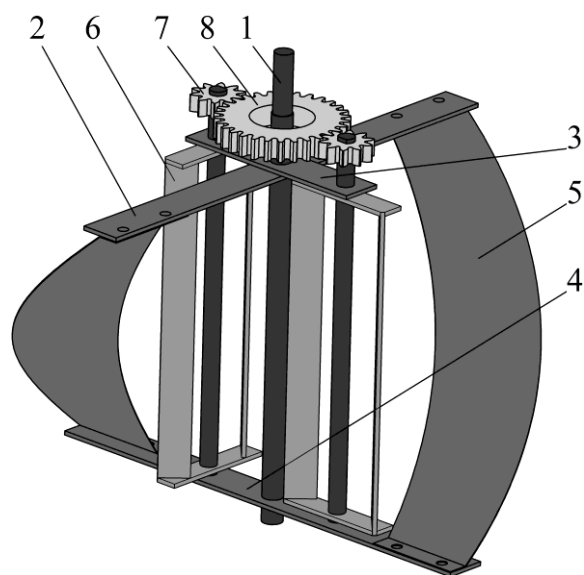


Рис. 5. Комбінований розчинозмішувач з вертикальним шнеком та планетарними лопатками.

**Мета роботи.** Підвищення ефективності робочих процесів змішувального обладнання. Проведення аналізу основних переваг і недоліків різних його видів та вдосконалення вертикального шнекового змішувача шляхом збільшення інтенсивності впливу на суміш у центральній зоні з низькими лінійними швидкостями руху суміші при збереженні відносної простоти конструкції та обслуговування.

**Виклад основного матеріалу.** Галузевою науково-дослідницькою лабораторією механізації ручної праці в будівництві ПолтНТУ розроблена конструкція комбінованого розчинозмішувача з вертикальним шнеком та планетарними лопатками (рис. 5 та рис. 6). Цей робочий орган передбачає верхнє розміщення привода (над бункером змішувача) та має вертикальний вал 1, котрий нижньою частиною опирається на підшипниковий вузол з кулькою (рис. 2) на дні бункера. По зовнішньому радіусу змішувача на кронштейнах 2 та 4 на валі встановлені дві стрічки шнека 5. У центральній частині знаходяться дві рамки з лопатками 6. Вони обертаються навколо власних осей та виконані шляхом встановлення на кронштейнах, жорстко з'єднаних з валом, двох вертикальних пластин під кутом  $45^\circ$  у різні боки до радіуса обертання. Їх верхні підшипникові вузли розташовані на кронштейні 3, а нижні – аналогічної конструкції, як і на вертикальному валі 1, – на кронштейні 4. Обертаються лопатки 6 за допомогою зубчастих коліс 7, котрі входять у зачеплення з центральним нерухомим зубчастим колесом 8, жорстко з'єднаним із бункером змішувача. Кут між площинами рамок лопаток 6 становить  $90^\circ$  з метою утворення більшої рівномірності навантажень на робочий орган впродовж робочого циклу.

Таким чином вертикальний вал 1 робочого органа разом із стрічками шнека 5, кронштейнами 2, 3 та 4 і лопатками 6 обертається від привода змішувача із кутовою швидкістю  $\omega_{ш}$ . Крім того, лопатки 6 шляхом обкочування зубчастих коліс 7 навколо нерухомого зубчастого колеса 8 обертаються навколо рухомих осей із кутовою швидкістю  $\omega_b$ , здійснюючи тим самим планетарний рух. Аналізуючи роботу запропонованої конструкції змішувача, відмічаємо, що стрічки шнека мають кут нахилу до горизонтальної площини і виконують переміщення суміші за напрямом свого обертання та у вертикальному напрямі, підіймаючи її по зовнішньому радіусу бункера, з наступним опаданням у центральну зону. А в центральній зоні на суміш здійснюють вплив планетарні лопатки. Вони забезпечують високу інтенсивність змішування, надають складні траєкторії руху частинкам та виконують переміщення суміші в горизонтальній площині. Зміщення мас розчину відбувається з центру назовні, до зони дії шнекової стрічки, та у зворотному напрямі – радіальна складова руху. А також суміш приводиться в обертання по колу бункера – тангенціальна складова.

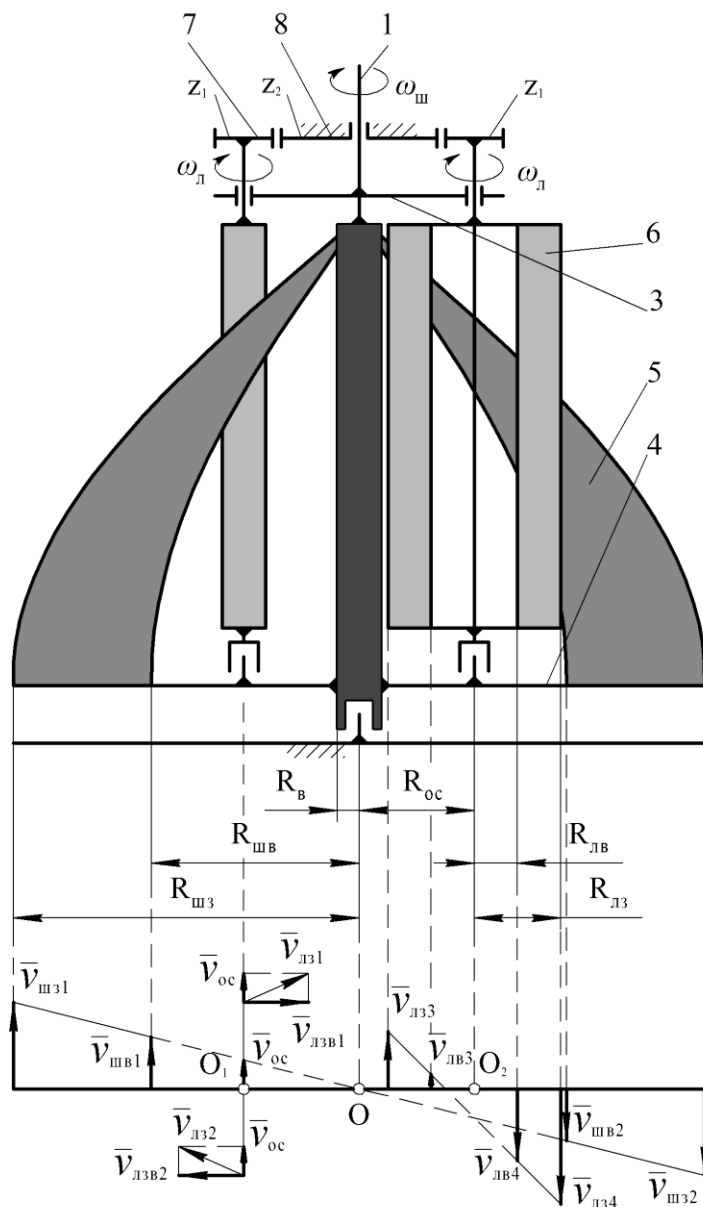


Рис. 6. Кінематична схема та картина розподілу лінійних швидкостей комбінованого змішувача.

На рис. 6. показана кінематична схема змішувача та побудована картина розподілу лінійних швидкостей у положенні, коли одна з площин рамок з лопатками знаходиться під кутом  $90^\circ$  до опорного кронштейна 4, а інша – йому паралельна. На обох шнекових стрічках характер розподілу лінійних швидкостей однаковий. По зовнішньому радіусу  $R_{шз}$  швидкості  $\vec{v}_{шз1}$  і  $\vec{v}_{шз2}$  однакові за величиною, по внутрішньому –  $R_{шв}$  для  $\vec{v}_{шв1}$  та  $\vec{v}_{шв2}$  таке твердження теж справедливе. Паралельні лопатки рухаються таким чином, що на лопатці зліва лінійні швидкості  $\vec{v}_{лз3}$  і  $\vec{v}_{лз4}$  протилежні за напрямом та співрозмірні за величиною з лінійними швидкостями  $\vec{v}_{шз2}$  та  $\vec{v}_{шв2}$ . А на правій лопатці лінійні швидкості  $\vec{v}_{лз3}$  і  $\vec{v}_{лз4}$  співпадають за напрямом та мають відносно більшу величину в порівнянні із  $\vec{v}_{шз2}$  та  $\vec{v}_{шв2}$ . У зоні навколо осей обертання лопаток, котрі проходять через точки  $O_1$  і  $O_2$ , обмеженій внутрішнім радіусом лопаток  $R_{лв}$  вплив на суміш здійснюється у фазі, коли площина рамки лопаток знаходиться під кутом до опорного кронштейна 4, як у випадку з віссю через точку  $O_1$ . Розглянуто для прикладу зовнішній радіус лопаток  $R_{лз}$ . Абсолютні лінійні швидкості руху  $\vec{v}_{лз1}$  і  $\vec{v}_{лз2}$  знаходимо як суму векторів відносних швидкостей  $\vec{v}_{лз1}$  та  $\vec{v}_{лз2}$  з вектором переносної швидкості  $\vec{v}_{ос}$ . Вал шнека має радіус  $R_в$ .

На рис. 6. показана кінематична схема змішувача та побудована картина розподілу лінійних швидкостей у положенні, коли одна з площин рамок з лопатками знаходиться під кутом  $90^\circ$  до опорного кронштейна 4, а інша – йому паралельна. На обох шнекових стрічках характер розподілу лінійних швидкостей однаковий. По зовнішньому радіусу  $R_{шз}$  швидкості  $\vec{v}_{шз1}$  і  $\vec{v}_{шз2}$  однакові за величиною, по внутрішньому –  $R_{шв}$  для  $\vec{v}_{шв1}$  та  $\vec{v}_{шв2}$  таке твердження теж справедливе. Паралельні лопатки рухаються таким чином, що на лопатці зліва лінійні швидкості  $\vec{v}_{лз3}$  і  $\vec{v}_{лз4}$  протилежні за напрямом та співрозмірні за величиною з лінійними швидкостями  $\vec{v}_{шз2}$  та  $\vec{v}_{шв2}$ . А на

Було встановлено, що при наближенні співвідношень геометричних параметрів змішувача до  $R_g = 0,05 \cdot R_{из}$ ,  $R_{шв} = 0,75 \cdot R_{из}$ ,  $R_{лз} = 0,35 \cdot R_{из}$ , а також при  $\omega_l = 3 \cdot \omega_{ш}$  буде виконуватися рівність  $v_{лз3} = v_{из2}$ . Це означає, що лінійні швидкості руху суміші по зовнішньому радіусу бункера та у його центральній частині будуть співрозмірні. Отже, запропонованому змішувачу вдалося досягти мети щодо збільшення інтенсивності впливу на суміш у центральній зоні.

Комбінований розчинозмішувач з вертикальним шнеком та планетарними лопатками дозволяє уникнути деяких недоліків, які мають різні типи найбільш поширених змішувачів, зберігаючи при цьому загальний технічний та технологічний рівень. Він не має складних сальникових вузлів для захисту підшипників, як на горизонтальних змішувачах. На відміну від вертикальних роторних змішувачів дозволяє раціонально використовувати робочий простір установки, коли немає потреби у виключенні з об'єму бункера центральної зони малих лінійних швидкостей. При його застосуванні, як перевага над планетарними машинами, існує можливість збільшити висоту заповнення бункера будівельною розчинною сумішшю, що робить установку компактною, а її габаритні розміри у плані, й відповідно по займаній площі, меншими порівняно із змішувачами аналогічної продуктивності планетарного типу. Утворення планетарного руху проводиться більш простим шляхом і конструкція ускладнюється незначно, оскільки використовується нерухоме зубчасте колесо, а зубчасті колеса вала лопаток лише обкочуються по ньому, маючи жорстко закріплені вісі обертання на кронштейнах самого робочого органа. Приводна частина взагалі не знає змін за виключенням необхідності встановлення більш потужного двигуна та відповідного йому редуктора. Той факт, що потужність привода через наявність планетарних лопаток дещо підвищена, а конструкція ускладнена, є цілком виправданим. Адже для змішувачів, побудованих за такою схемою, характерне дуже якісне перемішування матеріалу при зменшеному часі приготування. Планетарні лопатки рухаються по складним коловим траєкторіям, така дія змушує частинки суміші співударятися у зустрічних потоках. Це дозволяє розв'язати проблему «вмішування» малих об'ємів дрібнодисперсних компонентів в основний об'єм суміші. Досягається висока гомогенність сумішей у мікроб'ємах.

Перевага використання шнекових стрічок над планетарними змішувачами в тому, що вони забезпечують вертикальну складову руху часток суміші по всій висоті заповнення бункера. Це покращує якість змішування жорстких будівельних розчинних сумішей, котрі мають різну насипну густину, запобігає розшаруванню такої суміші та загалом підвищує універсальність використання розробки.

Запропонована конструкція комбінованого змішувача також успішно долає явище утворення перед елементами робочого органа «мертвих зон» [8]. Адже площини планетарних лопаток постійно будуть змінювати кут нахилу до свого вектора швидкості руху в горизонтальній площині, а при його значенні, близькому до  $0^\circ$ , «мертві зони» руйнуються.

Із застосуванням розглянутого комбінованого робочого органа була розроблена конструкція універсального розчинозмішувача із наступними параметрами:

– максимальний діаметр чаші бункера, мм.....	1200
– об'єм готового замісу, л.....	700
– потужність двигуна приводу, кВт.....	15,0
– частота обертання шнека, об/хв.....	10
– частота обертання планетарних лопаток, об/хв.....	30
– кількість шнекових стрічок, шт.....	2
– кількість планетарних лопаток, шт. ....	4
– габаритні розміри, мм	
довжина.....	1360
ширина.....	1200
висота.....	1480

**Висновки.** На основі виконаного аналізу основних переваг і недоліків різних видів змішувального обладнання запропонована конструкція комбінованого розчинозмішувача з вертикальним шнеком та планетарними лопатками, котра поєднує в собі раціональне співвідношення високої продуктивності, інтенсивності впливу на суміш і доброї якості змішування із значенням потужності приводу змішувача, складністю його конструкції та обслуговування і ціною. При модернізації змішувальних вузлів одним із ефективних шляхів є створення комбінованих конструкцій змішувачів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Назаренко І.І. *Машини для виробництва будівельних матеріалів: підручник* / І. І. Назаренко. – К.: КЕУБА, 1999. – 488 с.
2. Онищенко О.Г. *Розрахунок потужності та визначення опорів, що виникають при роботі стрічкового шнекового розчинозмішувача* / О.Г. Онищенко, К.М. Ващенко // *Вісник КДПУ: зб. наук. праць*. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 1 (36). – С. 58 – 63.



3. Маслов А. Г. Разработка однофазных бетоносмесителей принудительного действия / А. Г. Маслов, Ю. С. Саленко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – Вип. 23. – Т.2. – С. 9 – 15.
4. Почупайло Б. И. Исследование и создание малогабаритных растворосмесителей принудительного действия: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 / Б. И. Почупайло. – Белгород, 1999. – 23 с.
5. Универсальный планетарный растворосмеситель КОМПАС 300 М СУПЕРМИКС. – [Электронный ресурс]. – [Цит. 2010, 30 вересня]. – Режим доступа: <http://www.formbeton.ru/kompas300.html>. – Загол. з екрану.
6. Маслов А. Г. Исследование рациональных параметров бетоносмесителя с вертикальным шнеком / А. Г. Маслов, Ю. С. Саленко // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського, 2009. – Вип. 1 (54). – Ч.1. – С. 81 – 84.
7. Онищенко О. Г. Дослідження процесу приготування штукатурних розчинів у розчинозмішувачі з вертикальним шнековим робочим органом / О. Г. Онищенко, І. А. Рогозін, С. Б. Бейгул // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – Вип. 23. – Т.1. – С. 45 – 54.
8. Онищенко О. Г. Аналіз утворення та існування «мертвих зон» у змішувачах / О. Г. Онищенко, І. А. Рогозін, І. О. Іваницька // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – Вип. 1 (26). – С. 24 – 29.

**УДК 622.143(075.8)**

**А.В. УЖЕЛОВСКИЙ, аспирант.**

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

**К ВОПРОСУ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ БУРОВОГО  
СНАРЯДА НА ЗАБОЕ СКВАЖИНЫ.**

**Постановка проблемы.** С каждым годом увеличивается добыча нефти и газа. Возрастающая потребность в энергоресурсах вынуждает осваивать все более глубокие горизонты их залегания, так как на небольших глубинах запасы исчерпываются. Энергетический голод испытывает и Украина. Предварительная разведка нефти и газа показала, что наша страна располагает значительными их запасами. Однако наиболее перспективные место-