Машини і обладнання технологічних процесів будівельної індустрії

УДК 534

І.І.Назаренко, д-р техн. наук, професор КНУБА,
Ю.О.Баранов, канд. техн. наук, доцент КНУБА,
Б.В.Корнійчук, асистент КНУБА,
М.А.Коваль, студент КНУБА

ОЦІНКА КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОУСТАНОВОК ПРИ ФОРМУВАННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КІЛЕЦЬ

Залізобетонні кільця є поширеним виробом, що застосовується в будівництві. Геометричні розміри кілець приведені в таблиці 1. Широке їх застосування спонукало інженерів і дослідників до пошуку ефективних методів їх виробництва. До таких методів відносяться: лиття, пресування, відцентрове ущільнення, вібрування, вібропресування.

Таблиця 1.Основні розміри стінових залізобетонних кілець (ГОСТ 8020-80)

Позначення	Внутрішній діаметр, d_i, мм	Зовнішній діаметр, d_e, мм	Висота, h, мм
КС 7.3 КС 7.9	700	840	290 890
КС 10.3 КС 10.6 КС 10.9	1000	1160	290 590 890
КС 13.9	1250	1410	890
КС 15.6 КС 15.9	1500	1680	590 890
КС 20.6 КС 20.9 КС 20.12	2000	2200	590 890 1190
КС 25.12	2500	2700	1190

Найбільш поширеним є вібраційний метод.

Процес віброформування базується на властивості бетонних сумішей розріджуватись та заповнювати форму під дією вібрації[1]. При цьому із суміші видаляється повітря захоплене при її приготуванні та вкладанні й досягається більш щільне розташування частинок заповнювача. За способом приведення бетонної суміші в коливальний рух [4] можна виділити такі методи вібраційного формування трубчастих виробів: об'ємне (верстатне) вібрування, прій якому вібраційному впливові піддають весь об'єм виробу за допомогою вібраційних площадок, установок або іншим шляхом; формування із застосуванням внутрішнього вібрування, коли в коливальний рух приводиться тільки частина об'єму виробу за допомогою глибинних віброзбуджувачів коливань; поверхневе вібрування, коли вібрація передається частині обєму виробу зі сторони певної поверхні.

Об'ємним вібруванням формують залізобетонні трубчасті вироби у формах, які, найчастіше, встановлюють на віброплощадку (рис. 1, 2). Переваги такого способу полягають у можливості використання жорстких бетонних сумішей, у наявності вертикальної складової вібропереміщень при використанні віброплощадки з просторовими коли ваннями, що значно покращує якість ущільненого виробу.

До недоліків слід віднести наступне: недостатнє ущільнення верхнього шару виробу; підвищені затрати електроенергії на вібропереміщення маси віброплощадки; необхідність мати парк форм, а також знімні кріплення для них, що підвищує металоємність обладнання.

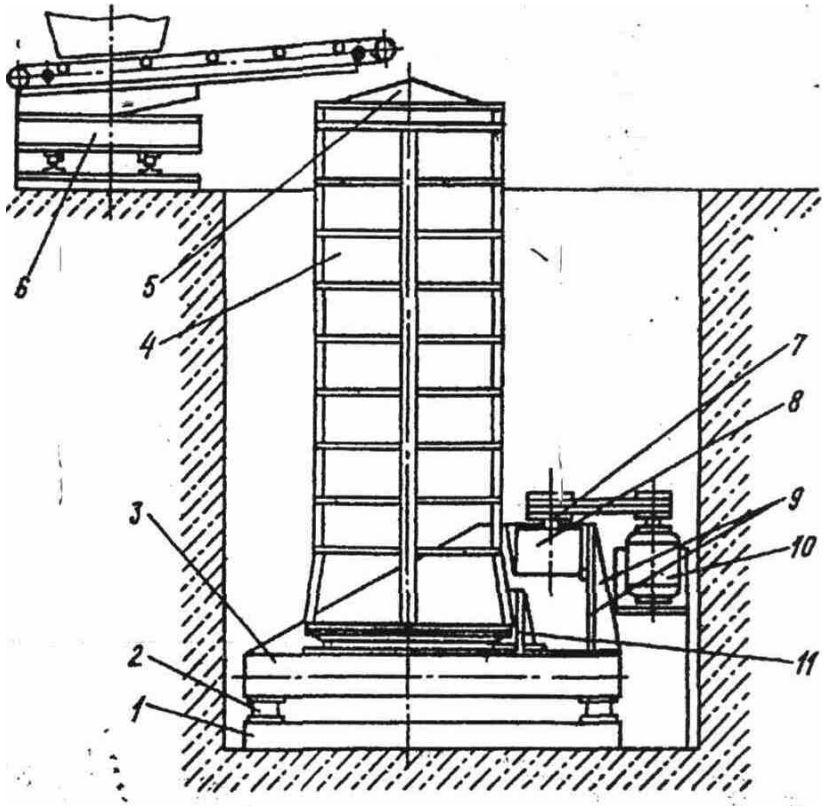

Рис. 1. Схема формування труби на віброплощадці з просторовими коливаннями робочого органа:
1 - нерухома рама; 2 - пружні опори; 3 - рухома рама; 5 - розподільний конус; 6 - бетоноукладач; 7 - клинопасова передача; 8 –дебалансний віброзбуджувач; 9 - підвібраторні плити; 10 - електродвигун; 11 - упори

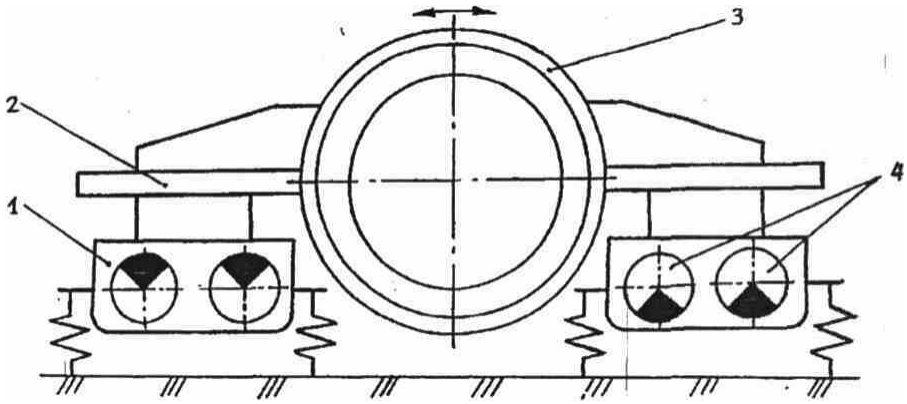

Рис. 2. Схема установки для формування трубчастих виробів на віброплощадці:
1 - віброблок; 2 - консоль; 3 - форма; 4 - дебалансні вали

Об'ємне вібрування також дозволяє одночасно формувати декілька трубчастих виробів різних діаметрів [5].

Внутрішнє вібрування застосовують тільки для формування трубчастих виробів, із значною товщиною стінки. Застосовується рідко, оскільки ущільнення бетонної суміші при такому методі неякісне й відзначається високою трудомісткістю.

Формування поверхневим вібруванням трубчастих виробів досить поширене. Найчастіше вібраційний вплив на бетонну суміш здійснюється за допомогою віброосердя

(наприклад, [6]), яке одночасно виконує роль внутрішньої опалубки труби чи кільця (рис. 4).

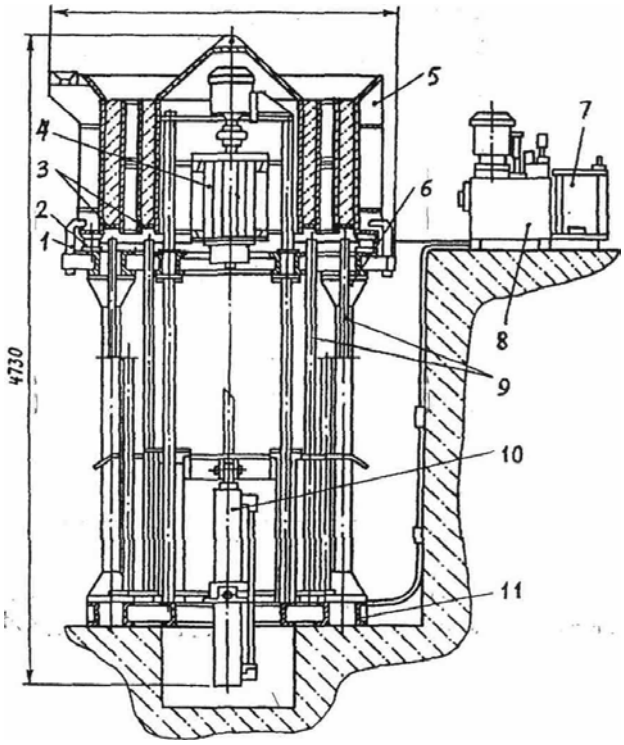

Рис.3. Установка для вібраційного формування кілець:
1- гак; 2 - амортизатор; 3 - піддони; 4 - віброзбуджувач; 5 - форма; 6 - станина; 7 - пульт керування; 8 - станція гідропривода; 9 - штовхачі; 10 - гідроциліндр; 11 - фундаментна рама

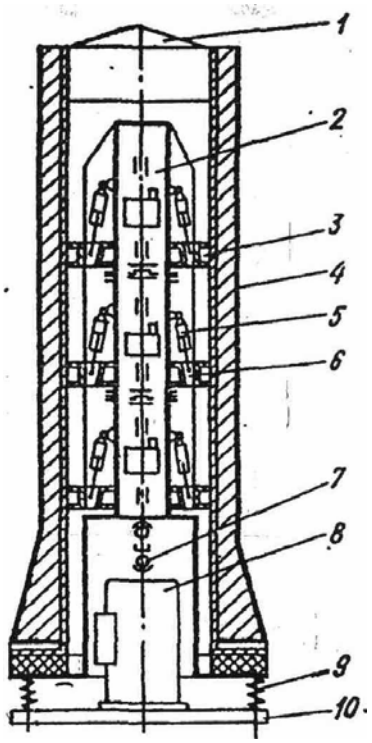

Рис. 4. Віброосердя для формування напірних віброгідропресованих труб:
1 - завантажувальний конус; 2 - вібровал; 3 - опорний бандаж; 4 - форма; 5 - гідроциліндр; 6 - клинові затискачі; 7 - карданний вал; 8 - електродвигун; 9 - опорні пружини; 10 - фундамент

Обладнання відзначається компактністю, малою металоємністю та невисокою встановленою потужністю. За такою технологією, наприклад, формують залізобетонні

кільця на ЗБК №7 м. Полтава, АБЗ Полтавського ДРБУ. До недоліків формування слід віднести нерівномірність ущільнення виробу за висотою, особливо у верхній його частині.

Одним із різновидів поверхневого ущільнення є вібропротягування [2]. Для виготовлення труб застосовують вертикальну схему вібропротягувального пристрою (рис. 5). Формооснащенням у даному випадку є осердя, яке має конструкцію відповідну до внутрішнього профілю труби, і поступово знижується в процесі формування виробу.

Цей спосіб характеризується високою механізацією процесу, й дозволяє якісно ущільнювати бетонні суміші жорсткістю 5...10 с при амплітуді 0,2...0,4 мм та частоті 66...75 Гц. Поширення даного обладнання на підприємствах залізобетонних виробів обмежується складністю обладнання, яке використовується.

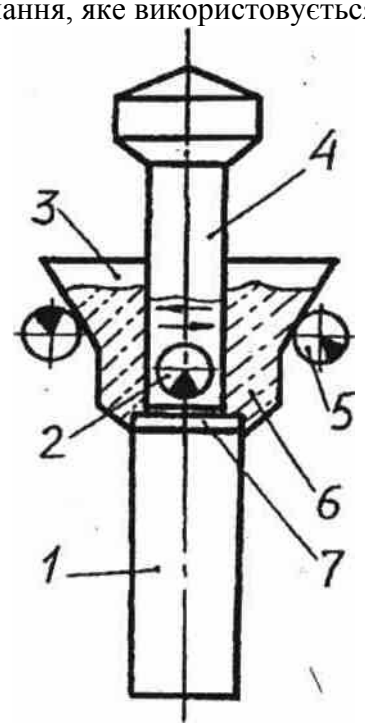

Рис. 5. Схема формування труби вібропротягувальним способом:
1 - форма; 2 - віброзбуджувач осердя; 3 - вібролійка; 4 - віброосердя; 5 - віброзбуджувачі;
6 - бетонна суміш; 7 - кільцевий піддон

Одним із способів підвищення ефективності процесу вібраційного формування трубчастих виробів є комбінований вплив на бетонну суміш вібрації та тиску. Створити додатковий тиск при формуванні виробів на віброплощадці можна за допомогою привантажень (рис. 6). Їх використання дає можливість приблизно удвічі скоротити тривалість ущільнення та якісно ущільнити верхній шар суміші [2].

У роботі [7], С.А. Осмаков і Ф.Г. Брауде, досліджуючи вплив інерційних та безінерційних привантажень на ущільнення бетонної суміші приходять до висновку, що при рівних умовах (однакових тисках, які передаються на бетонну суміш, та однаковій тривалості ущільнення) більшу ефективність має інерційне привантаження.

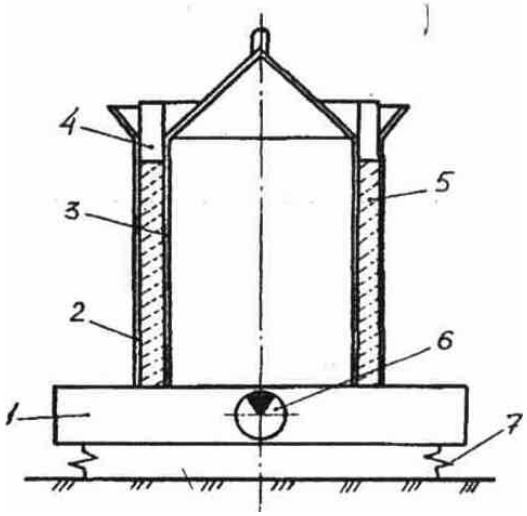

Рис. 6. Схема формування залізобетонного кільця на віброплощадці з застосуванням інерційного при вантаження:
1 - рухома рама віброплощадки; 2 - форма; 3 - осердя; 4 - привантаження; 5 - бетонна суміш; б - віброзбуджувач; 7 - пружні опори

Це пояснюється тим, що інерційне привантаження не завжди коливається разом із бетонною сумішшю і його дія часто має ударниї характер.

Проте, як відмічають автори, практичне здійснення інерційного привантаження в розмірах, необхідних для ефективного ущільнення, не завжди є доцільним. Так, при оптимальному тискові 5 кПа масса привантаження для панелі перекриття розмірами в плані 3х6 м складає 9 т, а це при невеликій вантажопідйомності віброплощадки може негативно вплинути на режим її коливання.

Безінерційні привантаження, хоч і менш ефективні, але маючи невелику масу, дозволяють регулювати тиск в широких межах.

Віброгідропресування застосовують при виготовленні напірних залізобетонних труб, які працюють під тиском до 1,5 МПа [3]. Цей метод запропонований шведською фірмою Sentab і на сьогоднішній день є одним із найефективніших у технології виготовлення попередньо напружених напірних залізобетонних труб [8]. Формування здійснюють у вертикально встановлсній формі, яка є основним формувальним агрегатом і складається із зовнішнього кожуха та внутрішнього осердя з гумовим чохлом (рис. 7).

Заповнення форми бетонною сумішшю здійснюється за допомогою шнекового живильника через завантажувальний конус при ввімкнутих пневматичних віброзбуджувачах, які встановлені на зовнішньому кожусі й забезпечують необхідну ступінь заповнення форми сумішшю за рахунок полегшення її проходження між стінками форми та елементами арматурного каркасу.

При цьому бетонна суміш попередньо ущільнюється. Подальше ущільнення відбувається за рахунок тиску, який створює вода при заповненні гумового чохла.

Основними перевагами такої технології є можливість отримання гомогенної й попередньо напруженої структури по всій товщині стіни труби, а також суміщення операцій ущільнення бетонної суміші, напруження спірального арматурного каркасу та створення захисного шару під час одного виробничого циклу.

До недоліків обладнання слід віднести: використання пневматичних віброзбуджувачів, що призводить до підвищеного рівня шуму на робочих місцях (перевищує санітарні норми); малі й неупорядковані амплітуди коливань зовнішнього кожуха, що знижує ступінь заповнення форми бетонною сумішшю й ступінь її попереднього ущільнення; велика трудомісткість процесу виготовлення труби; неможливісті миттєвого розпалублення виробу.

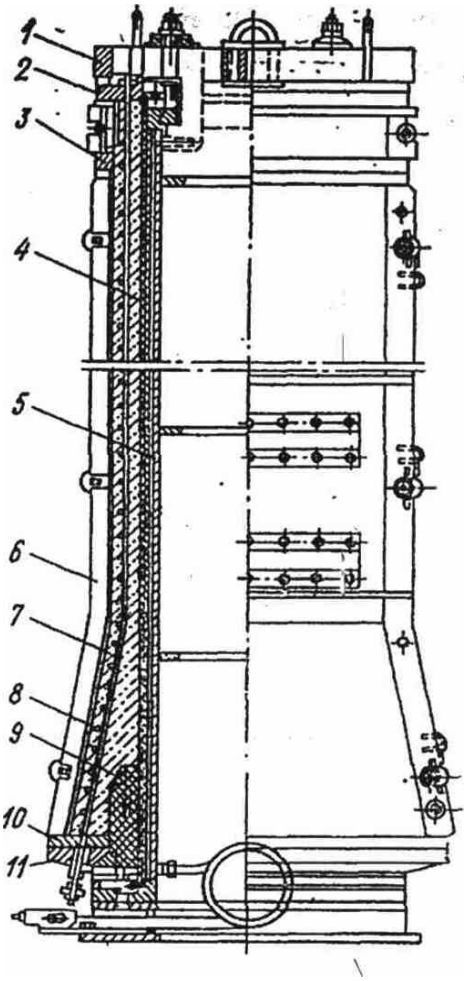

Рис. 7. Форма для виготовлення віброгідропресованих труб:
1 - ущільнювальне кільце; 2 - верхнє анкерне кільце; 3 - калібрувальне кільце; 4 - гумовий чохол; 5 - внутрішня форма; 6 – зовнішня форма; 7 - поздовжня арматура; 8 - спіральна арматура; 9 - гумовий розтрубоутворювач; 10 - нижнє анкерне кільце; 11 – ущільнювальна трубка

При віброударному способі формування пресуючий тиск створюється внаслідок асиметричного впливу на бетонну суміш, при якому виникають значні односторонні прискорення, які сприяють утворенню міцної структури скелету бетону.

Перша в колишньому СРСР віброударна формувальна машина: одностороннім обмежувачем переміщень робочого органа була запропонована К.О. Олехновичем і являла собою віброплощадку, рухома рама якої вільно опиралась на пружні гумові прокладки [9]. Застосування віброударних формувальних машин на підприємстві [7,10] показує їх достатню технологічну ефективність.

Вони можуть бути використані для виготовлення бетонних та залізобетонних виробів широкої номенклатури і передусім для вертикального формування тонкостінних виробів висотою до 3 м і довжиною 5 - 6 м (рис. 8). До цієї групи можна віднести кільця, труби, плити та ін.

Завдяки віброударному режиму коливань можна виготовляти кільця із особливо жорстких піщаних бетонних сумішей із миттєвим повним розпалубленням без перевикористання цементу в порівнянні з бетонами на щебені при виготовленні аналогічних виробів на існуючих видах формувального обладнання.

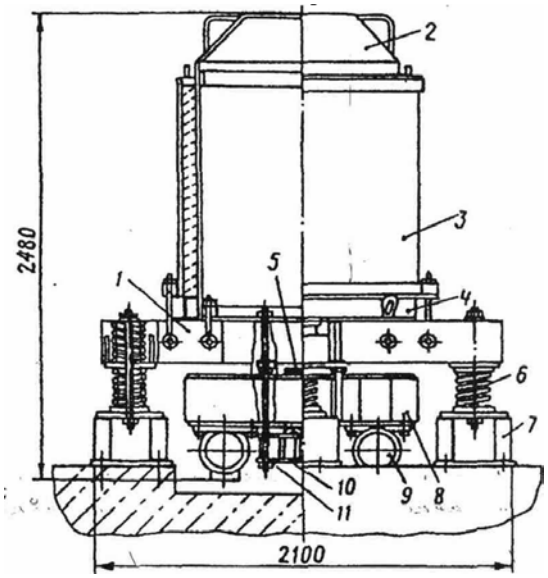

Рис. 8. Установка для віброударного формування залізобетонних кілець:
1 - рухома рама; 2 - осердя; 3 - зовнішня форма; 4 - піддон; 5 - обмежувач переміщень; 6 - пружини; 7 - фундаментна рама; 8 - ударна рама; 9 - віброзбуджувач; 10 - опора; 11 - болти

Висновки:

На основі огляду літературних джерел та досвіду підприємств, які виготовляють трубчасті залізобетонні вироби запропоновано схему конструкції (рис. 9),сутність якої полягає у наступному.

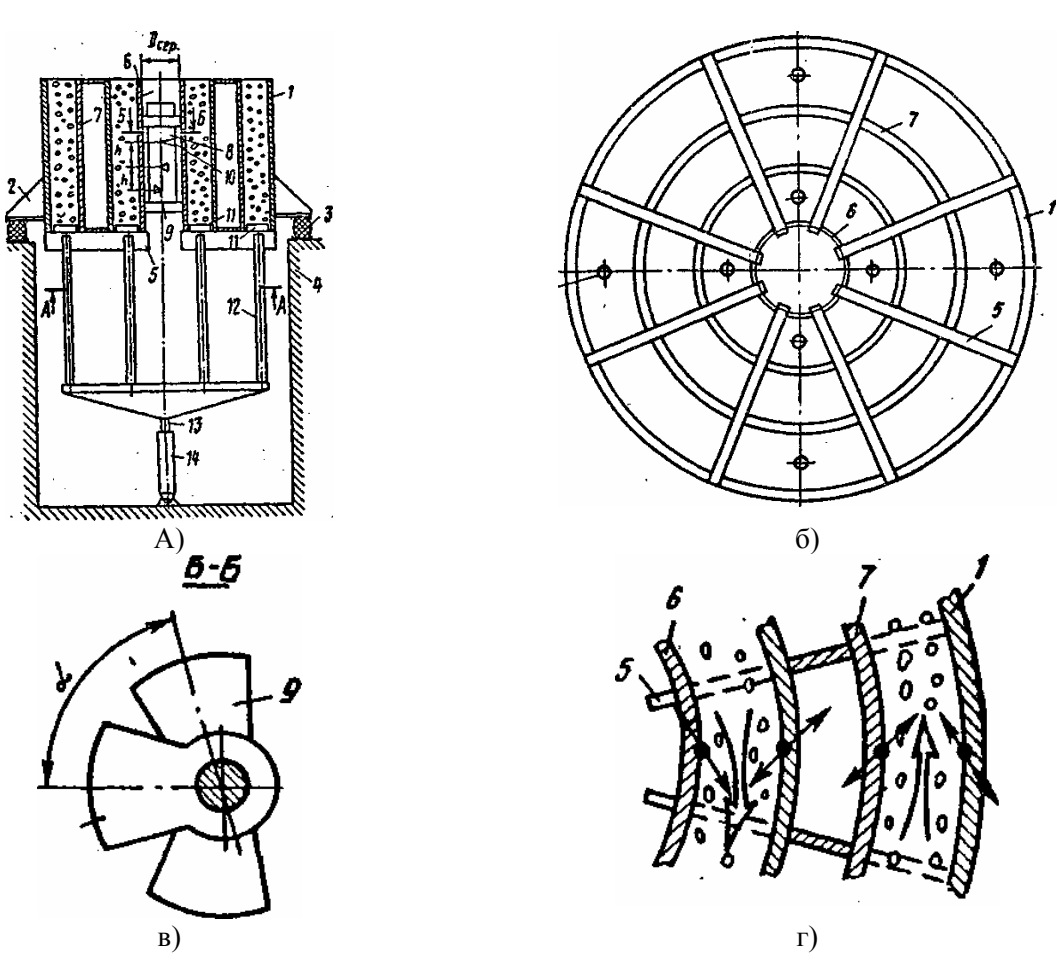

Рис.9.Схема установки:
а - загальний вид: б - розріз А-А на рис.9.а; в - розріз Б-Б на рис.9.а; г - схема напрямку віброколебаний обичайки і напрямки потоку бетонної суміші при ущільненні

Установка складається із зовнішньої замкнутої формотворної обичайки 1, що за допомогою кронштейнів 2 змонтована на пружніх опорах – амортизаторах 3, установлених на підставі 4. Радіальні зв'язки 5 рівномірно розташовані по окружності і закріплені на нижніх торцях зовнішньої обичайки 1, сердечника 6 і проміжних замкнутих обичайок 7. Сердечник 6 постачений дебалансным збудником 8 горизонтальних кругових коливань, дебалансы 9 й 10 якого зміщені відносно один одного на кут $\alpha = 4{,}0 - 6{,}0\frac{h}{D_{cer}}$ радий, де h - крок між дебалансами; D_{cer} - діаметр сердечника.

Між обичайками на радіальних зв'язках 5 розміщені кільцеві піддони 11, що контактують із вертикально рухливими штовхачами 12, розташованими між зв'язками і опираються на шток 13 гідроциліндра 14.

Установка працює в такий спосіб.

Роблять збірку форми шляхом установки кільцевих піддонів 11 між обичайками 1, 7 і сердечником 6 на радіальні зв'язки 5. Твердість перетину радіальних зв'язків на вигин розраховують по формулі, величина й діапазон числового коефіцієнта якої визначаються умовами кріплення зв'язків до сердечника і обичайок і умовою роботи в околорезонансной зоні амплитудно - частотної характеристики. Збільшення коефіцієнта приводить до твердої роботи всієї установки й зниженню ефективності вібровпливів, а зменшення - до гасіння вібрації.

У проміжок між обичайками на піддони укладають арматурні сітки, подають бетонну суміш і включають віброзбудник 8, Дебаланси 9 і 10 віброзбудника зміщені відносно один одного на кут $\alpha = 4{,}0 - 6{,}0\frac{h}{D_{cer}}$ рад. При цьому на сердечнику 6 збуджуються просторові коливання, що мають нормальну до циліндра й кутову складові, що створюють на поверхні сердечника спрямований по гвинтовій лінії потік з кутом β, близьким куту тертя суміші. Нормальні складові передаються уздовж зв'язків 5 на проміжні 7 і зовнішню 1 обичайки в тій же фазі, як і на сердечнику 6 (рис.2.1.г., тонкими стрілками показаний напрямок віброколебаний, широкими - напрямок потоку бетонної суміші), Кутові складові просторових коливань передаються зв'язкам 5 у поперечному напрямку, при цьому їхня фаза щодо фази нормальних коливань зміщається на кожній наступній обичайці на 180°, У результаті в бетонній суміші кожного формуемого виробу від поверхонь що примикають обичайок утвориться транспортний потік, спрямований в один бік. Після ущільнення включають механізм вертикальних переміщень штовхачів і вироби розпалублюються.

1. Серед багатьох способів формування трубчастих виробів із бетонних сумішей найбільш поширеним є вібраційний завдяки простоті обладнання та високій ефективності. За різними даними з використанням вібрації виготовляють близько 85 - 90% загальної кількості залізобетонних виробів і конструкцій.

2. Вібраційні машини для формування трубчастих виробів мають різноманітну конструкцію і використовують різні способи приведення бетонної суміші у коливальний рух (об'ємне, внутрішнє, поверхневе вібрування). Особливостям формування трубчастих виробів найбільшповно відповідають машини поверхневого вібрування, які мають робочий орган у вигляді віброосердя.

3. Перспективним напрямком у підвищенні якості виробів із бетону та залізобетону, знижені металомісткості обладнання (за рахунок миттевого розпалублення виробів та скорочення парку форм), зменшення енергоємності виробництва (за рахунок сполучення часу на теплову обробку) є використання помірно жорстких та жорстких бетонних сумішей;

4. Ефективність протікання процесу вібраційного ущільнення і формування у великій мірі залежить від правильного вибору типу та форми коливань робочого органа вібромашини, які, в свою чергу, необхідно підбирати орієнтуючись на призначення даного

виробу, технологію його формування, а також конструкцію самого органа вібраційної машини.

5. Для якісного ущільнення бетонної суміші є необхідною дія коливань, які містять горизонтальні та вертикальні складові, а також створення в шарах суміші градієнта динамічного тиску, за рахунок кутових коливань. При виготовленні об'ємних елементів необхідні віброплощадки, які створюють інтенсивні колові коливання в площині перпендикулярній до стінок елемента (умовно горизонтальної), оскільки в такому випадку товщина оброблюваного шару відповідає товщині елемента і затухання коливань буде настільки незначним, що ним можна знехтувати.

6. Запропонована конструкція дозволяє ліквідувати відмічені недоліки.

7. Для визначення оптимальних констуктивних та технологічних параметрів необхідно здійснити відповідні дослідження, що дають змогу визначити параметри і сформулювати основні принципи створення подібних установок.

Література

1. *Назаренко І.І.* Машини для виготовлення будівельних матеріалів К.: КНУБА.-1999-485.
2. *Русанова Н.Г., Пальчик П.П., Рижанкова Л.М.* Технология бетонних і залізобетонних конструкцій: У 2 ч. Ч. 2. - К.: Вища шк.. 1994. - 334 с.
3. *Борщевский А.А., Ильин А.С.* Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: Учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит, изделий и конструкций". - М.: Висш. шк., 1987. - 368 с.
4. *Бауман В.А., Быховский И.И.* Вибрационные машины и процессы в строительстве. Учеб. пособие для студ. строит, и автомоб.-дор. вузов. - М.:Высш. шк., 1977.-255 с.
5. А.с. 1101348 СССР. Установка для формования трубчастых изделий из бетонных смесей / А.В. Андрейченко, Б.В. Гусев, Л.И. Медовский и др. №.; Заявл. 17.09.77; Опубл. 30.12.78 //Бюл. изобрет. -1978. - № 8.
6. А.с. 1404361 СССР. Устройство для формования трубчастых изделий из бетонных смесей / К.А. Бахмудов, Н.П. Нестеренко, К.А. Олехнович, В.В. Шульгин. - № ...; Заявл. 17.09.77; Опубл. 10.08.91 // Бюл. изобрет. - 1991.-№30.
7. *Осмаков С.А., Брауде Ф.Г.* Виброударные формовочные машины. - Л.: Стройиздат, 1976. - 128 с.
8. *Бергер И.И., Гузенко Н.И.* Усовершенствование оборудования и технологии производства напорных железобетонных труб методом виброгидропрессования // Бетон и железобетон. -1980. - № 10. - С. 3 - 6.
9. *Олехнови К.А.* Виброплощадки на упругих прокладках // Механизация стр. - 1965. - № 5. - С. 15 - 20. с
10. *Брауде Ф.Г., Захаров Б.Н., Осмаков С.А., Вострров Ю.С.* Виброударная установка для изготовления железобетонных колец // Бетон и железобетон. -1983.-№10.-С. 5.