



УДК 693.546

В.Й. Сівко, д.т.н., проф. КНУБА,  
В.Б. Яковенко, д.т.н., проф. КНУБА,  
Є.О. Міщук, к.т.н., асис. КНУБА

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ВІБРОУЩІЛЬНЕННЯ БЕТОНУ В КАСЕТНИХ УСТАНОВКАХ

**АНОТАЦІЯ.** В статті наведені результати виробничих досліджень впливу коливань роздільних листів касетної установки на якість та міцність готового виробу за умов впливу різних факторів. На основі результатів досліджень дані рекомендації, щодо вдосконалення конструкції дослідної установки.

**Ключові слова:** вібрація, касетна установка, роздільний лист, бетонна суміш

**SUMMARY.** In the article presents the results of industrial research of the impact of oscillation of the dividing sheets of the cassette machine on the quality and strength of the finished product under the conditions of various factors. Based on research data was given recommendations for improving the design of the experimental machine.

**Keywords:** vibration, cassette machine, a dividing sheet, concrete mix

**Постановка проблеми.** В зв'язку з підвищеними вимогами до якості зовнішньої поверхні і міцності стінових перекриттів постає завдання по створенню енергоефективних машин.

При ущільненні бетонної суміші в касетній формі амплітуда коливань по площині роздільних щитів змінюється в широких межах, внаслідок чого неможливо досягти рівномірного ущільнення бетону по всій площині виробу. Крім цього міцність бетону в різних точках по висоті виробів, що виготовляються в касетах із нависними вібраторами, розподіляється нерівномірно. Для забезпечення більш рівномірного ущільнення бетону використовують додаткові глибинні вібратори через, що ускладнюється процес та затрати на виготовлення виробу.

**Аналіз останніх досліджень.** В роботах [1], [2], [3], [6] розглядаються конструкції касетних установок та наведені розрахунки продуктивності проте відсутні дослідження режимів віброущільнення. Об'ємні аналітичні дослідження касетної установки приведені в роботах [4], [5],[8] в яких розглядається вплив коливань активного робочого органу (роздільного листа) на якість ущільнення бетонної суміші. Дані дослідження не враховують в повній мірі виробничих умов.

**Мета досліджень.** Основною метою досліджень є удосконалення конструкції касетної установки, яка забезпечить підвищення якості зовнішньої поверхні та міцності готового виробу, а також сприятиме рівномірному розподілу міцності по всій площині виробу.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження режимів роботи касетної установки проводились на ДБК-3 (Київ, Україна).

Типова касетно-формувальна установка складається з касети 1 і машини для розпалубки та складання касет 2 (рис.1) [7]. Касетні форми дозволяють одночасно формувати 6-10 великорозмірних плоских елементів: внутрішні стіни, перегородки та панелі перекриттів. Роздільні щити виконують із листової сталі товщиною близько 24 мм. Вони мають бортову оснастку, яка відповідає розмірам виробу, що формується. Бортова оснастка виконана із кутників, які приварені по периметру до роздільних щитків. Стінки касети стягують болтами. Ущільнення бетону в касетних установка досягається за рахунок нависних вібраторів 3, які кріпляться з двох боків до торців роздільних листів. Верхні балки порталу оснащені направляючими по яким рухаються циліндричні роликоопори. Нерухома стінка касетної установки впирається в амортизатор, рухома стінка шарнірно зв'язана з

силовою важільною системою машини. Привід важільної системи здійснюється від гідроциліндрів 4.

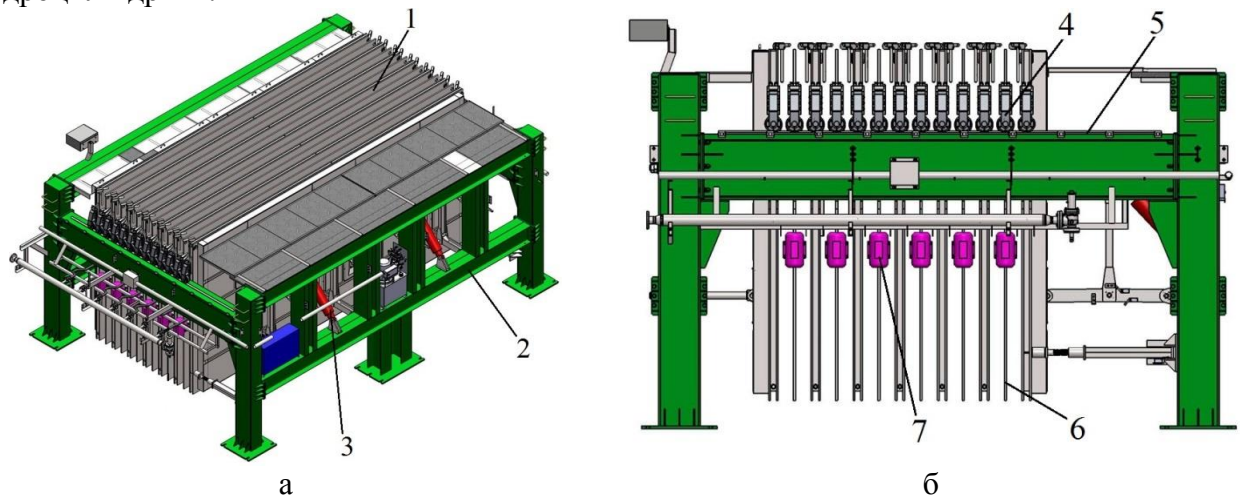


Рисунок 1. Касетно-формувальна установка  
а – загальний вид; б – вид з боку.

Для ущільнення використовувався вібратор ИВ-98 з частотою обертів 2800 об/хв. Розміри виробів, які формувались на установці – 5,62x2,57x0.14, рухомість бетонної суміші 12-16 см.

Аналіз показав, що на характер ущільнення бетонної суміші вирішальний вплив мають згинальні коливання роздільних листів. Роздільний лист представляє собою пластину із складними умовами кріплення, крім того фіксуючі елементи (арматурні каркаси, закладні деталі, розпірні конуси, дверні коробки) розподілені по всій площині листа нерівномірно і по різному впливають на інтенсивність вібраційного режиму. Внаслідок цього заміри амплітуди коливань робили в множині точок площини листа при наявності кожного фактору окремо.

Методикою досліджень було передбачено заміряти амплітуди коливань роздільних листів при різних умовах їх роботи. Заміри проводились за допомогою вібраційного щупа, який оснащений п'єзодатчиком Д-13. Жорсткий елемент щупа за допомогою підпружиненого штока впирається в паровий відсік і притискається до роздільного листа.

Під час вимірювань упор пружного контакту вносили в площину між роздільним листом і паровим відсіком. При роботі касетної установки коливання роздільних листів передавались на датчик. Який генерував сигнал на осцилограф.

Вивчення впливу коливань одного роздільного листа на коливання інших листів показало, що коливання передаються не тільки на збурювальні роздільні листи, але і на всі вузли установки. Це призводить до зайвих витрат енергії та отриманню неефективних режимів вібрування. Величина амплітуди таких коливань змінюється в межах 20-50% амплітуди основних коливань. Таким чином створюються умови для їх ізолювання, так як через достатньо великий опір неминуче відбувається зсув фаз в переміщеннях окремих ділянок роздільних листів.

Додатково досліджувались розповсюдження коливань вздовж роздільного листа при умові почергового включення вібраторів. Аналіз кривої 2 (рис.2) показує, що роздільний лист при збуренні його за допомогою одного вібратора коливається по першій формі – вузлові точки розташовані на краях листа. Проте на протилежному краю листа амплітуда коливань знижується на 70-80% і явно недостатня (0,15 мм). При включенні другого вібратора створюються передумови для проявлення в середній зоні понижених амплітуд у випадку протифазних коливань вібраторів. Ущільнення і укладка суміші в цьому випадку вкрай утруднена.

Крива 3 (рис.2) свідчить про те, що в зоні встановлення дверного отвору (точка 4) амплітуда коливань роздільного листа різко падає (до30%), що призводить до збільшення

втрат енергії в цій зоні.

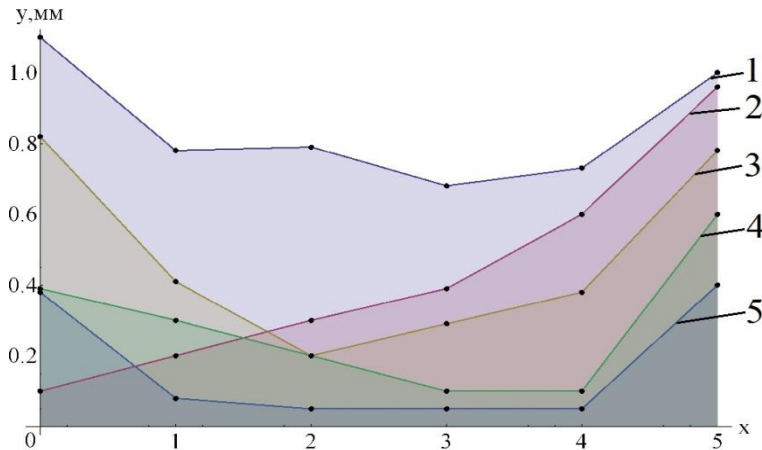


Рисунок 2. Вплив конструктивних і технологічних факторів на розподілення коливань роздільних листів касетних установок:

1 – у вільному стані; 2 – при включенні одного вібратора; 3 – із встановленою дверною коробкою; 4 – при наявності арматури і закладних елементів; 5 – з врахуванням впливу бетонної суміші.

Арматурний каркас, встановлений між роздільним листом і паровим відсіком, представляє собою жорстку конструкцію, яка оснащена закладними деталями, що прилягають до листа з однієї сторони і до парового відсіку з іншої. В зв'язку з цим створюються додаткові опори коливанням роздільного листа і збільшується жорсткість його затиснення, що знижує інтенсивність передачі енергії бетонній суміші. Установка арматури (крива 4, рис.2) зменшує амплітуду коливань в 3 рази (до 0,2 мм).

Описані вище дослідження проводились в режимі холостого ходу. При цьому було встановлено, що перераховані фактори в окремих зонах знижують амплітуду коливань до гранично допустимої для нормального ущільнення суміші. Крива 5 (рис.2) зображує, що в робочій зоні амплітуда дорівнює 0,08-0,1 мм, що явно недостатньо для нормального ущільнення бетону. Цим пояснюються недоліки, присутні касетним установкам: погана якість ущільнення суміші, необхідність використання литих сумішей з  $O.K.=15-20$  см. В результаті підвищується витрата цементу, незадовільна якість поверхні, потребує проведення шпаклювальних робіт, різниця міцності виробу по висоті досягає 70%.

Для усунення вказаних недоліків необхідно вдосконалити конструкцію установки, а саме забезпечити умови рівномірного затиснення всіх роздільних листів і кожного окремо по площині затиснення та усунути дефекти короблення роздільних листів. При встановленні дверних коробок важливо забезпечити нещільне прилягання їх до роздільного листа. Крім того для збільшення інтенсивності коливань в зоні дверного отвору бажано ввести демпферні прокладки, щоб зменшити жорсткість крайового затиснення роздільного листа. Додатково слід забезпечити рівномірне розподілення зусиль в розпірних конусах, їх монтаж з невеликим зазором або з прошарком термостійкого демпферного покриття. Виготовлення і установку арматури і закладних елементів у відсіки потрібно виконувати із зазором.

Для оптимізації режимів коливань роздільних листів необхідно забезпечити синхронну роботу вібраторів з обертанням їх в одну сторону. Вібратори по можливості слід встановлювати у верхній зоні роздільного листа. Для забезпечення потрібної амплітуди коливань вібратори виносять на величину рівну  $1/4$  довжини хвилі коливань роздільних листів, чим забезпечується робота бокового бортового оснащення в зонах нульових значень амплітуд вузлових ліній. Розпірні конуси потрібно встановлювати в зонах нульових значень амплітуд коливань роздільних листів – у вузлових лініях. При цьому слід забезпечити пружне дотикання розпірних конусів і дверних отворів, а також свободу кутових

переміщення роздільних листів в місцях бокового бортового оснащення. Роздільні листи в нижній зоні не повинні бути затиснені.

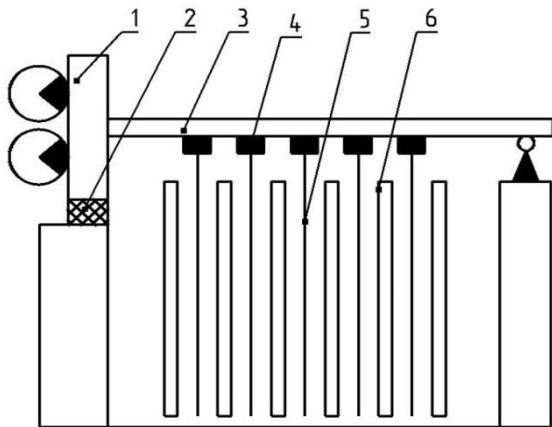


Рисунок 3. Схема загального приводу для одночасного збудження коливань всіх роздільних листів: 1- віброзбуджувач; 2 – пружний елемент; 3 – балка; 4 – захвати; 5 – роздільний лист; 6 – паровий відсік.

Конструктивна зміна касетної установки передбачає наявність одного приводу для одночасного збудження коливань всіх роздільних листів (рис.3).

Отримані дані по використанню принципу одночасного збудження коливань роздільних листів, за рахунок їх з'єднання вібробалкою, які свідчать про доцільність такого рішення. Середня амплітуда коливань роздільного листа з бетоном рухомістю 4-6 см складає 0,55 мм. Розкид міцності по виробу – 10%.

### Висновки.

1. Оптимальна установка вібраторів по відношенню до бортового затиснення листа з врахування вище зазначеного дозволяє ущільнювати бетонні суміші з осадкою конуса 4-6 см. Оптимальне місце розташування

стандартних вібраторів, які зараз використовують на касетних установках, по відношенню до бортового зачеплення визначається із умови отримання нульових точок амплітуд коливання розрахунковим і експериментальним способом.

2. Зміна схеми затиснення роздільних листів (затиснення листа по двом сторонам і відсутність його в нижній зоні) дозволить покращити динамічні режими коливань листів, що дасть можливість ущільнювати бетонні суміші з осадкою конуса до 4-6 см і знизить неефективну вібрацію касетної установки в цілому.

3. Установка загального приводу для збудження коливань всіх роздільних листів дозволить регулювати амплітуду і частоту коливань та при визначених умовах дасть можливість ущільнювати бетонні суміші практично з нульовою осадкою стандартного конуса.

### Література

1. Цителаури Г.И. Проектирование технологии заводов сборного железобетона. Учеб. пособие для вузов. М. «Высш. школа», 1975.
2. Борщевский А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: Учеб. для вузов по спец./А.А.Борщевский, А.С. Ильин. – «Пр-во строит. изделий и конструкций». – М.: Высш.шк., 1987. – 368 с.
3. Стефанов Б.В. Технология бетонных и железобетонных изделий. /Б.В. Стефанов, Н.Г. Русанов, А.А. Волянский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 406 с.
4. Молчанов П.О. Анализ поперечных колебаний активного рабочего органа касетной установки/П.О.Молчанов, М.П.Нестеренко, В.М.Чередников// Збірник наукових праць. Серія галузеве машинобудування, будівництво. – 2012. - №1 (31). – С. 240-247.
5. Молчанов П.О. Вивчення коливань активного рабочего органа вібраційної касетної установки та їх динамічних характеристик /П.О.Молчанов, М.П.Нестеренко, В.М.Чередников// Збірник наукових праць. Серія галузеве машинобудування, будівництво. – 2013. - №1 (36). – С. 27-38.
6. Сівко В.Й. Прикладна механіка робочих процесів машин./В.Й.Сівко, М.П.Кузьмінець// – К.:НТУ, 2009 – 349 с.
7. Сівко В.Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: - К.: ІСДО, 1994. – 359 с.
8. Сівко В.Й. Деякі питання теорії будівельних матеріалів і сумішей /В.Й.Сівко, М.П. Нестеренко// Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – 2000. - №6. – С. 84-89.