

АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ РЕОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ У ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕРТИКАЛЬНИХ УДАРНО-ІМПУЛЬСНИХ ВПЛИВІВ

Юрій Човнюк¹, Костянтин Почка²

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 11, Київ, Україна

² Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський пр-т, 31, Київ, Україна

HARDWARE PROVIDING AND MEASUREMENT TECHNIQUE OF REODINAMICHESKY PARAMETERS OF CONCRETE MIXES IN THE COURSE OF FORMATION WITH USE OF VERTICAL SHOCK AND PULSE INFLUENCES

Yuriy Chovnyuk¹, Konstantin Pochka²

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Heroyiv Oborony st., 11, Kyiv, Ukraine

² Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotskyu Prospect, 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. Запропоновано фізичне обґрунтування параметрів та властивостей бетонної суміші, а також методи їх оперативного визначення при формуванні бетонних масивів великих розмірів. Основою методики є принцип підбору вимірювальної апаратури та датчиків, конструктивні особливості котрих дозволяють вимірювати спрямовані сигнали імпульсного характеру.

Ключові слова: апаратурне забезпечення, методика вимірювань, реодинамічні параметри, бетонні суміші, формування, вертикальні ударно-імпульсні впливи.

АННОТАЦИЯ. Предложено физическое обоснование параметров и свойств бетонной смеси, а также методы их оперативного определения при формировании бетонных массивов больших размеров. Основой методики является принцип подбора измерительной аппаратуры и датчиков, конструктивные особенности позволяют измерять направленные сигналы импульсного характера.

Ключевые слова: аппаратурное обеспечение, методика измерений, реодинамические параметры, бетонные смеси, формирование, вертикальные ударно-импульсные воздействия.

SUMMARY. Purpose. Consists in justification of a technique of measurement of reodinamichesky parameters of a concrete mix and its hardware providing in the course of formation with use of vertical shock and pulse influences. **Methodology/approach.** Researches in this work are of analytical character. **Findings.** Use of the given technique allows to obtain quickly reliable experimental data on parameters reodinamics a concrete mix. **Research limitations/implications.** The reasonable measurement technique of reodinamichesky parameters of concrete mixes in the course of their formation by pulse way is offered. **Originality/value.** The work has scientific and practical interest.

Key words: hardware providing, measurement technique, reodinamichesky parameters, concrete mixes, formation, vertical shock and pulse influences.

Подано 19.11.2013; прийнято 25.11.2013

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Ударні технології та обладнання для формування бетонних сумішей та виробів з них знаходять все більш широке розповсюдження у промисловому виробництві. Для подальшого розвитку та вдосконалення розроблених способів формування бетонних масивів великих розмірів/габаритів необхідно знайти фізичне обґрунтування параметрів та властивостей самої суміші та методи їхнього оперативного визначення.

Зараз накопичений значний досвід у області дослідження реологічних параметрів

бетонних сумішей у процесі формування із застосуванням динамічних впливів і встановлений цілий ряд закономірностей їх зміни, однак, як правило, дослідження властивостей суміші проводились або у статичному стані, або в усталеному режимі вимушених коливань.

Дослідження динаміки процесів імпульсного формування бетонних масивів вимагає розробки спеціальної методики вимірювань параметрів суміші із використанням вібровимірювальної та реєструючої апаратури, до складу якої входить мехатронний комплекс. В основу методики повинен бути покладений принцип підбору вимірюваль-

ної апаратури з елементами мехатроніки та датчиків, конструктивні особливості яких дозволяють вимірювати спрямовані сигнали імпульсного характеру.

Зрозуміло, що вимірювання імпульсних параметрів є досить складною технічною задачею, оскільки до датчиків та вимірювальної апаратури пред'являються жорсткі вимоги щодо частотних характеристик. Співвідношення тривалості імпульсу та власної частоти датчика має найголовніше значення для забезпечення високої достовірності результатів вимірювання.

ОГЛЯД ПУБЛІКАЦІЙ

Ударні технології та обладнання для формування бетонних виробів запропоновані щодо використання у промисловому виробництві ще у 80-х роках минулого століття. Дослідження реологічних параметрів сумішей (будівельних, бетонних, комірково-бетонних тощо) у процесі формування із застосуванням динамічних впливів та встановлення низки загальних закономірностей їхньої зміни проведено у роботах [1, 3-13]. Однак, ці дослідження засновані на аналізі статичного стану бетонної суміші чи усталеного режиму вимушених коливань. Як правило, перехідні процеси (швидкоплинні у часі – типу ударно-хвильових) у таких сумішах не розглядаються й не реєструються їхні основні характеристики/параметри. У роботах [14-16] обрана методика вимірювання параметрів комірково-бетонної суміші й вібраційні прилади для цієї мети, а також обчислені частотні характеристики коливань бетонної суміші (її часточок).

Проте всі перераховані вище роботи використовують методику й прилади, у яких відсутній мехатронних компонент. Дана робота пропонує проводити дослідження динамічних та кінематичних властивостей бетонних сумішей з використанням сучасних мехатронних систем (МС).

МЕТА РОБОТИ

Обґрунтування методики вимірювання реодинамічних параметрів бетонної суміші

та її апаратного забезпечення у процесі формування із застосуванням вертикальних ударно-імпульсних впливів та використання мехатронних систем вимірювання/управління метрологічним забезпеченням (процесу вимірювань).

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Практика експериментальних досліджень реодинамічних властивостей бетонних сумішей показує, що найбільш придатною для цієї мети є універсальна вібровимірювальна апаратура з мехатронними блоками управління та моніторингу характеристик об'єкту (типу ВВ6-6ТН) з виходом за струмом і напругою. Така апаратура працює у комплекті з безінерційними (практично) датчиками: 1) прискорень ДП-5С, які дозволяють вимірювати переміщення форми за вимушеного її підйому разом з рухомою рамою ударного майданчика та переміщення верхньої поверхні масиву за коливного руху; 2) тисків ДТ-6С, які дозволяють вимірювати статичний та динамічний тиски на бортах форми та у суміші. Відмінною рисою вказаної апаратури є не критичність її амплітудно-частотної характеристики до опору реєстраторів: за струмом навантаження може змінюватись від 3Ω до 30Ω , а за напругою повинна бути не менше $5к\Omega$.

Аналіз вимірювань вищезазначених параметрів за безпосереднього використання (ВВ-6ТН) з комплектом датчиків та мехатронною системою інформаційно-аналітичного забезпечення показує, що без додаткового синхронізуючого і коригуючого пристрою ефективність масштабного вимірювання електричних сигналів, які реєструються мікропроцесором, знижується. (Зрозуміло, що мікропроцесор має АЦП).

З метою розширення масштабного фактору вихідних електричних сигналів та їхнього оперативного коригування у вимірювально-реєструючій апаратурній комплекс був включений спеціальний ЦАП та коригуючий пристрій (програмуючий контролер).

На рис. 1 наведено загальний вид вимірювально-реєструючого апаратурного комплексу, який має наступну структуру:

1) дві віброапаратури (ВВ6-6ТН) з автономними блоками живлення та блоками балансування апаратури;

2) комплект датчиків прискорень, тисків, переміщень;

3) мікропроцесор з АЦП та ЦАП;

4) нуль-термостат з термопарою;

5) ультразвукові віскозиметри ВАВ-3 і конструкції (В.В. Злоказова) з датчиками для вимірювання в'язкості суміші;

6) блок узгодження і корекції чутливості датчиків;

7) генератор електричних імпульсів для синхронізації роботи мікропроцесора, ЦАП, АЦП та контролерів

Основою пристрою вимірювально-реєструючого комплексу є загальний принцип – механічні величини (які характеризують коливні процеси) перетворюються у електричні сигнали за допомогою АЦП, які потім за допомогою підсилюючих трактів віброапаратури й синхронізуючого пристрою переводяться у потрібний масштаб і реєструються на дисплеї, спряженому з мікро-

процесором (після ЦАП), для подальшого моніторингу та налізу (у реальному часі) (рис. 1).

На рис. 1 введені такі позначення:

1) датчики прискорень (1-4) знаходяться у оболонці для вимірювання прискорень коливань бетонної суміші;

2) датчики прискорень (5, 6) знаходяться у корпусі форми для вимірювання прискорень на піддоні й бортах форми;

3) датчик переміщень ДП-3С (1) призначений для вимірювань висоти падіння форми (для аналізу віброударних режимів формування сумішей);

4) датчики тисків ДТ-6С (1, 2) знаходяться у оболонці для вимірювання тисків суміші;

5) датчики тисків ДТ-6С (3-5) є корисними для вимірювань тисків на піддон та борти форми.

Принцип дії апаратури зводиться до наступного. Віброапаратура ВВ6-6ТН працює за принципом амплітудної модуляції несучої частоти індуктивними датчиками, які входять до складу системи й увімкнені за диференціальною (напівмостовою) схемою.

Величина вихідного струму чи напруги у

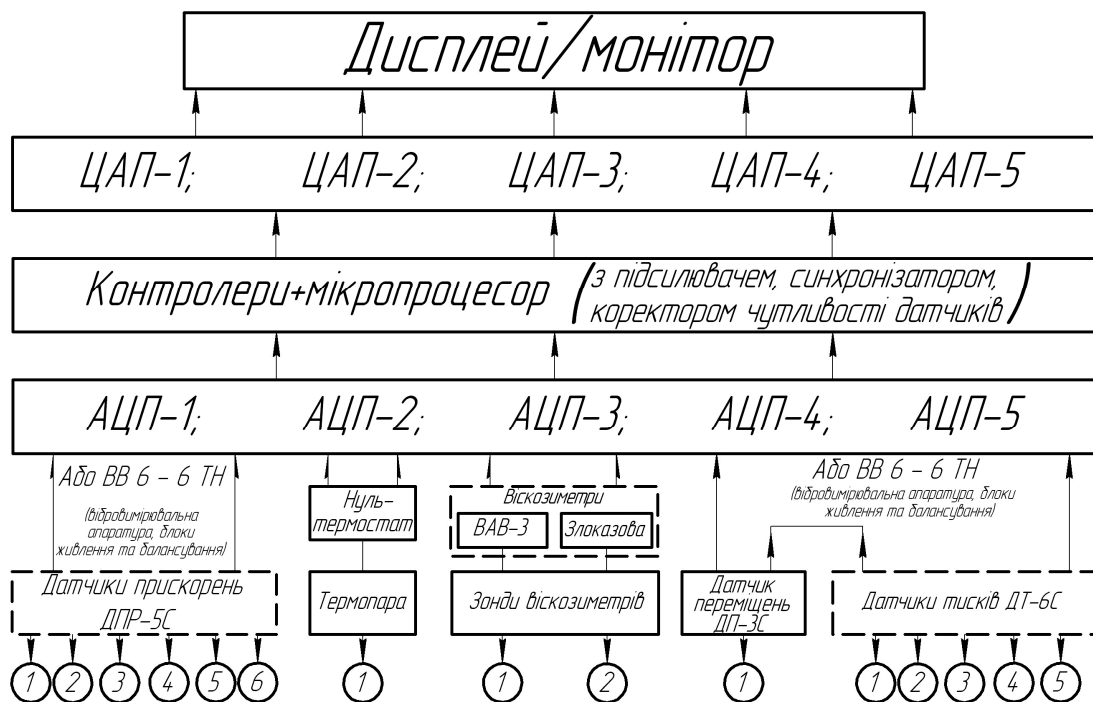


Рис. 1. Блок-схема вимірювально-реєструючого апаратурного комплексу:
АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ЦАП – цифровий аналоговий перетворювач

Fig. 1. Flowchart of a measuring and registration hardware complex:
АЦП – analog-digital converter; ЦАП – digital analog converter

межах лінійної ділянки роботи датчика пропорційна переміщенню рухомої системи датчика.

Схема апаратури (рис. 2) виконана таким чином, що вихід за струмом та напругою розв'язаний відносно мережі живлення постійного струму 27 В.

Слід зазначити, що блок-схема, подана на рис. 2, у сучасному виконанні суттєво простіша (використовуються компаратори).

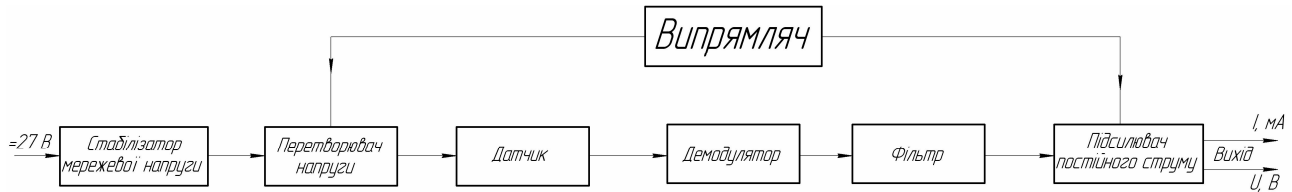


Рис. 2. Блок-схема апаратури ВВ6-6ТН

Fig. 2. Equipment flowchart BB6-6TH

1. Метод вимірювання прискорень

В основу роботи датчика прискорень покладено сейсмічний принцип. Як відомо, відносний рух інерційної (сейсмічної) маси за синусоїдального впливу зовнішньої сили описується рівнянням (за відсутності тертя):

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} = P_0 \cdot \cos \omega \cdot t, \quad (1)$$

де m – маса інерційного елемента; x – переміщення інерційної маси відносно корпусу; $c \cdot \dot{x}$ – сила пружності пружини; $P_0 \cdot \cos \omega \cdot t$ – сила збурення; $P_0 = m \cdot a_0$, де a_0 – амплітуда прискорення за руху основи датчика; ω – кругова частота сили збурення.

Частинний розв'язок (1) має вигляд:

$$x = \frac{P_0/c}{1 - \left\{ \frac{\omega}{\omega_0} \right\}^2} \cdot \cos \omega \cdot t, \quad (2)$$

де $\omega_0 = \sqrt{c/m}$ – кругова власна частота системи.

Якщо $\omega = 0$, тоді $x = P_0/c$.

При впливах на інерційну масу датчика з прискоренням $1g = 9,81 \frac{M}{c^2}$ $x = \delta_{cm}$.

$$\delta_{cm} = \frac{m \cdot g}{c} = \frac{250}{f_0^2}, \text{ мм}, \quad (3)$$

де f_0 – власна частота рухомої системи датчика, Гц.

Перетворювачем механічної величини (прискорення) у пропорціональні до неї електричні сигнали у даному випадку є індуктивний датчик ДПР-5С (або АЦП), власна частота якого вздовж осі вимірювання складає 400 Гц, а вздовж поперечної осі – на два порядки вище. Відповідно, датчик не

чутливий до бічних прискорень, навіть доволі значних величин.

Частотна характеристика датчика практично плавка у діапазоні частот 0...250 Гц. Датчик типу ДПР-5С дозволяє вимірювати ударні прискорення, які, як правило, характеризуються, з однієї сторони, максимальним значенням, з іншої – тривалістю імпульсу. Залежності спектра від його тривалості, отримані теоретично й перевірені експериментально, мають різний характер для імпульсів різної форми. Так, наприклад, спектр імпульсу косинусоїдального виду, який має місце при вимірюванні прискорень від впливу на суміш вертикальних ударних імпульсів, наближено визначається за формулою:

$$\Delta f = \frac{1}{\tau}, \quad (4)$$

де τ – тривалість імпульсу.

Якщо врахувати, що частотний діапазон датчика ДПР-5С дорівнює 250 Гц, тоді мінімальна тривалість імпульсу косинусоїдальної форми, який без помітних спотворень за величиною (не більше 5...6 %) буде зареєстрований, дорівнює $\tau = 0,004$ с.

Датчик ДПР-5С має зміщення якоря на одиницю прискорення:

$$\delta_{zm} = \frac{250}{f^2} = \frac{250}{400^2} = 1,6 \text{ мкм} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Таке зміщення на $1g$ за початкового зазору $\delta_0 = 100 \text{ мкм} = 10^{-4} \text{ м}$ забезпечує лінійну амплітудну характеристику датчика до $30g$.

Для вимірювання прискорення на формі датчик ДПР-5С необхідно закріплювати на горизонтальній чи вертикальній площині, залежно від напрямку вимірювань.

Для вимірювання прискорення суміші датчиком ДПР-5С його необхідно розміщувати у сферичній металевій оболонці, яку потім герметизують і фіксують у точці вимірювання еластичними розтяжками з фіксованою орієнтацією у площині вимірювання. Еластичні розтяжки практично не перешкоджають вільному переміщенню датчика у межах подвійної амплітуди та виключають обертання його навколо осі під час коливного руху суміші.

Для вимірювання прискорення на верхній поверхні суміші датчик-сферу закріплюють на поплавку так, щоб половина сфери знаходилась у суміші.

Значення прискорень визначають за показаннями датчика за допомогою (тарувальних) графіків чи коефіцієнтів, які отримують за даними тарування цих датчиків за тих самих ланцюгів підсилення на спеціальному електродинамічному вібраційному стенді ВЕДС-10А, максимальна величина вимушеної сили якого дорівнює 100 Н . робочий діапазон частот стенда ($20 \dots 300$) Гц , а номінальне віброприскорення при навантаженні на платформі $P_H = 100 \text{ Н}$ не менше $16g$.

Прискорення коливань суміші, яке вимірюється датчиками у сферичній оболонці, залежить від співвідношення об'ємної маси датчика та бетонної суміші [16] і, згідно даних М.П. Сажнева [7] підраховується за виразом, котрий враховує також можливість стискування бетонної суміші та приєднану масу датчика:

$$g_{\text{сум.}} = \frac{(2 \cdot \rho_g + \rho_{\text{сум.}} \cdot K_m)}{(2 \cdot \rho_{\text{сум.}} + \rho_{\text{сум.}} \cdot K_m)} \cdot g_{\text{датч.}} \quad (5)$$

де ρ_g – об'ємна маса датчика, кг/м^3 ; $\rho_{\text{сум.}}$ – об'ємна маса суміші, кг/м^3 ; $g_{\text{датч.}}$ – прискорення коливань датчика, м/с^2 ; K_m – ко-

ригуючий коефіцієнт, який враховує стискуваність бетонної суміші,

$$K_m = \frac{4 + 2 \cdot \left(\frac{f}{c_{\text{кол}}} \right)^2 \cdot R^2}{4 + \left(\frac{f}{c_{\text{кол}}} \right)^2 \cdot R^2}, \quad (6)$$

де f – частота коливань, Гц ; $c_{\text{кол}}$ – швидкість розповсюдження коливань, м/с ; R – радіус сферичної оболонки, м .

2. Метод вимірювання тисків

Робота датчиків тиску ДТ-6С заснована на принципі зміни індуктивного опору за рахунок зміщення чутливого елемента датчика – мембрани, при дії на неї зовнішнього тиску. Амплітудний діапазон датчика залежить від жорсткості мембрани й коливається у межах $0,001 \dots 2,0 \text{ МПа}$. При вимірюванні динамічних тисків у бетонній суміші у процесі формування масивів висотою до $1,5 \text{ м}$ імпульсним способом зазвичай використовуються датчики з амплітудним діапазоном менше $0,1 \text{ МПа}$ та фільтр низьких частот $0 \dots 30 \text{ Гц}$.

Тиск на борти та піддон форми вимірюється датчиками, встановленими на ці елементи форми. Закріплення корпусних датчиків здійснюють таким чином, щоб їхній чутливий елемент – мембрана – знаходився у площині внутрішньої поверхні бортів та піддону форми. Для вимірювання тиску в суміші датчики ДТ-6С герметизуються й розміщуються у спеціальних пружних сферичних оболонках, порожнина яких повністю заповнена рідиною, що не стискується.

Зовнішня поверхня сферичних оболонок захищена теплоізолюючим покриттям, яке запобігає нагріванню рідини у оболонці, що розігрівається сумішшю протягом $30 \dots 50$ хвилин від початку вимірювань.

Датчики встановлюються у форму та фіксуються еластичними розтяжками у точці вимірювання тиску.

Тарування корпусних датчиків ДТ-6С здійснюють на масляному пресі ППР-2М, який обладнаний еталонним манометром. При заданому тиску знімають показання відхилень променя шлейфа (осцилографа).

Тарування датчиків, які розміщені у сферичній пружній оболонці, здійснюють шляхом занурення їх у стовп води і за зада-

ної висоти стовпа води над датчиком знімають показання відхилення променя шлейфа (осцилографа за його приєднання до схеми вимірювань).

3. Метод вимірювання переміщень

Експериментально було встановлено, що при збуренні бетонної суміші ударними імпульсами у ній виникають власні поздовжні коливання, плоска хвиля яких розповсюджується від піддона до вільної (відкритої) поверхні. Амплітудне значення переміщення верхньої поверхні при формуванні бетонних сумішей висотою до 1,5 м досягає близько 8...10 мм. Цим умовам відповідають лише датчики переміщень ДП-3см з діапазоном від 0 до 20 мм.

Циліндричний корпус датчика закріплюють на штативі із можливістю поступової зміни положення датчика відносно верхньої поверхні бетонної маси. Рухливий стрижень одним кінцем закріплюють на поплавку, а другим – вводять у корпус датчика так, щоб кільце з м'якої сталі у верхній частині рухливого стрижня у початковому положенні розміщують симетрично відносно обмоток.

4. Метод вимірювання в'язкості

Дослідженням в'язкості бетонної суміші у процесі її віброформування присвячено ряд робіт, однак результати мають досить суперечливий характер. Це пояснюється, мабуть, тим, що у дослідженнях застосовуються різні методи вимірювання (динамічної/кінематичної) в'язкості. До найбільш надійних і простих методів відноситься метод неруйнівного ультразвукового вимірювання в'язкості, обґрунтування якого дається у роботі М.П. Сажнева [7].

Вимірювання в'язкості суміші слід проводити ультразвуковими віскозиметрами конструкції В.В. Злоказова та ВАВ-3 з діапазоном вимірювань у межах 0...10⁴ Пуаз. Відмінною особливістю вимірювань в'язкості цими приладами є те, що датчик можна розміщувати у досліджуваній суміші практично у будь-якій точці вимірювань.

Достовірність результатів вимірювань в'язкості цими приладами підтверджується даними, які отримані з еталонними рідинами, і результатами вимірювань в'язкості смол та розчинних сумішей віскозиметром "Реотест-2", призначеними для визначення

динамічної в'язкості ньютонівських рідин. Діапазон зміни в'язкості, який може бути вимірний приладом "Реотест-2", складає 1...1,8·10⁷ сПЗ (сантИПуаз).

ВИСНОВКИ

1. Запропонована обґрунтована методика вимірювання реодинамічних параметрів бетонних сумішей у процесі їхнього формування імпульсним способом. У апаратному забезпеченні вимірювань можуть бути задіяні як традиційні прилади, так і найновіші, до складу останніх входять мехатронні компоненти вимірювань і моніторингу фізико-механічних властивостей сумішей.

2. Застосування наведеної методики дозволяє оперативно отримувати достовірні експериментальні дані за цими параметрами (реодинаміки бетонної суміші), практична та наукова цінність яких загальновідомі.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Домбровский А.В.** Исследование ударной технологии формования ячеистобетонных изделий: Дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук. – М., 1980. – С. 140.
2. **Домбровский А.В.** Отечественный и зарубежный опыт совершенствования технологии производства и оборудования для изготовления автоклавных ячеистых бетонов. – В кн.: Тезисы докл. Таллин. Всесоюз. научн.-техн. совещ., 26-28 авг. 1981 г. – М., 1981. – С. 44-51.
3. **Куннос Г.Я., Земцов Д.Г.** Пластично-вязкие характеристики ячеистобетонных смесей. – В кн.: Сборник тр. / НИИПсиликатобетона. – Таллин, 1967. – № 2. – С. 29-47.
4. **Куннос Г.Я., Солодовник А.Б., Шпаца Л.К.** О механизме вспучивания газобетонной смеси. – В кн.: Материалы 4-ой Всесоюз. научн.-техн. конф. по химии и технологии бетонов. – Пенза, 1967. – С. 78-83.
5. **Куннос Г.Я., Лапса Х.В.** К оптимизации вибровспучивания газобетона // Строительные материалы. – 1969. – № 5. – С. 34-36.
6. **Горайнов К.Э., Сажнев Н.П., Новаков Ю.Я. и др.** Исследование акустических и реологических параметров ячеистобетонной смеси при виброформовании. – В кн.: Тезисы докл. 2-го Всесоюз. симп. "Реология бетонных

смесей и её технологические задачи”. – Рига: РПИ, 1976. – С. 177-179.

7. **Сажнев Н.П.** Исследование закономерностей распространения колебаний в ячеисто-бетонной смеси при виброформовании и повышении однородности ячеистого бетона: Дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук. – М., 1974. – С. 125.
8. **Христюк А.С.** Исследование эффекта периодического деформирования в процессе формования газобетонной смеси: Дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук. – М., 1973. – С. 139.
9. **Атрачев Б.О.** Параметр для регулирования процесса виброформования ячеистобетонных массивов // Строительные материалы, изделия и санитарная техника. – Киев, 1978. – Вып. 2. – С. 28, 29.
10. **Шкалик В.С., Козляков Т.М.** Виброизмерительные устройства. - Л., 1970. – 48 с.
11. **Волчинский С.Н., Есипович И.М., Михайловский Е.И.** К вопросу создания преобразователя для замера параметров вибрационных полей в бетонных смесях // Труды ВНИИ по машинам для промышленности строительных материалов. – Гатчина, 1973. – Вып. 12-14. – С. 263-275.
12. **Наунокайтис А.-П.Ю.** Влияние горизонтально направленной вибрации на процесс формирования структуры и физико-механических свойств газосиликата: Автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук. – Каунас, 1973. – 25 с.
13. **Линарт П.П.** Экспериментальные исследования распространения вертикально направленных вибраций в бетонной смеси // Исследования по бетону и железобетону. – Рига, 1965. – Вып. 8. – С. 83-108.
14. **Сажнев Н.П.** К вопросу о выборе методики измерения параметров ячеистобетонной смеси // Сб. трудов НИИ проектирования силикатобетона. – Таллин, 1975. – № 9. – С. 68-72.
15. **Алексеев В.А.** Исследование виброформования ячеистобетонной массы с помощью вибрационных приборов // Тезисы докл. конф. молодых учёных и специалистов Прибалтики и БССР по проблемам стройматериалов. – Вильнюс, 1974. – С. 55, 56.
16. **Бреслав И.Б.** О собственной частоте колебаний частиц бетонной смеси // Исследования по бетону и железобетону. – Рига, 1965. – Вып. 8. – С. 119-141.

REFERENCES

1. **Dombrovskij A.V., 1980.** Issledovanie udarnoj tehnologii formovaniya jacheistobetonnyh izdelij [Research of shock technology of formation of yacheistobetonny products]: Dis. na soisk. uchjon. step. kand. tehn. nauk [The thesis on a competition of a scientific degree of Candidate of Technical Sciences]. Moscow, 140.
2. **Dombrovskij A.V., 1981.** Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt sovershenstvovaniya tehnologii proizvodstva i oborudovaniya dlja izgotovlenija avtoklavnyh jacheistyh betonov [Domestic and foreign experience of improvement of the production technology and equipment for production of autoclave cellular concrete]. V kn.: Tezisy dokl. Tallin. Vsesojuzn. nauchn.-tehn. soveshh., 26-28 avg. 1981 g [In the book: Theses of reports. Tallinn. All-Union scientific and technical meeting, on August 26-28, 1981]. Moscow, 44-51.
3. **Kunnos G.Ja., Zemcov D.G., 1967.** Plastichno-vjazkie harakteristiki jacheistobetonnyh smesej [Plastic and viscous characteristics of yacheistobetonny mixes]. V kn.: Sbornik tr. NIIPsilikatobetona [In the book: Collection of works of Scientifically issledovatelny institute of silicate concrete]. Tallin, no 2, 29-47.
4. **Kunnos G.Ja., Solodovnik A.B., Shpaca L.K., 1967.** O mehanizme vspuchivaniya gazobetonnoj smesi [About the mechanism of a vspuchivaniye of a gas-concrete mix]. V kn.: Materialy 4-oj Vsesojuzn. nauchn.-tehn. konf. po himii i tehnologii betonov [In the book: Materials of the 4th All-Union scientific and technical conference on chemistry and technology of concrete]. Penza, 78-83.
5. **Kunnos G.Ja., Lapsa H.V., 1969.** K optimizacii vibrovspuchivaniya gazobetona [To optimization of a vibrovspuchivaniye of a gas concrete]. Stroitelnye materialy [Construction materials]. no 5, 34-36.
6. **Gorjajnov K.Je., Sazhnjev N.P., Novakov Ju.Ja. and others, 1976.** Issledovanie akusticheskih i reologicheskikh parametrov jacheistobetonnoj smesi pri vibroformovanii [Research of acoustic and rheological parameters of a yacheistobetonny mix when vibroforming]. V kn.: Tezisy dokl. 2-go Vsesojuzn. simp. "Reologija betonnyh smesej i ejo tehnologicheskie zadachi" [In the book: Theses of reports of the 2nd All-Union symposium "Rheology of concrete mixes and its technological tasks"]. Riga: RPI Publ., 177-179.

7. **Sazhnev N.P., 1974.** Issledovanie zakonmer-nostej rasprostraneniya kolebanij v jacheistobetonnoj smesi pri vibroformovanii i povyshenii odnorodnosti jacheistogo betona [Research of regularities of distribution of fluctuations in a cellular and concrete mix during the vibroforming and increase of uniformity of cellular concrete]: Dis. na soisk. uchjon. step. kand. tehn. nauk [The thesis on competition of a scientific degree of Candidate of Technical Sciences]. Moscow, 125.
8. **Hristjuk A.S., 1973.** Issledovanie jeffekta periodicheskogo deformirovanija v processe formovanija gazobetonnoj smesi [Research of effect of periodic deformation in the course of formation of a gas-concrete mix]: Dis. na soisk. uchjon. step. kand. tehn. nauk [The thesis on competition of a scientific degree of Candidate of Technical Sciences]. Moscow, 139.
9. **Atrachev B.O.** Parametr dlja regulirovanija processa vibroformovanija jacheistobetonnyh massivov [Parameter for regulation of process of vibroforming of yacheistobetonny massifs]. Stroitel'nye materialy, izdelija i sanitarnaja tehnika [Construction materials, products and sanitary equipment]. Kiev, no 2, 28, 29.
10. **Shkalikov V.S., Kozljakov T.M., 1970.** Vibrozmeritel'nye ustrojstva [Vibration-measuring devices]. Leningrad, 48.
11. **Volchinskij S.N., Esipovich I.M., Miha-jlovskij E.I., 1973.** K voprosu sozdaniya preobrazovatelja dlja zamera parametrov vibracionnyh polej v betonnyh smesjah [To a question of creation of the converter for measurement of parameters of vibration fields in concrete mixes]. Trudy VNII po mashinam dlja promyshlennosti stroitel'nyh materialov [All-union scientific research institute works on cars for the industry of construction materials]. Gatchina, no 12-14, 263-275.
12. **Naunokajtis A.-P.Ju., 1973.** Vlijanie gorizontal'no napravlennoj vibracii na process formirovanija struktury i fiziko-mehaničeskikh svojstv gazosilikata [Influence of horizontally directed vibration on process of formation of structure and fiziko-mekhaniches-kikh properties of gas-silicate]: Avtoref. dis. na soisk. uchjon. step. kand. tehn. nauk [The thesis abstract on competition of a scientific degree of Candidate of Technical Sciences]. Kaunas, 25.
13. **Linart P.P., 1965.** Jeksperimental'nye issledovanija rasprostraneniya vertikal'no napravlennyh vibracij v betonnoj smesi [Pilot studies of distribution of vertically directed vibrations in a concrete mix]. Issledovanija po betonu i zhelezobetonu [Researches on concrete and reinforced concrete]. Riga, no 8, 83-108.
14. **Sazhnev N.P., 1975.** K voprosu o vybore metodiki izmerenija parametrov jacheistobetonnoj smesi [To a question of a choice of a technique of measurement of parameters of a yacheistobetonny mix]. Sb. trudov NII proektirovanija silikatobetona [Collection of works of scientific research institute of design of silicate concrete]. Tallin, no 9, 68-72.
15. **Alekseev V.A., 1974.** Issledovanie vibroformovanija jacheistobetonnoj massy s pomoshhju vibracionnyh priborov [Research of vibroforming of yacheistobetonny weight by means of vibration devices]. Tezisy dokl. konf. molodyh uchjonyh i specialistov Pribaltiki i BSSR po problemam strojmaterialov [Theses of reports of conference of young scientists and experts of Baltic and BSSR on problems of building materials]. Vil'njus, 55, 56.
16. **Breslav I.B., 1965.** O sobstvennoj chastote kolebanij chastic betonnoj smesi [About own frequency of fluctuations of particles of a concrete mix]. Issledovanija po betonu i zhelezobetonu [Researches on concrete and reinforced concrete]. Riga, no 8, 119-141.