УДК 666.97.003.16

М.П. Нестеренко, к.т.н., доц.
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРИЄДНАНОЇ МАСИ ЦЕМЕНТОБЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛИВАННЯХ ЗАЛЕЖНО ВІД ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА УМОВ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ

Викладено експериментальні дані зміни коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації, консистенції цементобетонної суміші, товщини ущільнюваного шару і частоти вимушених коливань, отримані в результаті дослідження на лабораторній віброплощадці процесу взаємодії ущільнюваної цементобетонної суміші при вертикально направлених коливаннях.

Ключові слова: віброзбуджувач, віброплощадка, вертикально направлені коливання, вимушуюча сила, коефіцієнт приєднаної маси, просторові коливання, пружна опора, цементобетонна суміш.

Изложены экспериментальные данные изменения коэффициента присоединенной массы цементобетонной смеси в зависимости от коэффициента относительной пластической деформации, консистенции цементобетонной смеси, толщины уплотняющегося слоя и частоты вынужденных колебаний, полученные в результате исследования на лабораторной виброплощадке процесса взаимодействия уплотняющейся цементобетонной смеси при вертикально направленных колебаниях.

Ключевые слова: вибровозбудитель, виброплощадка, вертикально направленные колебания, вынуждающая сила, коэффициент присоединенной массы, пространственные колебания, упругая опора, цементобетонная смесь.

These experimental changes of coefficient of the added mass of cementconcrete mixture are expounded depending on the coefficient of relative plastic deformation, consistency of cementconcrete mixture, thicknesses of the made more a compact layer and frequencies of the forced vibrations, researches got as a result on the laboratory vibration platform of process of co-operation of the made more a compact layer of cementconcrete mixture at the apeak directed vibrations.

Keywords: vibroexciter, vibration platform,, apeak directed vibrations, revolting force, coefficient of the added mass, resilient support, cementconcrete mixture.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв□язок із важливими практичними завданнями. Досить широкого розповсюдження при формуванні залізобетонних виробів набуло розроблене у ПолтНТУ вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа [1], удосконалення котрого може проводитися на підставі аналітичних досліджень з урахуванням фізико-механічних характеристик ущільнюваного середовища і визначенням на їхній основі раціональних параметрів вібраційної площадки та режимів вібраційної дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв□язання даної проблеми. У розрахунках вібраційного обладнання для формування залізобетонних виробів використовуються різноманітні підходи до складення математичних моделей, про що свідчать публікації різних років. Відомі математичні моделі враховують бетонну суміш як тверде тіло, часткова маса якого додається до маси робочого органа. коливальної системи [2 – 8].

Виділення не розв□язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Урахування бетонної суміші здійснюється за допомогою коефіцієнта приєднаної маси, значення якого у дослідників наводиться відповідно до конкретних умов досліджень без урахування зміни коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації, консистенції цементобетонної суміші, товщини ущільнюваного шару і частоти вимушених коливань. При аналітичних розрахунках уточнення значення коефіцієнта приєднаної маси дозволить ураховувати у математичних моделях вібраційних машин фізико-механічні характеристики ущільнюваного середовища й визначати раціональні параметри вібраційної площадки та режими вібраційної дії, при яких забезпечується ефективне ущільнення цементобетонних сумішей.

Метою даної роботи є викладеня експериментальних даних зміни коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації, консистенції цементобетонної суміші, товщини ущільнюваного шару і частоти вимушених коливань, отриманих у результаті дослідження на лабораторній віброплощадці процесу взаємодії ущільнюваної цементобетонної суміші при вертикально направлених коливаннях.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для функціонального аналізу складених аналітичних залежностей досліджуємо процес взаємодії ущільнюваної цементобетонної суміші при вертикально направлених коливаннях на лабораторній віброплощадці, яка має такі технічні характеристики: маса рухомої рами віброплощадки разом із формою без бетонної суміші 2,5 кг; жорсткість пружних опор – 280 кН/м; внутрішній

розмір форми – 350х350х200 мм. Дослідження проводилися на режимах, наведених у табл.1

Таблиця 1 – Режими проведення досліджень

№ досліду	Кутова частота вимушених коливань ω, с$^{-1}$	Амплітуда вимушуючої сили Q, Н	Амплітуда коливань рухомої рами на холостому ходу A_{xx}, мм
1	292	2150	0,50
2	256	1850	0,57
3	219	1550	0,68
4	182,5	1250	1,10

Лабораторна віброплощадка (рис. 1) змонтована на основі за допомогою пружних опор, на неї діє вимушуюча сила у вигляді вертикально направленої гармонійної сили $Q\sin\omega t$ і моделює динамічну систему «вібромайданчик – цементобетонне середовище» при вертикально направлених коливаннях.

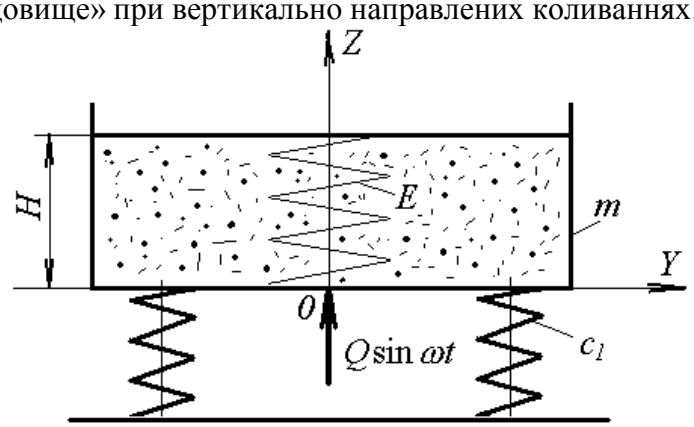

Рисунок 1 – Конструктивна схема лабораторної віброплощадки динамічної системи «віброплощадка – цементобетонне середовище» при вертикально направлених коливаннях

На рис. 2 – 4 показані зміни коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші $k_{пр} = m_{пр1} / m_{б}$ залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації $S = \rho_к(\rho - \rho_9) / [\rho(\rho_k - \rho_0)]$, консистенції цементобетонної суміші, товщини ущільнюваного шару H і частоти вимушених коливань ω. Тут $m_{б}$ – маса ущільнюваної цементобетонної суміші; $\rho_0, \rho, \rho_к$ – густина ущільнюваної суміші відповідно в неущільненому (початковому), поточному й ущільненому (кінцевому) стані.

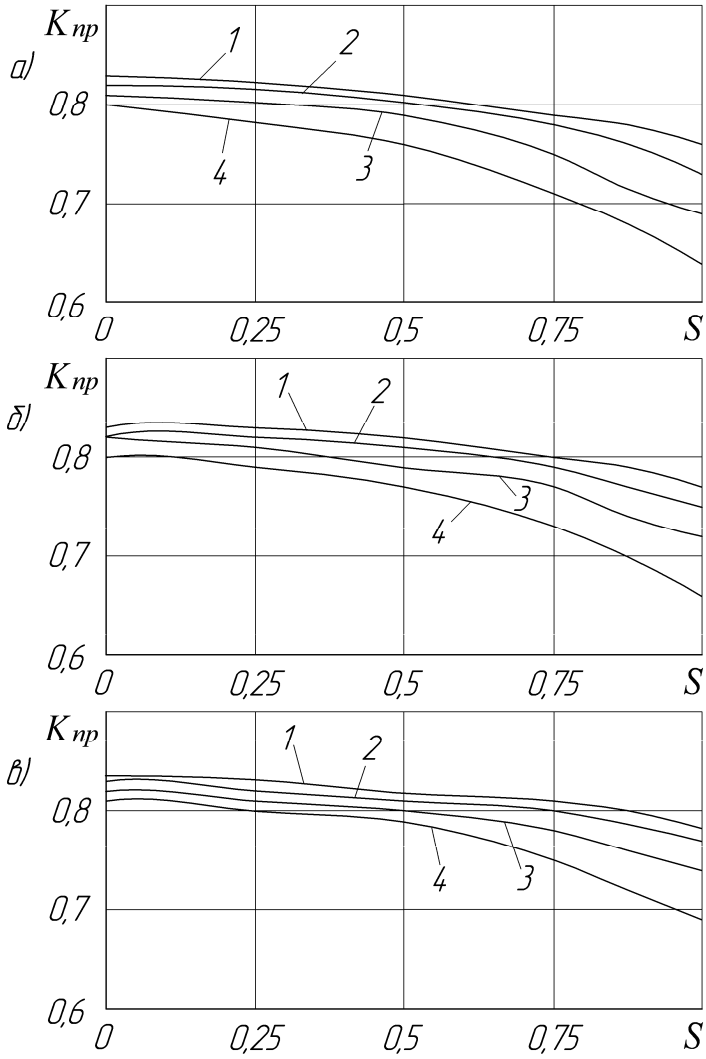

Рисунок 2 – Зміна коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші $K_{пр}$ залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації S при товщині ущільнюваного шару H = 100 мм для сумішей: а) з осадкою конуса Ок=3,5 – 4 см; б) із жорсткістю Ж=30 с; в) із жорсткістю Ж=60 с; при частотах коливань рухомої рами віброплощадки: 1 – ω=292 с$^{-1}$; 2 – ω=256 с$^{-1}$; 3 – ω=219 с$^{-1}$; 4 – ω=182,5 с$^{-1}$

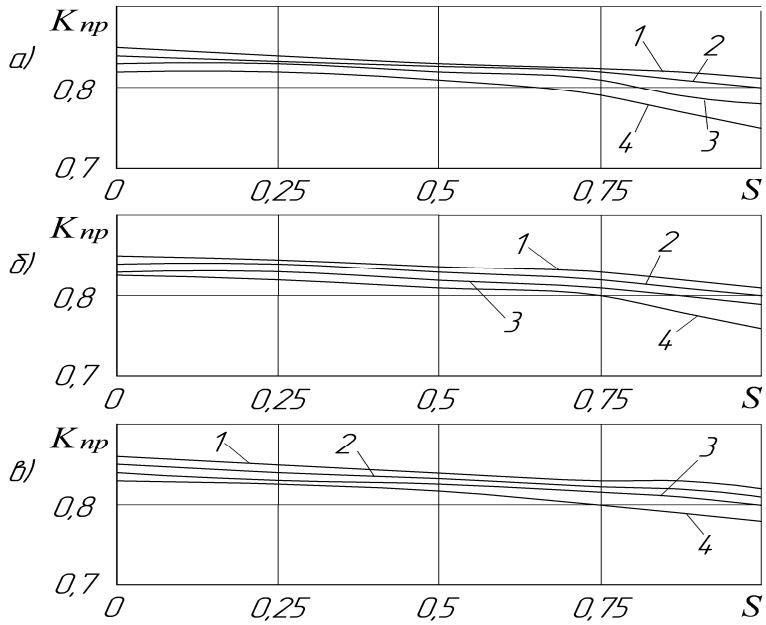

Рисунок 3 – Зміна коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші $K_{пр}$ залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації S при товщині ущільнюваного шару H = 150 мм: а) з осадкою конуса Ок=3,5 – 4 см; б) із жорсткістю Ж=30 с; в) із жорсткістю Ж=60 с; при частотах коливань рухомої рами віброплощадки: 1 – ω=292 с$^{-1}$; 2 – ω=256 с$^{-1}$; 3 – ω=219 с$^{-1}$; 4 – ω=182,5 с$^{-1}$

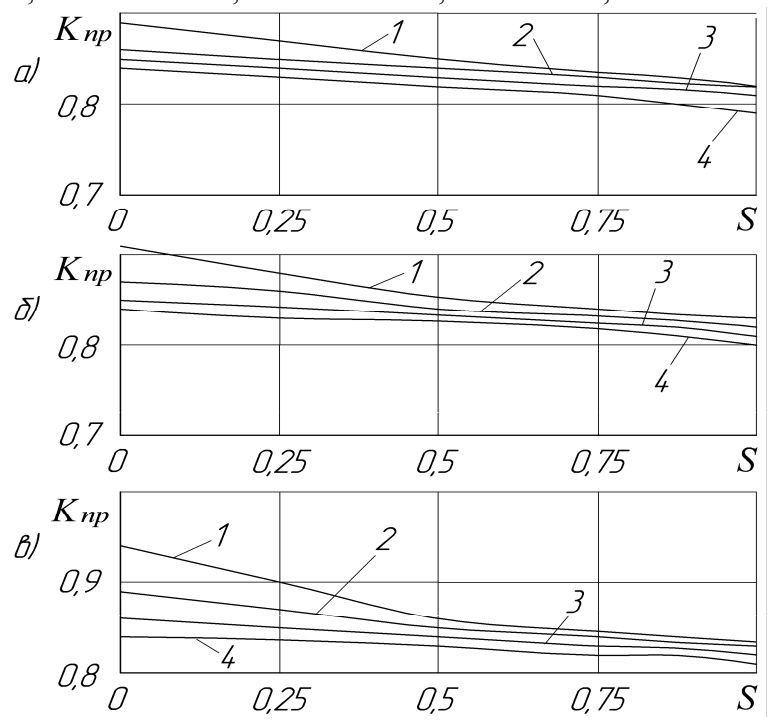

Рисунок 4 – Зміна коефіцієнта приєднаної маси цементобетонної суміші $K_{пр}$ залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації S при товщині ущільнюваного шару H =200 мм: а) з осадкою конуса Ок=3,5 – 4 см; б) із жорсткістю Ж=30 с; в) із жорсткістю Ж=60 с; при частотах коливань рухомої рами віброплощадки: 1 – ω=292 с$^{-1}$; 2 – ω=256 с$^{-1}$; 3 – ω=219 с$^{-1}$; 4 – ω=182,5 с$^{-1}$

На рис. 5 наведена зміна амплітуд напружень в основі ущільнюваного шару (суцільна крива) і середнього напруження (пунктирна крива) залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації цементобетонної суміші S і різної товщини ущільнюваного шару H при осіданні.

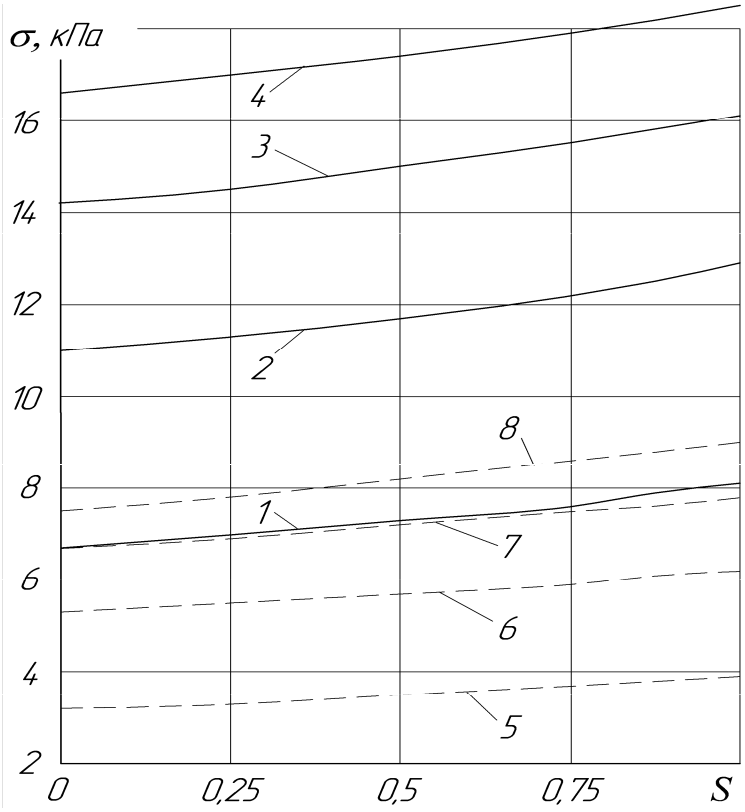

Рисунок 5 – Зміна амплітуд напружень в основі ущільнюваного шару (суцільна крива) і середнього напруження (пунктирна крива) залежно від коефіцієнта відносної пластичної деформації цементобетонної суміші S і товщини ущільнюваного шару H для суміші з осадкою конуса Ок=3,5 – 4 см при кутовій частоті вимушених коливань ω = 292 с$^{-1}$ та амплітуді коливань рухомої рами на холостому ходу A_{xx} = 0,5 мм: 1, 5 – при H =50 мм; 2, 6 – при H =100 мм; 3, 7 – при H =150 мм; 4, 8 – при H =200 мм

На рис. 6 наведена зміна амплітуди A коливань рухомої рами віброплощадки на завершальній стадії процесу ущільнення цементобетонного шару різної товщини залежно від кутової частоти вимушених коливань ω для суміші з осадкою конуса Ок=3,5 – 4 см.

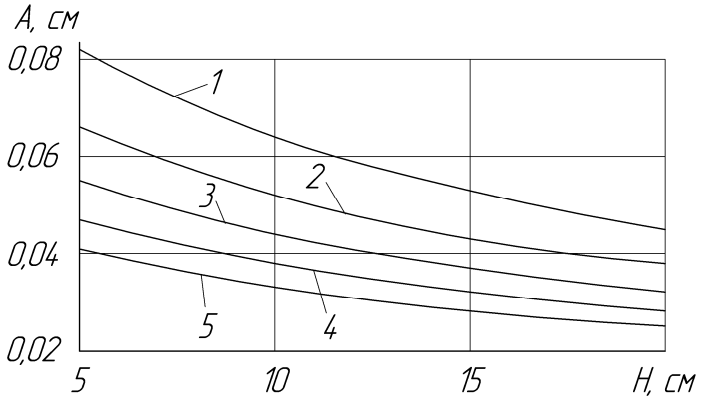

Рисунок 6 – Зміна амплітуди A коливань рухомої рами віброплощадки на завершальній стадії процесу ущільнення залежно від товщини ущільнюваного шару H і кутової частоти вимушених коливань ω для сумішей з осадкою конуса Ок=3,5 – 4 см: 1 – при кутовій частоті вимушених коливань ω = 146 с$^{-1}$ і амплітуді коливань рухомої рами на холостому ходу A_{xx}=1,1 мм; 2 – при ω = 182,5 с$^{-1}$ і A_{xx}= 0,83 мм; 3 – при ω = 219 с$^{-1}$ та A_{xx}= 0, 68 мм; 4 – при ω = 256 с$^{-1}$ і A_{xx}= 0,57 мм; 5 – при ω = 292 с$^{-1}$ та A_{xx}= 0,5 мм

Висновки:

1. Аналіз отриманих даних, наведених на рис. 2 – 4, показує, що значення коефіцієнта приведеної маси цементобетонної суміші істотно залежать від коефіцієнта відносної пластичної деформації S, товщини ущільнюваного шару H, частоти вимушених коливань ω і консистенції цементобетонної суміші. Для всіх даних консистенцій цементобетонної суміші значення коефіцієнта її приведеної маси збільшуються зі зростанням кутової частоти вимушених коливань і товщини ущільнюваного шару, наближаючись до значень 0,85 – 0,95 при товщині ущільнюваного шару H = 200 мм.

2. Істотний вплив на амплітуди напруження (рис. 5), які виникають в основі ущільнюваного шару, та середнього напруження мають більшою мірою товщина ущільнюваного шару й меншою мірою густина цементобетонної суміші при незмінному значенні частоти вимушених коливань. Це свідчить про те, що товсті шари суміші ущільнюються на віброплощадці ефективніше, оскільки основними чинниками, що впливають на інтенсивність вібраційного процесу ущільнення, є напруження в ущільнюваному шарі та кутова частота вимушених коливань.

3. Аналіз отриманих залежностей (рис. 6) показує, що істотний вплив на амплітуду коливань рухомої рами віброплощадки мають кутова частота вимушених коливань рухомої рами віброплощалки і товщина ущільнюваного шару, тобто підтверджується, що приєднана маса цементобетонної суміші істотно залежить від цих параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. 1. Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 16. – С. 177 – 181.

2. 2. Гусев Б.В. Вибрационная технология бетона / Б.В. Гусев, В.Г. Зазимко. – К.: Будівельник, 1991. – 160 с.

3. 3. Десов А.Е. Вибрированый бетон / А.Е. Десов. – М.: Госстройиздат, 1956. – 230 с.

4. 4. Лялинов А.Н. Новые вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей / А.Н. Лялинов. □ Л.: Ленинградский ДНТП, 1970. □ 31 с.

5. 5. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарь. □ К.: Будівельник, 1985. – 128 с.

6. 6. Олехнович К.А. Исследования характера многокомпонентных колебаний малошумных виброплощадок / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов. – Полтава: ПИСИ, 1980. – 13 с.

7. 7. Орисенко О.В. Дослідження просторового руху робочого органа вібраційної машини для формування трубчастих залізобетонних виробів / О.В. Орисенко, М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2000. – Вип. 6, частина 1. – С. 172 – 175.

8. 8. Вікторов Ю.Є. Аналітичні дослідження закономірностей просторового руху робочого органа вібраційної установки з двома дебалансними віброзбудниками / Ю.Є. Вікторов, М.П. Нестеренко, О.В. Орисенко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип. 5 /Полтавський держ. тех. ун-т ім. Юрія Кондратюка. □ Полтава: ПДТУ, 2000. – С. 53 □ 62.

Надійшла до редакції 30.03.2010 р.

© М.П. Нестеренко