

УДК 624.04 (075)

СРАВНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ВИБРАЦИОННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**А. Г. Маслов, Жанар Батсайхан**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: knto@mail.ru

Описаны конструкция и принцип действия экспериментальной установки с вибрационным рабочим органом для поверхностного уплотнения бетонной смеси. Приведены геометрические размеры и физико-технические характеристики установки и вибрационного рабочего органа, предназначенного для формирования бетонных изделий толщиной 80...200 мм, шириной 400 мм и длиной 800 мм. Работа динамической системы вибрационного рабочего органа осуществлялась в дорезонансной зоне. Приведено сравнение полученных экспериментальных данных с результатами теоретических исследований, опубликованных ранее. Уточнены параметры вибрационного воздействия на уплотняемую смесь. Определена эффективность уплотнения предлагаемым вибрационным рабочим органом. Установлено, что предлагаемый вибрационный рабочий орган обеспечивает качественное уплотнение (до коэффициента уплотнения 0,98...1,0) бетонных смесей жесткостью 30...90 с при толщине уплотняемого слоя 120...200 мм и скорости перемещения 1,7...2,4 м/мин.

Ключевые слова: виброплита, амплитуда колебаний, уплотнение, бетонная смесь.**ПОРІВНЯННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ВІБРАЦІЙНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ****О. Г. Маслов, Жанар Батсайхан**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: knto@mail.ru

Описано конструкція і принцип дії експериментальної установки з вібраційним робочим органом для поверхневого ущільнення бетонної суміші. Наведено геометричні розміри і фізико-технічні характеристики установки і вібраційного робочого органу, призначеного для формування бетонних виробів товщиною 80...200 мм, шириною 400 мм і довжиною 800 мм. Робота динамічної системи вібраційного робочого органу здійснювалася в дорезонансній зоні. Наведено порівняння одержаних експериментальних даних з результатами теоретичних досліджень, опублікованих раніше. Уточнено параметри вібраційного впливу на ущільнювальну суміш. Визначено ефективність ущільнення пропонованим вібраційним робочим органом. Встановлено, що пропонований вібраційний робочий орган забезпечує якісне ущільнення (до коефіцієнта ущільнення 0,98...1,0) бетонних сумішей жорсткістю 30...90 с при товщині ущільнюваного шару 120...200 мм і швидкості переміщення 1,7...2,4 м/хв.

Ключові слова: виброплита, амплітуда коливань, ущільнення, бетонна суміш.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Вибрационные машины, оснащенные рабочим органом, осуществляющим вибрационное воздействие на поверхность уложенного слоя, широко используются для уплотнения бетонных [1, 2] и асфальтобетонных [3, 4] смесей и грунта [5]. Эти вибрационные машины, совершающие колебания в пространстве под действием различного типа вибровозбудителей колебаний являются сложными техническими системами [6]. Рациональное использование этих вибрационных машин в практике строительного производства зависит от конструктивного устройства и таких показателей как: работоспособность, под которой понимается способность объекта выполнять заданные функции в течение определенного технического документацией времени; устойчивость движения динамической системы; эффективность уплотнения, обеспечивающей высокое качество формируемых изделий при достаточной высокой производительности и минимальной затрате энергии; безопасность работы [7].

В работах авторов [8...10] приведены результаты теоретических исследований процесса уплотнения цементобетонных смесей, вибрационным рабочим органом, оснащенный виброплитой со смещенным к ее передней кромке вибровозбудителем круговых колебаний. Приведенные теоретические исследования позволяют достаточно точно определить основ-

ные параметры предлагаемого вибрационного рабочего и обосновать рациональные режимы вибрационного воздействия на уплотняемую среду.

Цель работы – уточнение рациональных параметров вибрационного рабочего органа, используемого для уплотнения бетонных смесей, на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для проведения экспериментальных исследований вибрационного рабочего органа была создана специальная экспериментальная установка (рис.1), общий вид которой представлен на рис. 1а, а её конструктивное устройство показано на рис. 1б. Экспериментальная установка включает раму пространственной конструкции, состоящую из основания 1, выполненного из продольных и поперечных швеллеров, покрытых стальным листом, и четырех стоек 2, на которых жестко закреплены два продольных лонжерона 3. На продольных лонжеронах 3 установлена тяговая тележка 4, к которой на регулируемых тросах 5 подвешена траверса, выполненная в виде двух продольных пластин 6 и калиброванных бобышек 7, жестко связанных с опорной плитой 8. К опорной плите 8 при помощи резьбовых соединений 9 прикреплена реактивная плита 10, к которой на упругих амортизаторах 11 и 12 подвешена виброп-

лита 13. На виброплите 13 посредством резьбовых соединений 14, закреплен электромеханический вибровозбудитель круговых колебаний 15. На опорной оси 16 тяговой тележки 4 жестко закреплен поводок 17, связанный резьбовым соединением с передачей «винт – гайка», выполненной в виде гайки 18 и ходового винта 19, который установлен в подшипниковых опорах 20 и 21. Подшипниковые опоры 20 и 21 закреплены на раме экспериментальной установки при помощи арочных кронштейнов 22 и 23. Передача «винт – гайка» приводится во вращение от электродвигателя 24 при помощи клиноремненной передачи, выполненной в виде приводного шкива 25, установленного на валу электродви-

гателя 24, ведомого шкива 26, закрепленного на ходовом винте 19, и клинового ремня 27, соединяющего эти шкивы. Электродвигатель 24 закреплен на подмоторной плите 28, жестко закрепленной на стойках 2 рамы экспериментальной установки. К стойкам 2 при помощи резьбовых соединений прикреплены съемные продольные 29 и поперечные 30 борта. Статический момент масс дебалансов вибровозбудителя колебаний 15 для изменения амплитуды возмущающей силы может регулироваться. Использование ступенчатых шкивов 25 и 26 позволяет регулировать скорость перемещения уплотняющего вибращонного рабочего органа

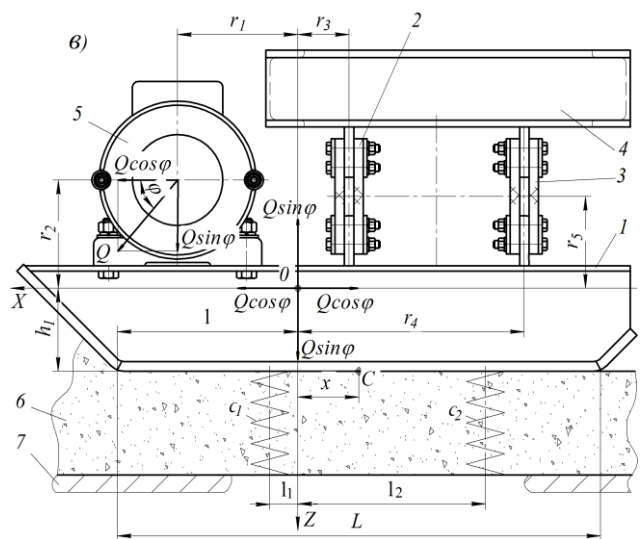
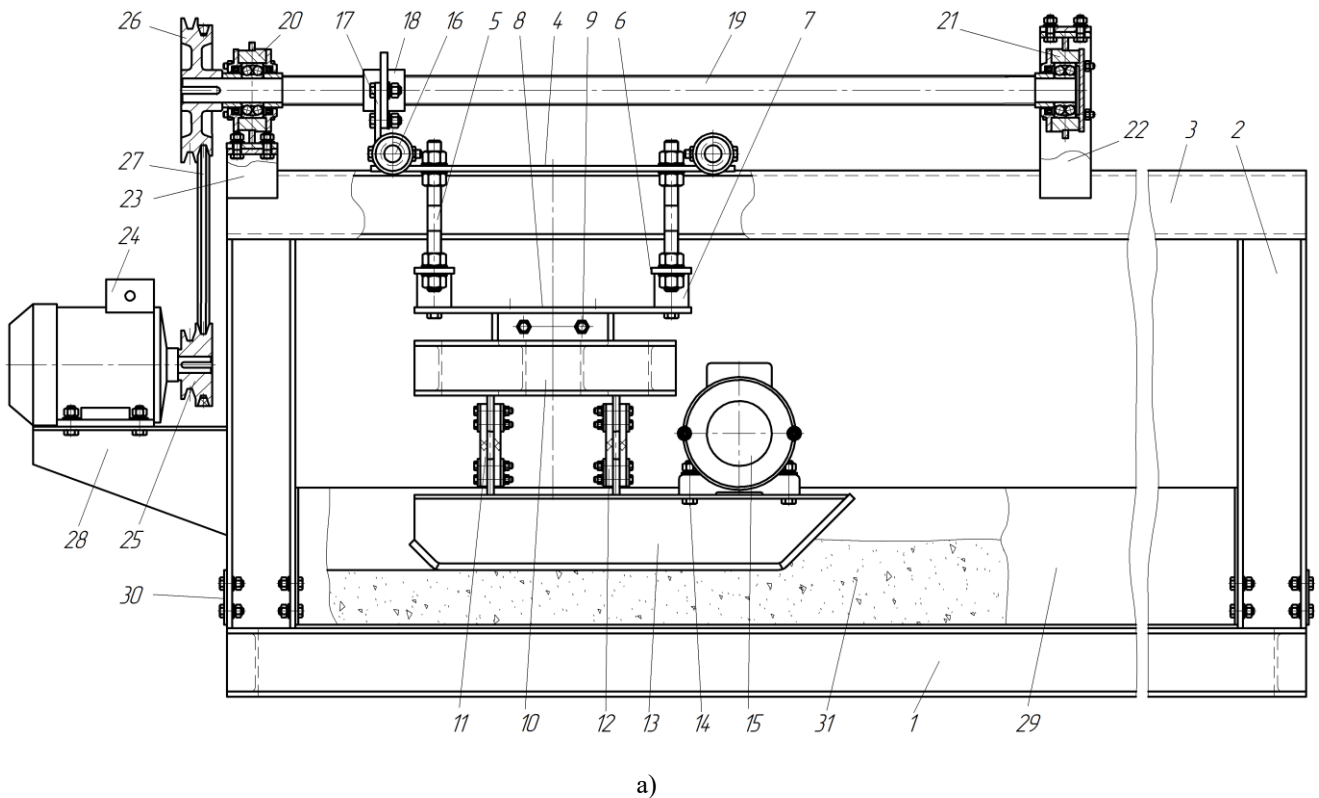


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для уплотнения цементобетонных смесей:
 а) конструктивное исполнение установки; б) общий вид установки;
 в) расчетная схема вибращонного рабочего органа

Работа установки осуществляется следующим образом. При помощи регулируемых тяг 5 устанавливается необходимая толщина уплотняемого слоя и требуемый угол атаки виброплиты. На плоской поверхности основания 1 закрепляются съемные борта 29 и 30 и укладывается ровным слоем цементобетонная смесь 31. Включаются электромеханический вибровозбудитель круговых колебаний и электродвигатель 24 ходового механизма тяговой тележки. При этом тяговая тележка перемещает виброплиту 13, которая под действием вибровозбудителя круговых колебаний 15 совершая сложные пространственные колебания, оказывает на уплотняемую среду переменное амплитудно-частотное вибрационное воздействие. В результате уплотняемая смесь с высокой частотой и переменной амплитудой деформируется в вертикальном направлении и одновременно подвергается сдвиговым деформациям в горизонтальном направлении. Это позволяет обеспечить эффективное уплотнение и выглаживание поверхности уплотняемого слоя.

Экспериментальная установка разработана таким образом, чтобы достаточно точно смоделировать работу натурального уплотняющего вибрационного рабочего органа. Для этого длина виброплиты на экспериментальной установке была принята равной длине натурального уплотняющего вибрационного рабочего органа.

Техническая характеристика экспериментальной установки: масса вибрационной плиты – $m=45,78$ кг; длина днища вибрационной плиты – $L=50$ см (рис.1в); ширина вибрационной плиты – $B=40$ см; координаты центра тяжести вибрационной плиты относительно точки С, расположенной в центре днища: по вертикали $z_c=8,83$ см, по горизонтали $x_c=7,19$ см; массовый момент инерции вибрационной плиты относительно её центра тяжести – $J=1,61$ кг·м²; расстояние от центра тяжести виброплиты до центра приложения возмущающих сил вибровозбудителя круговых колебаний соответственно в направлении координат X и Z : $r_1=11,83$ см; и $r_2=11,1$ см; расстояние от центра тяжести виброплиты до передней и задней упругих опор соответственно в направлении координаты X : $r_3=6,165$ см и $r_4=24,537$ см; расстояние от центра тяжести виброплиты до передней и задней упругих опор в направлении координаты Z : $r_5=9,397$ см; электромеханический вибровозбудитель колебаний (вибратор ИВ-99Б; возмущающая сила $Q=2,45...4,9$ кН; угловая частота колебаний $\omega=293$ рад/с; масса – 12 кг); жесткость передних амортизаторов в вертикальном направлении – $c_{31}=314$ кН/м; жесткость задних амортизаторов в вертикальном направлении – $c_{41}=470$ кН/м; жесткость передних и задних амортизаторов в горизонтальном направлении соответственно – $c_{32}=0,4c_{31}$, $c_{42}=0,4c_{41}$; рабочая скорость перемещения тяговой тележки – 1,7; 2,4; 3,6 м/мин; толщина уплотняемого слоя – 80...200 мм; ширина формируемого изделия – 400 мм; длина формируемого изделия – 800 мм.

При проведении экспериментальных исследований использовались цементобетонные смеси с водоцементным отношением $В/Ц=0,4 - 0,48$ со следующим содержанием минеральных компонентов и воды (кг на 1 м³ бетона): гранитный щебень фракции 5...20 мм – 1200; песок с модулем крупности 1,7...2 мм – 620; портландцемент М400 – 412; вода – 165...200 л. Консистенция бетонной смеси изменялась за счет введения в ее состав определенного количества воды согласно табл. 1.

Таблица 1 – Расход воды в зависимости от консистенции (жесткости) бетонной смеси

Расход воды, л/м ³	172	180	187
Жесткость бетонной смеси, с	80...90	50...60	25...30

Для измерения перемещений днища вибрационной плиты в вертикальном направлении использовались датчики вибраций ДВ – 1В в комплекте с авиационной виброизмерительной аппаратурой ВИ6-6ТН (погрешность измерения 3 %). Датчики вибраций ДВ-1В для измерения вертикальных перемещений устанавливались на верхней стороне днища вибрационной плиты у передней и задней его кромок, а также середине днища виброплиты. Показания виброизмерительной аппаратуры регистрировались электронным осциллографом, а мощность привода определялась измерительным комплектом К505 (класс точности 0,5).

Установлено [6], что амплитуда деформирования поверхности слоя цементобетонной смеси A является одним из основных параметров, характеризующих процесс уплотнения. На рис. 2 представлены теоретические значения амплитуды деформирования поверхности цементобетонной смеси, изменяемые по длине днища виброплиты, начиная от передней кромки, в зависимости от консистенции смеси и толщины уплотняемого слоя (кривая 1 при $H=100$ мм и кривая 2 при $H=120$ мм) и экспериментальные значения амплитуды деформирования поверхности цементобетонной смеси передней (при $l=0$) и задней (при $l=500$ мм) кромками днища виброплиты, а также в средней части днища виброплиты (при $l=250$ мм).

Результаты получены при постоянном значении статического момента массы дебалансов и угловой частоте вынужденных колебаний 292 рад/с, создающих амплитуду возмущающей силы 3,43 кН. Из приведенных результатов следует, что с увеличением толщины уплотняемого слоя амплитуды деформирования поверхности слоя цементобетонной смеси увеличиваются. Это объясняется тем, что с увеличением толщины уплотняемого слоя частоты собственных колебаний динамической системы в вертикальном направлении и при крутильных колебаниях уменьшаются, и поскольку вибрационный рабочий орган работает в дорезонансном режиме, то уменьшается разность между частотой собственных и вынужденных колебаний, а это приводит к увеличению амплитуд вынужденных вертикальных колебаний, которые непосредственно влияют на амплитуды деформирования поверхно-

сти уплотняемого слоя цементобетонной смеси в вертикальном направлении.

Из анализа приведенных данных видно, что при перемещении рабочего органа бетонная смесь в процессе уплотнения подвергается переменному амплитудно-частотному вибрационному воздействию: вначале уплотняемая смесь подвергается вибрационному воздействию с большой амплитудой, которая затем плавно уменьшается и на расстоянии от передней кромки равном $0,75 L$ вновь несколько увеличивается. Такой закон деформирования уплотняемой поверхности можно считать рациональным. Именно при большой амплитуде вибрационного воздействия вначале процесса уплотнения смесь быстро оседает, переходит в тиксотропное состояние и в результате уменьшается коэффициент внутреннего трения и возрастает подвижность минеральных частиц и их переориентация с образование более плотной упаковки.

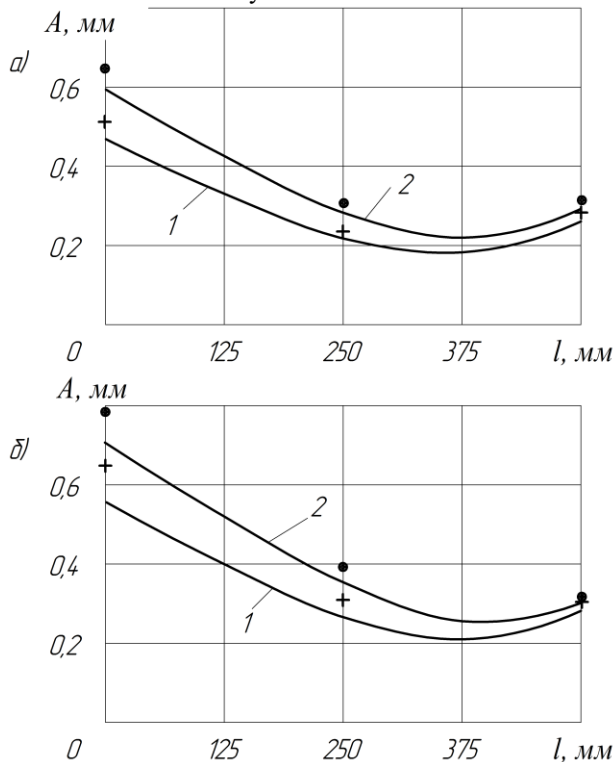


Рисунок 2 – Изменение амплитуды колебаний A дна виброплиты в зависимости от расстояния от передней кромки дна, взаимодействующего с бетонной смесью в вертикальном направлении при амплитуде возмущающей силы $3,43 \text{ кН}$, жесткости смеси 60 с (а), жесткости смеси 90 с (б) и различной толщине уплотняемого слоя: 1 – при $H = 100 \text{ мм}$; 2 – при $H = 120 \text{ мм}$; экспериментальные данные: + – при $H = 100 \text{ мм}$; • – при $H = 120 \text{ мм}$

Для дальнейшего уплотнения уложенного слоя и выравнивания поверхности покрытия требуются меньшие амплитуды деформирования уплотняемого слоя. Реализованный процесс уплотнения по заданному закону деформирования поверхности уплотняемого слоя осуществлен благодаря смещению вибровозбудителя колебаний по горизонтали к передней кромке, что дополнительно вызвало возник-

новение крутильных колебаний относительно центра тяжести виброплиты. В свою очередь возникшие крутильные колебания увеличили амплитуду деформирования поверхности уплотняемого слоя бетонной смеси дном виброплиты без увеличения амплитуды возмущающей силы.

На рис. 3 представлены теоретические значения амплитуды деформирования поверхности цементобетонной смеси, изменяемые по длине дна виброплиты, начиная от передней кромки, в зависимости от консистенции смеси и толщины уплотняемого слоя (кривая 1 при $H = 160 \text{ мм}$ и кривая 2 при $H = 200 \text{ мм}$) и экспериментальные значения амплитуды деформирования поверхности цементобетонной смеси передней (при $l = 0$) и задней (при $l = 500 \text{ мм}$) кромками дна виброплиты, а также в средней части дна виброплиты (при $l = 250 \text{ мм}$).

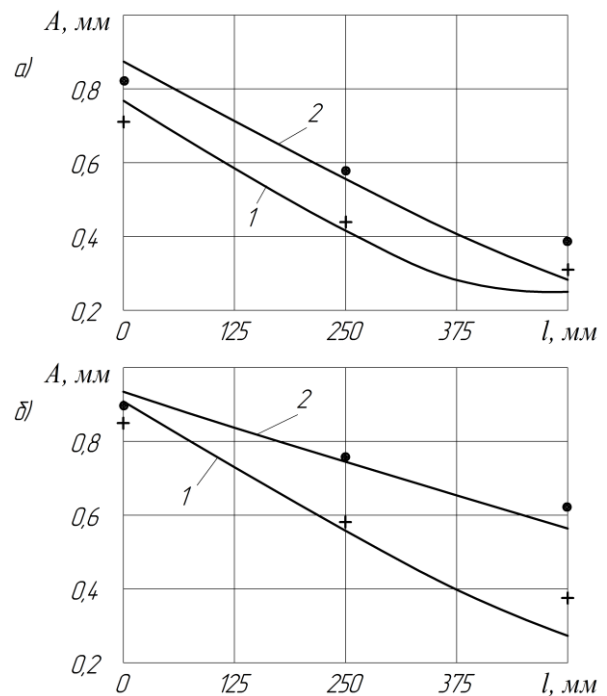


Рисунок 3 – Изменение амплитуды колебаний A дна виброплиты в зависимости от расстояния от передней кромки дна, взаимодействующего с бетонной смесью в вертикальном направлении при амплитуде возмущающей силы $2,94 \text{ кН}$, жесткости смеси 60 с (а), жесткости смеси 90 с (б) и различной толщине уплотняемого слоя: 1 – при $H = 160 \text{ мм}$; 2 – при $H = 200 \text{ мм}$; экспериментальные данные: + – при $H = 160 \text{ мм}$; • – при $H = 200 \text{ мм}$

Результаты получены при постоянном значении статического момента массы дебалансов и угловой частоте вынужденных колебаний 292 рад/с , создающих амплитуду возмущающей силы $2,94 \text{ кН}$. Из приведенных результатов следует, что при толщинах уплотняемого слоя $160 \dots 200 \text{ мм}$ амплитуды деформирования поверхности слоя цементобетонной смеси имеют увеличенное значение даже при меньшей амплитуде возмущающей силы, чем при уплотнении слоя бетонной смеси $100 \dots 120 \text{ мм}$. Это также

объясняется тем, что с увеличением толщины уплотняемого слоя частоты собственных колебаний динамической системы в вертикальном направлении и при крутильных колебаниях уменьшаются, и поскольку вибраторный рабочий орган работает в дорезонансном режиме, то уменьшается разность между частотами собственных и вынужденных колебаний, а это приводит к увеличению амплитуд вынужденных вертикальных и крутильных колебаний, которые непосредственно влияют на амплитуды деформирования поверхности уплотняемого

слоя цементобетонной смеси в вертикальном направлении. Естественно, что для уплотнения бетонной смеси толщиной слоя 160...200 мм требуются большие значения амплитуд деформирования поверхности

В табл. 2 показано изменение коэффициента уплотнения цементобетонных смесей различной консистенции в зависимости от толщины уплотняемого слоя (120 и 200 мм) и жесткости смеси (30, 60 и 90 с) при скорости перемещения вибраторного рабочего органа соответственно 1,7 и 2,4 м/мин.

Таблица 2 – Изменение коэффициента уплотнения бетонных смесей в зависимости от жесткости смеси, толщины уплотняемого слоя и скорости перемещения вибраторного рабочего органа

№ п/п	Жесткость бетонной смеси, с	Скорость рабочего органа, м/мин	Толщина уплотняемого слоя, мм	Плотность бетона, кг/м ³	Коэффициент уплотнения
1	30	1,7	120	2390	0,996
2			200	2375	0,99
3		2,4	120	2378	0,991
4			200	2368	0,987
5	60	1,7	120	2390	0,992
6			200	2378	0,987
7		2,4	120	2374	0,985
8			200	2360	0,98
9	90	1,7	120	2380	0,987
10			200	2365	0,977
11		2,4	120	2374	0,981
12			200	2360	0,975

Анализ экспериментальных данных показывает, что эффективность уплотнения повышается с уменьшением жесткости бетонных смесей, снижением толщины уплотняемого слоя и скорости перемещения рабочего органа. При скорости перемещения равной 1,7 м/мин вибраторный рабочий орган обеспечивает качественное уплотнение (до коэффициента уплотнения 0,98...1,0) бетонных смесей жесткостью 30...90 с при толщине уплотняемого слоя 120...200 мм. При скорости перемещения равной 2,4 м/мин обеспечивается качественное уплотнение только смесей жесткостью 30...60.

ВЫВОДЫ. Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать следующий вывод. Предлагаемый вибраторный рабочий орган обеспечивает эффективное уплотнение смесей жесткостью $J=30$ с, уложенных в покрытие толщиной 100...200 мм при скорости перемещения рабочего органа 1,7...2,4 м/мин; смесей жесткостью 60 с, уложенных толщиной слоя 100...200 мм при скорости перемещения – 1,7 м/мин и толщиной слоя 100...120 мм при скорости перемещения – 2,4 м/мин; жесткостью 90 с, уложенных толщиной слоя 100...120 мм при скорости перемещения – 1,7 м/мин. При этом при уплотнении бетонных смесей толщиной слоя 100...120 мм использовалась амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя крутильных колебаний $Q=3,43$ кН (350 кг), а при уплотнении бетонных смесей толщиной слоя 160...200 мм она составляла $Q=2,94$ кН (300 кг). Расхождение теоретических и экспериментальных данных в среднем составляет 8...10 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов А.Г., Саленко Ю.С., Маслова Н.А. Исследование взаимодействия вибрирующей плиты с цементобетонной смесью // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2011. – Вип. 2 (67). Частина 1. – С 93–98.
2. Иткин А.Ф. Вибраторные машины для формования бетонных изделий. – К.: «МП Леся». – 2009. – 152 с.
3. Пермяков В.Б., Беляев К.В. Математическая модель процесса уплотнения асфальтобетонных смесей // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск: НГАСУ. – 2005. – Вип. 1. – С. 110–116.
4. Маслов А.Г., Пономарь В.М. Вибраторные машины и процессы в дорожном строительстве. – К.: Будівельник, 1985. – 128 с.
5. Иванов Р.А., Федулов А.И. Ударные устройства для уплотнения грунта // Строительные и дорожные машины. – 2000. – № 2. – С. 27–29.
6. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. Вибраторные машины и процессы в дорожно-строительном производстве. – Кременчук: ПП Щербатих О.В. – 2014. – 262 с.
7. Маслов А.Г., Иткин А.Ф., Саленко Ю.С. Вибраторные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей. – Кременчук: ЧП Щербатих А.В. – 2014. – 324 с.
8. Маслов А.Г., Жанар Батсайхан, Саленко Ю.С. Разработка вибраторного рабочего органа машины для уплотнения бетонных смесей // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2014. – Вип. 6 (89). Част. 1. – С. 117–123.

9. Жанар Батсайхан. Исследование взаимодействия вибрационной плиты рабочего органа с уплотняемой средой // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2015. – Вип. 1 (90). Част. 1. – С. 92–97.

10. Маслов А.Г., Жанар Батсайхан. Исследование колебаний рабочего органа машины для уплотнения бетонных смесей в вибрационном рабочем режиме // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2015. – Вип. 2 (91). Част. 1. – С. 92–97.

COMPARISON OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL DATA STUDIES OF THE COMPACTION OF CONCRETE MIXTURES VIBRATION WORKING BODY

A. Maslov, Zhanar Batsaikhan

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kmto@mail.ru

Purpose. Vibrating working body is designed for sealing concrete mixtures and can be used for compaction of asphalt mixes and soils. In modern manufacturing these vibrating working bodies increased demands. They should have a relatively simple design, high performance, reliability, low power consumption and to provide a high quality seal plastic, hard and ultrahard concrete mixtures. For efficient and reliable operation of vibratory working bodies it is necessary to choose their rational parameters, creating new effects in the form of vibropulse impact on the surface of the compacted concrete mix, and also to prove rational values of the amplitudes of the surface deformation of the sealing medium. The purpose of this research is to clarify the rational parameters of the vibration working body used for compaction of concrete mixes, based on the comparison of theoretical and experimental data. **Methodology.** In the study we described the construction and principle of operation of experimental setup with a vibrating working body for surface compaction of concrete mixes. Geometrical dimensions and physical-technical characteristics of the installation and vibration of the working body, designed for molding concrete products of a thickness of 80...200 mm, a width of 400 mm and length 800 mm. The dynamic system of vibration of the working organ was done in pre-resonance zone. The comparison of the obtained experimental data with the results of the theoretical studies published earlier. It was refined parameters of the vibration influence on the sealing mixture. The efficiency of the compaction by proposed vibratory screed was defined. **Results.** The proposed working body vibration provides an effective seal mixtures stiffness with 30, arranged in a coating thickness of 100...200 mm when the velocity of the working body 1,7...2,4 m/min; mixtures with a hardness of 60, a stacked layer thickness of 100...200 mm travel speed is 1,7 m/min and layer thickness of 100...120 mm for travel speed – 2,4 m/min; hardness 90 C stacked layer thickness of 100...120 mm for travel speed – 1,7 m/min. In this case, when the seal concrete thickness of 100...120 mm were used, the amplitude of the disturbing force vibration exciter of torsional vibrations of 3,43 kN, and compaction concrete thickness 160...200 mm...she had 2,94 kN. The discrepancy between the theoretical and experimental data average is 8...10 %. **Originality.** Vibrating working body, equipped with the plate is shifted to its forward edge by the vibration exciter circular oscillation, the vibrating plate informing spatial variations in the form of rectilinear and torsional vibrations about its center of gravity. **Practical value.** The proposed vibration working body will be used on vibro plats machines used for molding concrete, concrete-laying machines, as well as in the form of a self-vibration machine for seal hard concrete mixtures. The use of the proposed vibration of the working body almost halves installed power of the drive and reduces the intensity of the process of compaction of concrete mixes. References 10, tables 2, figures 3.

Key words: the vibrating plate, the vibration amplitude, compaction, concrete mix.

REFERENCES

1. Maslov, A.G., Salenko, Y.S., Maslova, N.A. (2011), "Study of the interaction between a vibrating plate with cement concrete mixture", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss. (67), pp. 93–98.

2. Itkin, A.F. (2009), *Vybratsyonnye mashyny dlya formovanyya betonnykh izdeliy* [Vibrating machines forming of the concrete products], "Les MP", Kyiv, Ukraine.

3. Permiakov, V.B., Belyaev, K.V. (2005), "A mathematical model of the process of sealing asphalt mixes", *Proceedings of the universities. Building. Novosibirsk: NSABU*, no. 1, pp. 110–116.

4. Maslov, A.G., Ponomar, V.M. (1985), *Vibratsionnye mashyny i protsessy v dorozhnom stoitelstve* [Vibration machines and processes in road construction], "Budivelnik", Kyiv, Ukraine.

5. Ivanov, R.A., Fedulov, A.I. (2000), "Impact device for compacting soil", *Construction and road machines*, no 2, pp. 27–29.

6. Maslov, A.G., Salenko, Y.S. (2014), *Vibratsionnye mashyny i protsessy v dorozhno-stroitelnom proizvodstve: monografiya* [Vibrating

machines and processes in road construction industry: monograph], PP Cherbatyh, Kremenchuk, Ukraine.

7. Maslov, A.G., Itkin, A.F., Salenko, Y.S. (2014), *Vibratsionnye mashyny dlya prigotovleniya i uplotneniya betonnykh smesey* [Vibrating machines for the preparation and compaction of concrete mixes], PP Cherbatyh, Kremenchuk, Ukraine.

8. Maslov, A.G., Batsaikha, Z. (2014), "Development of vibration of the working body of the machine for sealing of concrete mixes", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss. (89), pp. 117–123.

9. Batsaikhan, Z. (2015), "Study of the interaction of the vibration plate working body with sealed medium", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss. (90), pp. 92–97.

10. Maslov, A.G., Batsaikhan, Z. (2015), "The Research of oscillations of the machine working body of the for compaction of concrete mixes in vibration working mode", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss. (91), pp. 92–97.

Стаття надійшла 06.04.2016.