

лобовой поверхности и боковых сторонах рабочего органа машины в пределах разрушаемой части грунтового массива описаны через механические параметры грунта – сцепление τ_0 и динамическую структурную вязкость μ .

2. В расчетной модели учтены сопротивления, обусловленные сцеплением между фрагментами сливной стружки, ее пригрузкой в боковых прорезях при отделении от массива, силами сцепления и вязкости от трения грунта по боковым граням ножа, силами вязкого сопротивления между слоями грунта в зоне текучести грунта перед ножом, трением стружки (включая силы сцепления и вязкости) по лобовой поверхности ножа, а также силами, компенсирующими давление у нижней кромки ножа, которое расходуется на преодоление вязкого трения грунта вдоль ножа.
3. Силовые характеристики модели выражены через критериальные зависимости, связывающие динамические и кинематические параметры процесса с деформационно-прочностными свойствами среды, и достаточно полно отражают физическую картину резания водонасыщенного вязкопластичного грунта рабочим органом землеройной машины.

Список литературы:

1. Сукач М.К. Разработка глубоководных грунтов. - К.: Наук. думка, 1998.- 348 с.
2. Лойцянский Д.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1987.- 840 с.

УДК 69.00.25

*І.І. Назаренко, д-р техн. наук, професор КНУБА,
М.О. Клименко, асистент КНУБА*

ДО ВИБОРУ ТИПУ БЕТОНОЗМІШУВАЧІВ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ЇХ ОБ'ЄМІВ

Становлення України як суверенної правової держави із ринковою економікою вимагає розробки нового покоління будівельних машин із значно вищими від існуючих конструкцій показниками енерго- та ресурсозбереження, ефективності робочого процесу, технологічності виготовлення і ремонту, строку служби тощо. Для досягнення такого результату необхідне не тільки впровадження прогресивних методів виробництва, але й розробка новітніх методів розрахунку основних конструктивних і технологічних параметрів, а також сучасних критеріїв вибору машин і обладнання в залежності від умов роботи, технологічних режимів, т.ін. Останні повинні бути законодавчо закріплені у відповідних стандартах. При цьому досить доречним було б використання наробок державних та громадських організацій із стандартизації і сертифікації провідних держав світу. Як приклад розглянемо один з таких стандартів і порівняємо його із діючими на сьогодні вітчизняними нормативними документами.

Для аналізу візьмемо ГОСТ 16349-85Е "Смесители цикличные для строительных материалов. Технические условия" та чинний в Америці з 17 квітня 1996 року стандарт PMMD 100-96 "Змішувачі бетонних заводів" американського Бюро виробників бетонних заводів (Concrete Plant Manufacturers Bureau – CPMB). Стандарт є обов'язковим для виконання підприємствами-членами Бюро і покладений в основу перевірки відповідності бетонозмішувачів при їх сертифікації в США.

Розглянемо основні положення цього стандарту.

Як зазначається в документі, в якості параметра, який покладений в основу стандартизації циклічних бетонозмішувачів, є об'єм бетонозмішувача по завантаженню сухими компонентами. На основі цього параметра побудований типорозмірний ряд та запроваджена система градацій. Таким чином, відповідно до стандарту, за типорозмір узятий "найбільший об'єм бетону, який може бути завантажений і якісно перемішаний за умови, що змішувач

знаходиться в своєму нормальному робочому положенні, а бетонна суміш має необхідну рухомість (жорсткість) та розмір крупного заповнювача".

Діапазон допустимих об'ємів по завантаженню сухими компонентами циклічних бетонозмішувачів бетонних заводів встановлюється в межах від 0,5 куб. ярдів (0,382 м³) до 15 куб. ярдів (11,47 м³) і розбитий на 14 типорозмірів (табл. 1), які і визначають об'єм "стандартних" бетонозмішувачів.

Поряд із цим, вводиться жорстка відповідність типу бетонозмішувача типорозміру. Стандартом регламентовано п'ять типів бетонозмішувачів:

Тип I – реверсивний гравітаційний бетонозмішувач, який має два завантажувально-розвантажувальних отвори;

Тип II – гравітаційний перекидний змішувач, барабан якого знаходиться при перемішуванні під кутом 15° до горизонту. Завантажування та розвантаження відбувається через один завантажувально-розвантажувальний отвір;

Тип III – гравітаційний перекидний змішувач із горизонтальною віссю барабана та завантаженням-розвантаженням з одного або із протилежних кінців барабана;

Тип IV – роторний бетонозмішувач;

Тип V – лотковий бетонозмішувач.

Як видно з табл. 1, певному типорозміру (об'єму по завантаженню сухими компонентами) ставиться у відповідність певний тип бетонозмішувача. Типорозмір буде стандартним для даного типу змішувача, якщо в табл. 1 на перетині рядка типорозміру та стовпчика типу змішувача вказане значення мінімального об'єму робочого простору. Наприклад, для реверсивних змішувачів (тип I) стандартними будуть об'єми бетонозмішувача по завантаженню сухими компонентами 1; 2; 3,5 та 4,5 yd³, а для отримання 0,5 yd³ готового замісу може бути використаний тільки роторний бетонозмішувач.

Таблиця 1. Тип бетонозмішувача та його мінімальний об'єм змішувального простору відповідно до PMMD 100-96

Типорозмір, yd ³ / м ³	Мінімальний об'єм змішувального простору бетонозмішувача, ft ³ / м ³				
	Тип I	Тип II	Тип III	Тип VI	Тип V
½ / 0,382				29 / 0,821	
1 / 0,765	94 / 2,662			56 / 1,586	29 / 0,821
1½ / 1,147				72 / 2,039	
2 / 1,529	178 / 5,040	151 / 4,276	192 / 5,437	87 / 2,464	58 / 1,642
3 / 2,294					96 / 2,718
3½ / 2,676	304 / 8,608			134 / 3,794	
4 / 3,058					123 / 3,483
4½ / 3,440	388 / 10,987	288 / 8,155	402 / 11,383	165 / 4,672	153 / 4,332
6 / 4,587		363 / 10,279	492 / 13,932		205 / 5,805
8 / 6,116		472 / 13,366	604 / 17,103		272 / 7,702
9 / 6,881		533 / 15,093	656 / 18,576		307 / 8,693
10 / 7,646		588 / 16,650	708 / 20,048		340 / 9,628
12 / 9,175		682 / 19,312	805 / 22,795		357 / 10,109
15 / 11,468		798 / 22,597	943 / 26,703		

На відміну від американського діючий національний стандарт не передбачає такої жорсткої відповідності, зазначаючи тільки, що рухомі суміші (з осадкою конуса більше 3 см) перемішуються в гравітаційних бетонозмішувачах, а жорсткі – у змішувачах примусової дії. В основу градації типорозмірів покладений також об'єм бетонозмішувача по завантаженню сухими компонентами в літрах в інтервалі від 50 до 9000 л, який розбитий на 13 типорозмірів. Для приготування бетонів стандартом передбачається 3 типи змішувачів: гравітаційні, роторні та лоткові. При цьому для гравітаційних змішувачів встановлено 13 типорозмірів, для роторних – 11, а для лоткових – 7 (табл. 2). Важливими параметрами, які зазначені в ГОСТ 16349-85Е є граничні значення встановленої потужності електропривода змішувальних органів та маси

бетонозмішувача, що дозволяють оцінити енерго- та ресурсоспоживання, а вказане число замісів на годину визначає продуктивність змішувача.

Таблиця 2. Технічні умови до циклічних змішувачів для будівельних матеріалів за ГОСТ 16349-85Е

Марка змішувача	Параметр							
	Об'єм по завантаженню, л	Об'єм готового замісу, л	Кількість циклів роботи на годину, не менше	Крупність заповнювача, мм, не менше	Встановлена потужність електропривода змішувальних органів, кВт, не більше	Маса, кг, не більше	Питоме витрати електроенергії електропривода змішувальних органів, кВт/л, не більше	Питома маса, кг/л, не більше
Бетонозмішувачі примусової дії роторні								
БП-50	50	33	40	40	1,5	125	0,03	2,5
БП-100	100	65	40	40	3	250	0,03	2,5
БП-250	250	165	40	70	5,5	1170	0,022	4,7
БП-375	375	250	40	70	11	1850	0,029	4,93
БП-500	500	330	40	70	15	1250	0,03	2,5
БП-750	750	500	40	70	22	2750	0,029	3,7
БП-750-І	750	500	64	70	18,5	3100	0,025	4,1
БП-1125	1125	750	40	70	30	2850	0,027	2,5
БП-1125-І	1125	750	58	70	30	3300	0,027	2,93
БП-1500	1500	1000	40	70	37	3500	0,025	2,3
БП-3000	3000	2000	40	120	80	7500	0,026	2,5
БП-4500	4500	3000	40	120	120	11250	0,026	2,5
БП-6000	6000	4000	40	120	160	15000	0,026	2,5
Бетонозмішувачі гравітаційні								
БГ-50	50	33	30	40	0,6	100	0,01	2
БГ-100	100	65	30	40	0,6	160	0,006	1,6
БГ-250	250	165	30	70	1,1	750	0,004	3
БГ-375	375	250	30	70	3	1300	0,008	3,5
БГ-500	500	330	30	70	4	1900	0,008	3,8
БГ-750	750	500	30	70	4	1220	0,005	1,6
БГ-1125	1125	750	20	120	11	2000	0,01	1,77
БГ-1500	1500	1000	20	120	15	3000	0,01	2
БГ-1500-І	1500	1000	28	120	11	3200	0,007	2,13
БГ-3000	3000	2000	20	150	22	6300	0,007	2,1
БГ-4500	4500	3000	20	150	30	8700	0,0067	1,93
БГ-6000	6000	4000	20	150	50	12600	0,0083	2,1
БГ-7500	7500	5000	20	150	80	16000	0,01	2,1
БГ-9000	9000	6000	20	150	100	18900	0,01	2,1

Проте, на нашу думку, головною перевагою американського стандарту є те, що в ньому чітко зазначений мінімальний об'єм робочої камери (геометричний об'єм), який для даного типу бетонозмішувача дозволяє отримати бетонну суміш належної якості в кількості, рівній об'єму

бетонозмішувача по завантаженню сухими компонентами. Це особливо важливо щодо гравітаційних змішувачів, для яких недостатність змішувального простору призводить до збільшення часу перемішування або до неможливості отримання якісної суміші взагалі. Геометричний об'єм будь-якого "стандартного" бетонозмішувача повинен відповідати значенням в табл. 1: величина об'єму внутрішнього змішувального простору повинна бути не менше мінімального об'єму, який вказаний для даного типорозміру і типу змішувача. Наприклад, для приготування $3,5 \text{ yd}^3$ ($2,676 \text{ м}^3$) бетонної суміші реверсивний змішувач повинен мати геометричний об'єм барабана не менше 304 ft^3 ($8,6 \text{ м}^3$).

Поряд з цим в стандарті наводяться формули для розрахунку об'ємів робочої камери, які в трансформації для об'ємів в кубічних метрах набувають наступного вигляду:

- для реверсивних гравітаційних бетонозмішувачів (тип I): $V = 3,111 \cdot C + 283, \text{ м}^3$;
- для гравітаційних перекидних змішувачів, барабан яких знаходиться при перемішуванні під кутом 15° до горизонту (тип II):
 - для 2 та $3 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ ($1,529 \text{ м}^3$ та $2,676 \text{ м}^3$) – $V = 8,269 \cdot \log_{10} C + 2,748 \text{ м}^3$;
 - від $4 \frac{1}{2}$ до 7 yd^3 ($3,440 \text{ м}^3$ та $5,352 \text{ м}^3$) – $V = 17,018 \cdot \log_{10} C + 0,989 \text{ м}^3$;
 - від 8 yd^3 і більше ($6,116 \text{ м}^3$ і більше) – $V = 33,754 \cdot \log_{10} C + 13,168 \text{ м}^3$;
- для гравітаційних перекидних змішувачів із горизонтальною віссю барабана (тип III):
 - для 1 та $3 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ ($0,765 \text{ м}^3$ та $2,676 \text{ м}^3$) – $V = 3,644 \cdot C^{0,94} \text{ м}^3$;
 - від 4 yd^3 і більше ($3,44 \text{ м}^3$ і більше) – $V = 4,728 \cdot C^{0,71} \text{ м}^3$;
- для роторних бетонозмішувачів (тип IV): $V = 1,148 \cdot C + 0,708, \text{ м}^3$;
- для лоткових бетонозмішувачів (тип V) - від $\frac{1}{2}$ до 4 yd^3 ($0,832 \text{ м}^3$ та $3,058 \text{ м}^3$):
 $V = 1,185 \cdot C + 0,099, \text{ м}^3$,

де V – геометричний об'єм робочої камери; C – об'єм змішувача по завантаженню, м^3 .

Дуже цікавим і цінним є також трактування американським стандартом поняття "об'єму робочої камери" (геометричного об'єму змішувача).

Для гравітаційних змішувачів цей об'єм визначається як місткість барабану за виключенням футерування, якщо воно є. Лопасті, шнеки, лопатки, а також їх кронштейни не враховуються. Будь-яка частина змішувального барабану в кінці завантажувальної (розвантажувальної) горловини, яка розташовується за площиною з діаметром барабану 24 дюйми (61 см), виключається з об'єму – тобто в розрахунок береться тільки той переріз, діаметр якого є достатнім для забезпечення гравітаційного перемішування при падінні матеріалу (за стандартом не менше 61 см). Об'єм циліндричних або конічних завантажувальних пристроїв та розвантажувальних жолобів, які виступають за основну частину змішувального барабана, виключаються з загального об'єму. Крім того, як зазначається в стандарті, об'єм змішувального простору, який знаходиться нижче горизонтальної площини, що проходить через найнижчу точку найнижчого отвору, який є відкритим при перемішуванні, повинен бути не менше 70 % від об'єму бетонозмішувача по завантаженню сухими компонентами.

Для встановлення відповідності останнім вимогам ми провели аналіз параметрів деяких вітчизняних та закордонних гравітаційних бетонозмішувачів.

Для розгляду ми взяли гравітаційні перекидні бетонозмішувачі (тип II) фірми Johnson Ross, США (рис. 1). За даними фірми випускаються моделі із наступними характеристиками (табл. 3):



Рис. 1. Змішувач фірми Johnson Ross, США

Таблиця 3. Технічні характеристики гравітаційних бетонозмішувачів фірми Johnson-Ross

Типорозмір та об'єм по завантаженню			Потужність привода обертання барабана, кВт			Кількість змішув. лопастей	Маса, т	Питомі витрати енергії, кВт/л	Питома маса, кг/л
yd ³	м ³	л	Потужність двигуна	Кількість двигунів	Разом				
4,5	3,44	3440,7	29,8	1	29,8	3	6,804	0,0087	1,98
6	4,59	4587,6	22,4	2	44,8	3	12,701	0,0098	2,77
8	6,12	6116,8	29,8	2	59,6	4	14,515	0,0097	2,37
10	7,65	7646,0	37,3	2	74,6	4	16,33	0,0098	2,14
12	9,18	9175,2	44,8	2	89,6	4	17,917	0,0098	1,95
15	11,47	11469,0	56,0	2	112	4	19,958	0,0098	1,74

Як бачимо, об'єми по завантаженню сухими компонентами усіх змішувачів повністю збігається із встановленими стандартом РММД 100-96 значеннями типорозмірів.

Порівнюючи отримані дані із показниками за ГОСТ 16349-85Е (табл. 2), бачимо, що тільки молодші моделі змішувачів Johnson Ross мають гірші показники енергоспоживання в порівнянні із енерговитратами, регламентованими національним стандартом, в той час як із збільшенням об'єму маємо картину абсолютно протилежну. При цьому із збільшенням типорозміру відносна різниця зростає. Крім того, слід відзначити практично сталі значення питомої енерго- та металоємності для всіх моделей фірми Johnson Ross (рис. 2, 3).

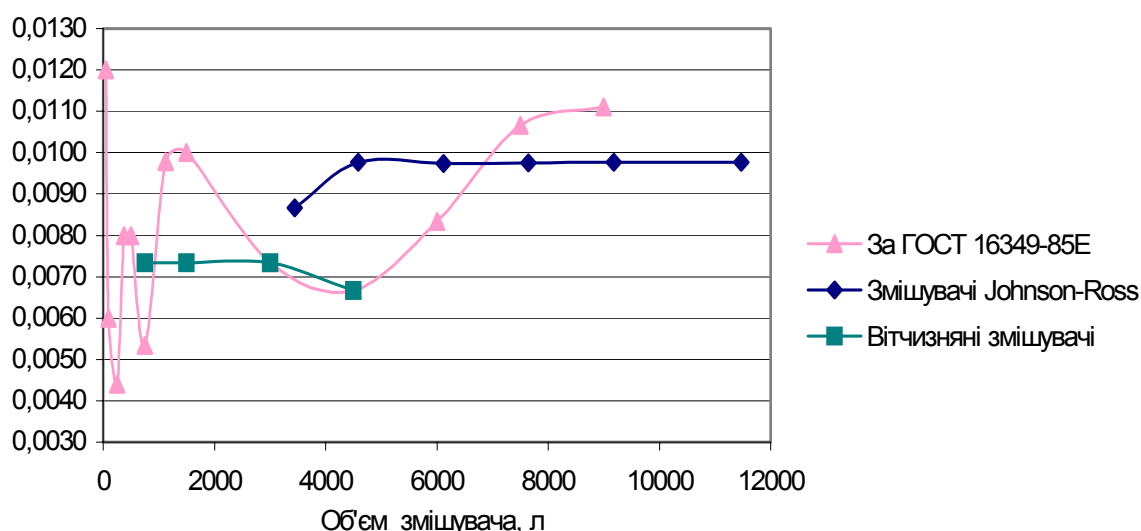


Рис. 2. Залежність питомих витрат енергії, кВт/л, від об'єму змішувача

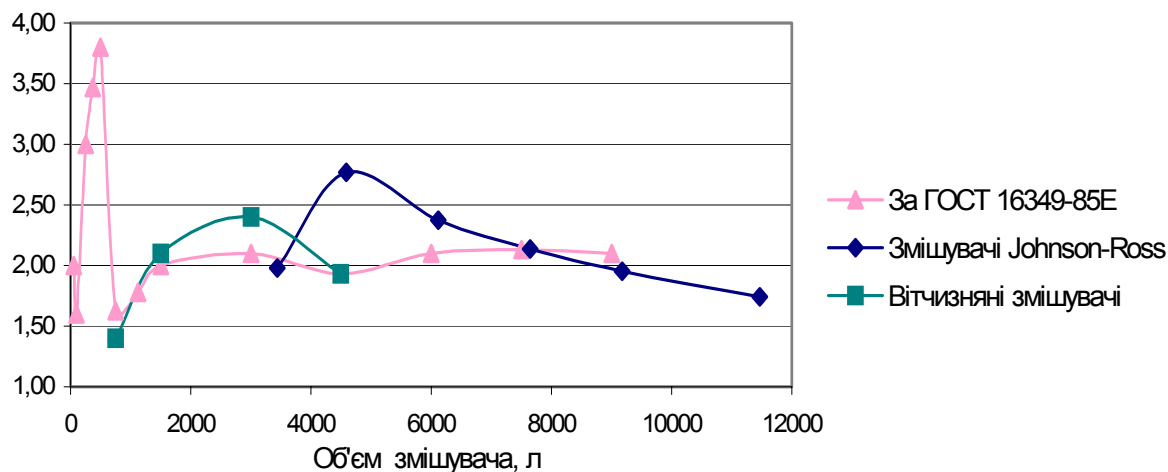


Рис. 3. Залежність питомої маси змішувача, кг/л, від його об'єму

Користуючись даними про геометричні розміри барабана бетонозмішувача Johnson Ross типорозміру 12 yd³ (9,2 м³), встановлюємо, що геометричний об'єм барабана становить $\approx 19,37$ м³, що відповідає нормованому значенню мінімального об'єму барабана, зазначеному в стандарті PMMD 100-96 (табл.1, стовпчик 3). В той же час, об'єм барабана до нижнього зрізу завантажувальної горловини – 8,87 м³, що також є більшим регламентованих стандартом 70% від об'єму бетонозмішувача по завантаженню сухими компонентами ($9,2 \times 0,7 = 6,44$ м³).

Із вітчизняних машин для розгляду візьмемо змішувачі ЗАТ "Бетонмаш", Слов'янськ, Україна. За даними заводу-виробника вони мають такі характеристики:

Таблиця 4. Технічні характеристики гравітаційних бетонозмішувачів вітчизняного виробництва (ЗАТ "Бетонмаш")

Параметр	Марка змішувача			
	СБ-91Б	СБ-153А	СБ-103	СБ-162
Об'єм готового замісу, л	500	1000	2000	3000
Об'єм по завантаженню, л	750	1500	3000	4500
Кількість циклів на годину	до 100	до 100	до 120	до 120
Крупніють заповнювача, мм	70	120	120	150
Частота обертання барабана, об/хв	20	17,12	13	13
Потужність привода обертання барабана, кВт	5,5	11	22	30
Маса, кг	1050	3150	7200	8700
Питомі витрати енергії, кВт/л	0,0073	0,0073	0,0073	0,0067
Питома маса, кг/л	1,40	2,10	2,40	1,93

Відповідно до наявних даних про розміри змішувального барабана визначаємо, що для змішувачів СБ-103 та СБ-94 (модель, яка була замінена змішувачем СБ-103) об'єм барабана до нижнього зрізу розвантажувального отвору становить відповідно 2,12 м³ і 1,17 м³ (за стандартом PMMD 100-96 повинно бути $3 \times 0,7 = 2,1$ м³ та $1,5 \times 0,7 = 1,05$ м³), а геометричний об'єм барабана дорівнює 5,2 м³ і 2,91 м³ (за стандартом PMMD 100-96 повинно бути не менше 6,69 м³ та 4,2 м³). Таким чином, встановлюємо, що вітчизняні змішувачі не відповідають вимогам мінімального об'єму змішувального простору, що потенційно може бути причиною зменшення частки роботи гравітаційних сил при перемішуванні. Питомі ж показники енерго- та металоємності не виходять за межі, встановлені стандартом ГОСТ 16349-85Е (рис 2, 3).

Отримані результати досить яскраво свідчать про необхідність розробки нових національних стандартів на бетонозмішувальну техніку, а також впровадження новітніх прогресивних підходів до вибору основних конструктивних і технологічних параметрів змішувачів та методик їх розрахунку.

Список літератури

1. ГОСТ 16349-85Е "Смесители цикличные для строительных материалов. Технические условия". М.: Госкомитет СССР по стандартам. 13.12.1985. – 12 с.
2. Стандарт PMMD 100-96 "Змішувачі бетонних заводів". Concrete Plant Manufacturers Bureau – CPMB, USA. 17.04.1996. – 7 с.