

УДК 665.775.5

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОЇ КАВІТАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ БІТУМНИХ ЕМУЛЬСІЙ

**К. В. Бауман, І. В. Коц**

Вінницький національний технічний університет

Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна. E-mail: iekaterina@ukr.net.

Наведена конструкція та відповідна контрольно-вимірвальна апаратура експериментального стенду, принцип роботи якого полягає у кавітаційній обробці компонентів бітумної емульсії. В установці регулюється тиск на вході в кавітаційний диспергатор, положення кавітатора відносно дифузійної частини диспергатора, контролюються температури компонентів та готової емульсії, фіксується тиск на вході й на виході з диспергатора. Викладена методика проведення дослідження, та показані результати експериментального дослідження розробленої технології приготування бітумної емульсії. Визначений взаємний вплив та отримані графічні залежності між параметрами й характеристиками нового обладнання та фізико-механічними властивостями оброблюваної сировини.

**Ключові слова:** бітумна емульсія, дисперсність, кавітаційний диспергатор, бітумно-емульсійна установка.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОЙ КАВИТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИЗВОДСТВА БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

**Е. В. Бауман, И. В. Коц**

Винницкий национальный технический университет

Хмельницкое шоссе, 95, Винница, 21021, Украина. E-mail: iekaterina@ukr.net.

Приведена конструкція і відповідна контрольно-вимірвальна апаратура експериментального стенда, принцип роботи якого оснований на кавітаційній обробці компонентів бітумної емульсії. В установці регулюється тиск на вході в кавітаційний диспергатор, положення кавітатора відносно дифузійної частини диспергатора, контролюються температури компонентів та готової емульсії, фіксується тиск на вході й на виході з диспергатора. Представлена методика проведення досліджень, і показані результати експериментального дослідження розробленої технології приготування бітумної емульсії. Визначено взаємне вплив і отримані графічні залежності між параметрами й характеристиками нового обладнання і фізико-механічними властивостями оброблюваного сировини.

**Ключевые слова:** битумная эмульсия, дисперсность, кавитационный диспергатор, битумно-эмульсионная установка.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Останнім часом більшість промислово розвинутих країн відмовляються від застарілих технологій розрідження бітуму. Все ширшого застосування набувають бітумні емульсії. У Франції понад 30 % бітуму, який використовується, перетворюються в емульсії; в Японії цей відсоток досягає 70 % [1].

Існуючі технології приготування бітумних емульсій є досить енергоємними, металомісткими. Установки, що реалізують дані технології мають складне конструктивне виконання, великі габарити та масу [1, 2]. Окрім того, переважна більшість установок є імпортного виробництва, що, відповідно, суттєво впливає як на вартість самої бітумно-емульсійної установки, так і на собівартість отриманої продукції.

Одним з перспективних напрямків удосконалення технології виготовлення бітумних емульсій є застосування нетрадиційних методів емульгування таких взаємонерозчинних речовин, як бітум і вода. Зокрема, лабораторією гідродинаміки Вінницького національного технічного університету була запропонована установка для приготування бітумних емульсій, яка реалізує нову кавітаційну технологію емульгування бітуму [3].

Метою роботи є експериментальне дослідження взаємозалежностей між параметрами і характеристиками нового запропонованого устаткування та фізико-механічними властивостями оброблюваної сировини.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Для досягнення поставленої мети розв'язувались наступні задачі:

- перевірка працездатності об'єкта досліджень – експериментального зразка установки для приготування бітумних емульсій, що здійснює кавітаційну технологію емульгування бітуму;

- встановлення реальних закономірностей зміни фізико-механічних властивостей отриманої сировини при регулюванні параметрів кавітаційної обробки компонентів емульсії;

- підтвердження основних положень теоретичного аналізу процесу приготування бітумних емульсій за допомогою кавітаційної технології емульгування бітуму.

Перед проведенням експериментальних досліджень було попередньо визначено параметри, що підлягають реєстрації і обробці. Необхідність і достатність цих параметрів полягає у пошуку можливостей розв'язання задач, які ставилися перед експериментальними дослідженнями.

Експериментальні дослідження об'єкту досліджень проводилися у науково-дослідній лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету з використанням відповідного обладнання та засобів для реєстрування вимірвальних величин. Необхідний склад бітумної емульсії, якість матеріалів і відповідність технології виготовлення контролювалася в умовах лабораторії гідродинаміки ВНТУ, лабораторії ВАТ «Південьзахідшляхбуд» м.

Вінниці, а також в «Лабораторії контролю якості матеріалів транспортного будівництва» Національного транспортного університету м. Києва.

Для експериментальних досліджень був спроектований і виготовлений стенд, принципова схема та загальний вигляд якого наведені відповідно на рис. 1 та 2. У розробленій установці регулюється тиск на вході у вузол емульгування, положення робочого органу кавітатора відносно його дифузornoї частини, контролюються температури компонентів та готової емульсії, фіксується тиск на вході та на виході з вузла емульгування.

Експериментальний стенд (рис. 1) складається з наступних блоків: контуру циркуляції; шафи керування та контрольно-вимірювального вузла.

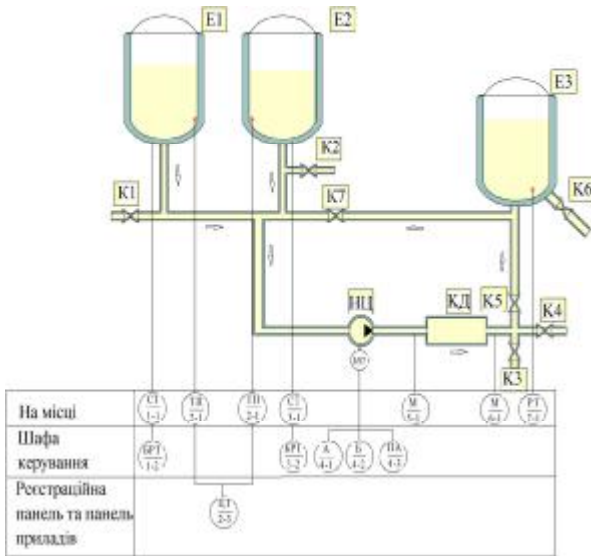


Рисунок 1 – Принципова схема експериментального стенду. Позначення: Е1, Е2 – ємності для збереження компонентів емульсії; Е3 – ємність для збереження готової емульсії; К1...К7 – запірорегулююча арматура установки; КД – кавітаційний диспергатор; НЦ – насос циркуляційний



Рисунок 2 – Загальний вигляд випробувального стенду

Таблиця 1 – Контрольно-вимірювальна апаратура стенда (рис. 1)

Позначення	Назва	Кількість
1-1	Термопара ТХА (К)	1
1-2	Блок регулювання температури БРТ-3 ТУ УЗ.11-05814256-107-98	1
2-1	Термопара занурювальна контактна АТА-2102 тип ТХА (К)	1
2-2	Термопара занурювальна контактна АТА-2102 тип ТХА (К)	1
2-3	Цифровий реєструвальний пристрій Meterman TMD 90	1
3-1	Термопара ТХА (К)	1
3-2	Блок регулювання температури БРТ-3 ТУ УЗ.11-05814256-107-98	1
4-1	Амперметр Э 8030-М1, ТУ25-04.4050-81	1
4-2	Вольтметр Э 8030 ТУ25-04.4050-81	1
4-3	Пускова апаратура для керування електродвигуном	1
5-1	Манометр МТП-100 клас точності 2,5 ГОСТ 2405-80	1
6-1	Манометр МТП-100 клас точності 2,5 ГОСТ 2405-80	1
7-1	Ртутний термометр 2-1972 ГОСТ 2823-59 (°С)	1

Кавітаційний диспергатор КД представлений статичним СК – апаратом із симетрично розміщеними відносно вісі кавітатором у вигляді тіла обертання (рис. 3).

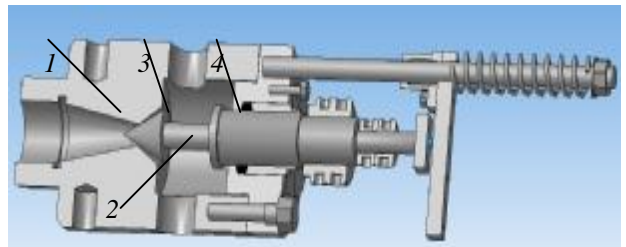


Рисунок 3 – Експериментальний кавітаційний диспергатор

Базовими елементами кавітаційного диспергатора є: конфузорна 1, дифузorna 2 частини кавітаційного диспергатора та кавітатор 3, виконаний у вигляді конуса. За рахунок зміни площі поперечного перерізу отвору між внутрішньою поверхнею дифузornoї частини кавітаційного диспергатора 2 та зовнішньою поверхнею кавітатора 3 регулюванням положення кавітатора 3 вздовж осі за допомогою напрямляючого стержня 4 у кавітаційному диспергаторі виникають значні градієнти гідродинамічних і термодинамічних параметрів (тиску, температури, швидкості та інші), що забезпечують умови динамічного подрібнення дисперсної фази гетерогенної системи в камері змішування 5.

Випробувальний стенд обігривається за допомогою нагрівальних стрічок ЭНГЛ-1-0,66/220(180С)-16,48: максимальна температура – 180 °С; питома потужність – 40 Вт/м; номінальна потужність – 660 Вт; електричний опір – 74 Ом; довжина – 16,48 м.

На контрольно-вимірювальному вузлі розміщений багатоканальний реєструючий пристрій Meterman TMD 90, який призначений для вимірювання та реєстрування температури вхідних компонентів емульсії. Через USB вихід реєструвальний пристрій Meterman TMD 90 під'єднується до ПК, в якому за допомогою спеціального програмного забезпечення Meterman TMSW фіксуються температури компонентів емульсії у вигляді графіків залежності температур від часу.

Для регулювання та підтримання заданих параметрів температур нагрівальних стрічок на шафі керування встановлені блоки регулювання температури БРТ–3, які за допомогою сенсорів температури, що встановлені на нагрівальних стрічках, фіксують дійсне значення температур та, відповідно, змінюють напругу живлення нагрівальних стрічок. Реєстрування температури відбувається безперервно. На шафі керування також розміщені пристрої для контролю параметрів роботи стенду: напруги, сили струму, використовуваної потужності, а також пускорегульовальна апаратура та автоматика захисту насосу.

Порядок проведення експериментальних досліджень нової технології виготовлення бітумних емульсій відбувається в наступній послідовності:

- вмикається обігрів установки;
- встановлюється задана температура на блоках регулювання температури БРТ– 3;
- відбувається доведення температури системи до заданої згідно з регламентом досліджень;
- відмірюється необхідна кількість компонентів системи ваговим або об'ємним способом;
- готується суміш емульгатора та кислоти;
- необхідні дози компонентів розташовують у відповідних ємностях установки;
- встановлюють необхідний режим роботи кавітаційного диспергатора;
- вмикають циркуляційний насос;
- проводять вимірювання параметрів роботи кавітаційного диспергатора, а саме: струм, який споживає насос; тиск у системі до та після кавітаційного диспергатора; температура бітуму, суміші емульгатора та кислоти, а також температура готової бітумної емульсії; масова або об'ємна витрата через кавітаційний диспергатор та тривалість процесу.

Для виготовлення бітумної емульсії, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-129:2006, використовувався бітум виробництва ВАТ «Лукойл-Одеський НПЗ» марки БНД 90/130, що відповідає вимогам ДСТУ 44044 - 2001. Як емульгатор використовувався емульгатор REDICOTE RM007 виробник шведська фірма Akzo Nobel. Передбачалося виготовлення катіонної бітумної емульсії, а тому для нейтралізації емульгатора використовувалась соляна кислота 36 % концентрації.

Згідно з [4] та за рекомендаціями ДП НВЦ Композит (м. Київ) компоненти катіонної бітумної емульсії дозувалися у наступних співвідношеннях: бітум – 65

%, питна вода – 34,75 %, емульгатор – 0,25 %. Кількість соляної кислоти встановлювалося практично. рН розчину емульгатора у воді має бути 2,5. Якщо рН більше ніж 2,5, то необхідно додати ще HCl, а якщо рН менше 2,5, то це свідчить про надлишок кислоти.

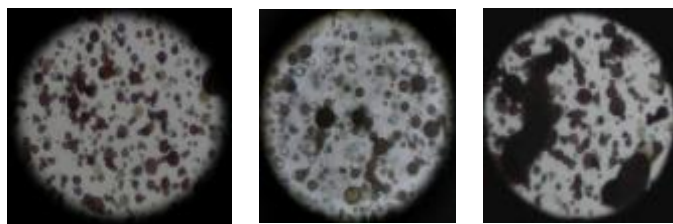
Якість отриманої емульсії перевірялася згідно з рекомендаціями ДСТУ Б В.2.7–129:2006. Основні результати випробування наведені в табл. 2.

Дисперсний склад проб на кожному етапі дослідження визначався на мікроскопі “МИКМЕД–1” ТУ 9443-077-07502348-97. Отримана бітумна емульсія – дрібнодисперсна (середній розмір частинок дисперсної фази – 3–5 мкм). На рис. 4 наведені мікрофотографії досліджуваної бітумної емульсії.

Порівняння експериментальних та теоретичних досліджень представлено на рис. 5.

Таблиця 2 – Випробування отриманої емульсії

№ п/п	Найменування показника	Згідно ДСТУ Б В.2.7-129:2006			Досліджувана бітумна емульсія
		ЕБК-1	ЕБК-2	ЕБК-3	
1	Зовнішній вигляд	Однорідна темно-коричнева рідина			Однорідна темно-коричнева рідина
2	Показник концентрації водневих іонів, рН	1,5–6,5			2
3	Однорідність за залишком, % не більше – на ситі № 014	0,5	0,5	0,5	0,47
4	Умовна в'язкість, с, не більше: при 20 °С на апараті з діаметром отвору 3 мм	65	65	65	56
5	Стойкість при зберіганні: залишок на ситі № 014 %, не більше: – після 7 діб – після 14 діб	0,6 0,8	0,6 0,8	0,6 0,8	0,5 0,76
6	Зчеплення в'язучого, виділеного з емульсії з поверхнею мінерального матеріалу, %, не менше	90	90	90	95
7	Індекс розпаду, %	80–220	221–260	більше 260	274



а) б) в)

Рисунок 4 – Фотографії досліджуваної бітумної емульсії: а) наступної доби після приготування, б) через 7 днів після приготування, в) через 14 днів після приготування

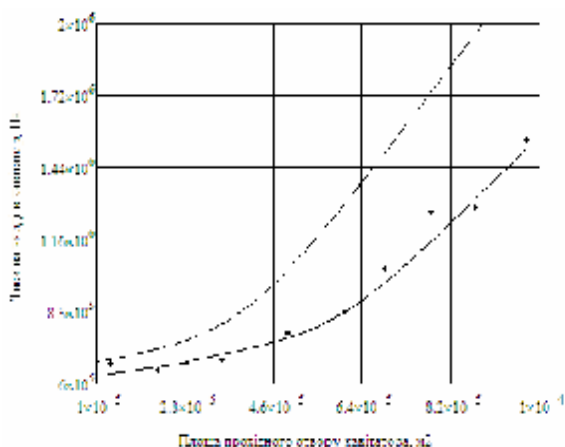


Рисунок 5 – Порівняння результатів експериментів з результатами розв'язання математичної моделі за співвідношенням тиску на вході кавітатора із площею прохідного отвору кавітатора:

— — — — теорія [5]; ————— експеримент

**ВИСНОВКИ.** Експериментально підтверджена можливість виготовлення бітумних емульсій за допомогою кавітаційного методу обробки компонентів.

Встановлена взаємозалежність між основними регульованими параметрами обробки компонентів емульсії: тиском на вході у вузол емульгування, площею прохідного отвору кавітатора, часткою бітуму в емульсії та дисперсністю отриманої бітумної емульсії.

Співставлення експериментально отриманих даних і результатів аналітичного розрахунку парамет-

рів за допомогою ЕОМ згідно із запропонованою математичною моделлю [5] свідчить про прийнятну достовірність запропонованої методики проектного розрахунку, а також про адекватність математичної моделі реальному робочому процесу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: Навчальний посібник / В.І. Братчун, В.О. Золотарьов, М.К. Пактер і ін.; під ред. В.І. Братчуна. – Мakiївка: ДонНАБА, 2006. – 303 с.

2. Бауман К.В. Перспективи використання кавітаційних диспергаторів для емульгування бітуму // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2008. – № 5. – С. 45–49.

3. Пат. 37338 Україна, МПК<sub>8</sub> E01C 19/00 Установка для приготування бітумних емульсій / Борисенко А. А., Бауман К. В., Коц І. В.; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u200807653; заявл. 04.06.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.

4. Бітумные эмульсии. Особенности состава и применения / В.А. Будник, Н.Г. Евдокимова, Б.С. Жирнов // Нефтегазовое дело. – 2006. – Режим доступа: <http://www.ogbus.ru>.

5. Розробка устаткування та технологій виготовлення бітумних емульсій і мастик для гідроізоляційних, покрівельних та інших видів робіт / Звіт про НДР (заключний): Шифр 93/4. Вінницький національний технічний університет. – № держреєстрації 0110U001845. – Вінниця, 2010. – 100 с.

### THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF NEW CAVITATING TECHNOLOGY FOR EMULSIFIED BITUMEN PREPARATION

**K. Bauman, I. Kots**

Vinnitsia National Technical University

Khmelnytskoye shose, 95, Vinnitsa, Ukraine, 2102. E-mail: iekaterina@ukr.net.

The construction and proper control and measuring apparatus of experimental stand are resulted. Its operation principle is based on cavitation treatment of the components of emulsified bitumen. In the experimental unit the input pressure of cavitation disperser and the cavitator position against diffuser parts of disperser are regulated. The temperatures of the components and prepared emulsion are controlled. The disperser input and output pressure is controlled. The researching methods are described, and the experimental results of the developed technology of preparation of bitumen emulsion are presented. The cross-effect and diagram curves of the parameters and performances of new equipment and physical and mechanical features of the raw material processed are obtained.

**Key words:** emulsified bitumen, dispersion, cavitation disperser, emulsified bitumen unit.

#### REFERENCES

1. *The physical and chemical mechanics of building materials: Study guide* / V.I. Bratchun, V.O. Zolotariov, M.K. Pakter and others; Ed. V.I. Bratchun. – Makiivka: DonNABA, 2006. – 303 p. [in Ukrainian]

2. Bauman K.V. Prospects of cavitation disperser application for emulsification of bitumen // *Modern technologies, materials and constructions in building*. – 2008. – № 5. – PP. 45–49. [in Ukrainian]

3. Patent № 37338 Ukraine, МПК<sub>8</sub> E01C 19/00 *The emulsified bitumen plants* / Borisenko A.A., Bauman K.V., Kots I.V.; Vinnitsa national technical university is applicant and owner of patent. – № u200807653; by 04.06.08 are asserted; by 25.11.08 is published, Bulletin № 22.

4. Emulsified bitumen. Features of structure and application / V.A. Budnik, N.G. Evdokimova, B.S. Zhirnov // *Oil-and-gas business*. – 2006. – Access mode: <http://www.ogbus.ru>. [in Russian]

5. *Equipment and technology development for bitum emulsions and mastics production for waterproofing, roofing and others works* / A report on scientifically – an experience work (final): Code 93/4. Vinnitsia National Technical University. – № state registration 0110U001845. – Vinnitsya, 2010. – 100 p. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 19.04.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Масловим О.Г.