

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ДИСПЕРГАТОРІВ ДЛЯ ЕМУЛЬГУВАННЯ БІТУМУ

К.В. Бауман

Проведено аналіз існуючих установок для приготування бітумних емульсій. Запропонована конструкція нової бітумно-емульсійної установки з кавітаційним диспергатором, яка порівняно із традиційними установками є більш енергоощадною та має більш спрощену конструкцію.

Вступ

В'язуче на основі бітуму широко застосовується в будівництві, але з технологічної точки зору використовувати його доцільніше при мінімально можливій в'язкості. Одним з перспективних способів зниження в'язкості є емульгування бітуму в воді у присутності спеціальних речовин (утворення бітумних емульсій) [1].

Емульсія – неоднорідна, термодинамічно нестійка система з двома чи декількома рідкими фазами, що представляє одну постійну рідку фазу (дисперсне середовище) та іншу рідку фазу, яка розсіяна в першій у вигляді дрібних краплинок (дисперсна фаза) [2]. Емульсія повинна бути стійкою при збереженні та транспортуванні, але при нанесенні на мінеральний заповнювач чи поверхню дорожнього покриття вона повинна руйнуватися з встановленою для даного виду робіт швидкістю.

Вітчизняні та іноземні виробники пропонують досить широкий вибір установок для приготування бітумних емульсій [3–6], але існуючі бітумно-емульсійні установки мають значні енерговитрати, металоємність, складну конструкцію, високу вартість обладнання, обумовлену монопольним становищем виробника.

Постановка задачі

Поставлена задача полягає у розробці нової конструкції бітумно-емульсійної установки, в якій передбачається використання більш простих за конструкцією, але суттєво ефективніших емульгуючих пристроїв – кавітаційних диспергаторів, забезпечуючих процес виготовлення бітумних емульсій із меншими енерговитратами, а також підвищеними можливостями керування та налагодження необхідних режимів диспергування.

Виклад основного матеріалу

Розроблення та впровадження установок для приготування бітумних емульсій проводять як в Україні, так і за її межами. Серед найвідоміших фірма «MASSENZA» (Італія), «IKA Werke GmbH» (Німеччина), «Akzo Nobel» (Швеція), ООО «Давиал» (Росія), ДП НВЦ «Композит» (Україна) та багато інших.

Бітумно-емульсійні установки класифікують за типом дії, за типом системи дозування, за типом керування, за мобільністю (рис. 1.).

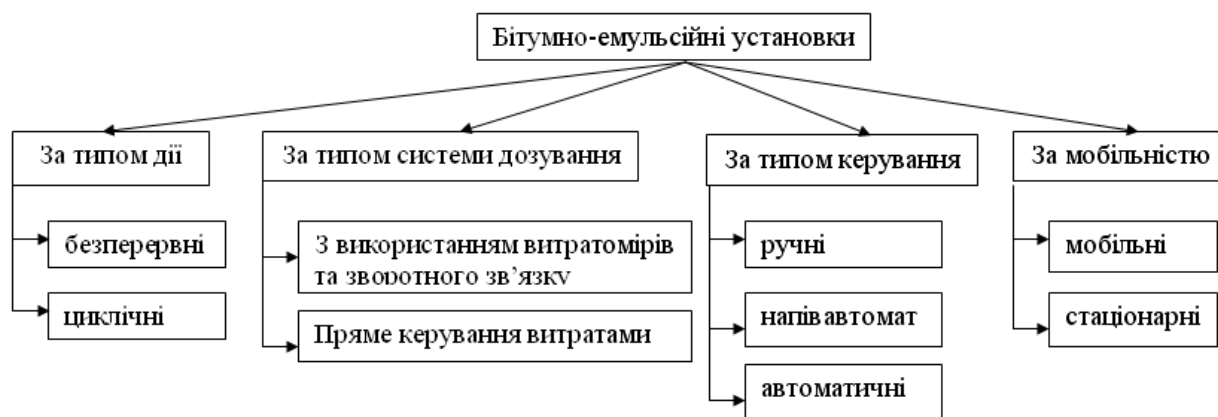


Рис. 1. Установки для приготування бітумної емульсії

Бітумно-емульсійні установки складаються з таких основних частин: вузли емульгування; витратні ємності хімікатів; ємності для збереження бітуму, емульсії; трубопровідні об'язки. Головну роль в таких установках відіграє саме вузол емульгування, в якому і відбувається перемішування, диспергація компонентів утворюваної бітумної емульсії.

Серед основних способів перемішування рідких середовищ: перемішування безпосередньо в трубопроводі; в апаратах з насосною циркуляцією; в апаратах з механічною мішалкою та у змішувачах із застосуванням стисненого повітря (рис. 2.).

Досить часто для отримання бітумної емульсії використовуються колоїдні млини [3-6]. Емульсія в них утворюється при проходженні суміші гарячого бітуму та водяної фази у зазорі між рухомим ротором (диском, конусом чи гідромуфтою) та нерухомим статором. Як ротор, так і статор, можуть мати нарізні пази чи зубці для створення турбулентних потоків.

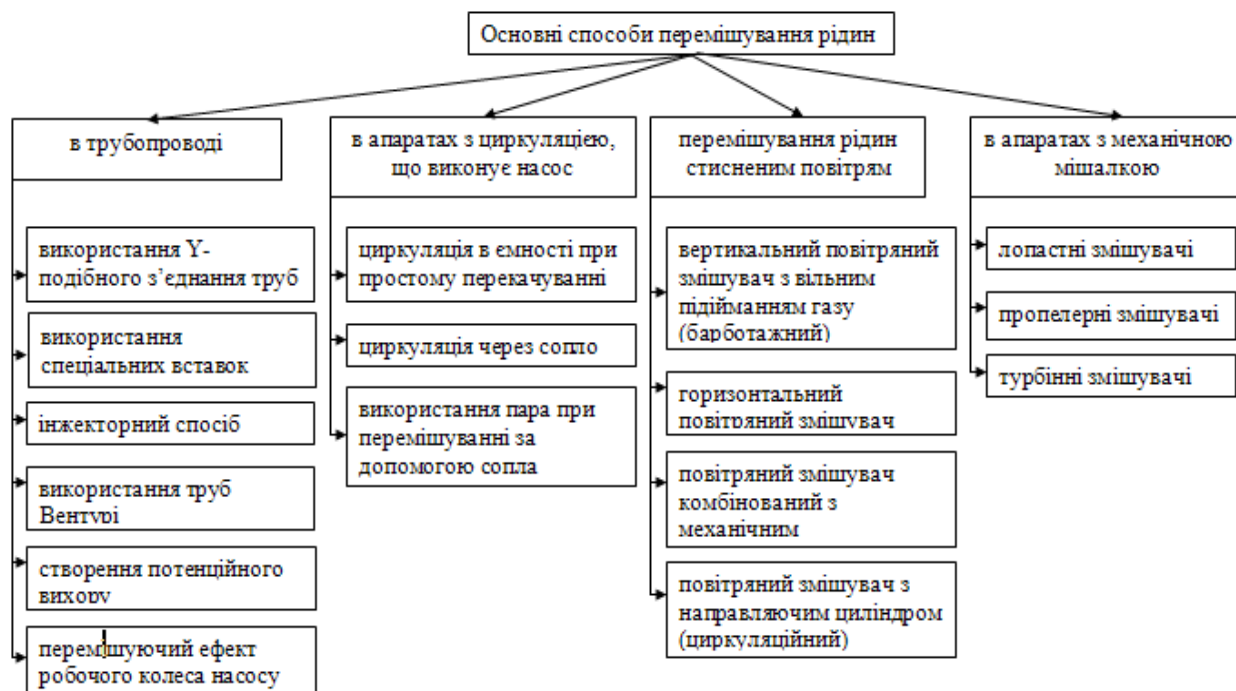


Рис. 2. Основні способи перемішування рідин

Виготовлення бітумних емульсій можливе також із використанням і інших диспергаційних пристроїв, зокрема, такими перспективними і ефективними є кавітаційні диспергатори [7].

Кавітаційні диспергатори забезпечують виникнення у оброблюваних рідинних середовищах особливих кавітаційно-кумулятивних процесів, що сприяють інтенсифікації багатьох технологічних процесів, наприклад, масообмінних [8].

Кавітація – явище розриву суцільності потоку крапельної рідини під дією розтягуючого напруження, що виникає в ній при зниженні тиску. При розриві суцільності у середовищі крапельної рідини утворюються порожнини – кавітаційні бульбашки, які заповнені паром, газом чи їх сумішшю. Цей процес обумовлений особливою зміною характеристик поля швидкостей та тиску. Кавітаційні бульбашки виникають в тих локальних місцях, в яких поточний тиск у рідині P стає нижчим від деякого критичного P_{kp} [8]:

$$P_{kp} = P_n - \frac{4}{3\sqrt{3}} \frac{\sigma}{R_0} \sqrt{\frac{2\sigma}{R_0 \left(P_0 - P_n + \frac{2\sigma}{R} \right)}}, \quad (1)$$

де P_i – тиск насиченої пари рідини;
 P_0 – початковий тиск всередині бульбашки;
 σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини;
 R_0, R – початковий і поточний радіус бульбашки.

Для забезпечення гідродинамічної кавітації, тиск у рідині знижують шляхом збільшення місцевих швидкостей потоку крапельної рідини. При схлопуванні кавітаційних бульбашок виникають кумулятивні мікрострумини та відбувається розпад останніх на мікровихорі досить великої інтенсивності, що дозволяє отримувати високу (аж до молекулярного рівня) однорідність незмішуваних рідин, які обробляються.

В НДІ Гідродинаміки Вінницького національного технічного університету спільно з ДП НВЦ «Композит» (м. Київ) була розроблена конструкція бітумно-емульсійної установки (рис. 3), в якій вузол емульгування (рис. 4) включає статоміксер для попереднього змішування, що виконаний у вигляді трубопроводу, всередині якого послідовно розташовані переборки із зміщеними отворами. Перед статоміксером розташовано пропорційний змішувач із патрубками приєднаними до напірних ліній насосних агрегатів подачі складових компонентів. Після статоміксера встановлено кавітатор, сторона якого, що приєднана до статоміксера виконана у вигляді конфузornoї та дифузornoї частин. Окрім того, із зазором відносно поверхні дифузора розташований підпружинений конусоподібний робочий орган, який виконаний із можливістю встановлення цього зазору між його конічною поверхнею та внутрішньою поверхнею дифузора.

Послідовно встановлені складові наведеного вузла емульгації, а саме: пропорційний змішувач, статоміксер та кавітатор здійснюють диспергування та емульгування бітуму без сторонніх приводних механізмів, без додаткових витрат електроенергії на їх привід та мають більш спрощену конструкцію порівняно із відомим установками [3-6].

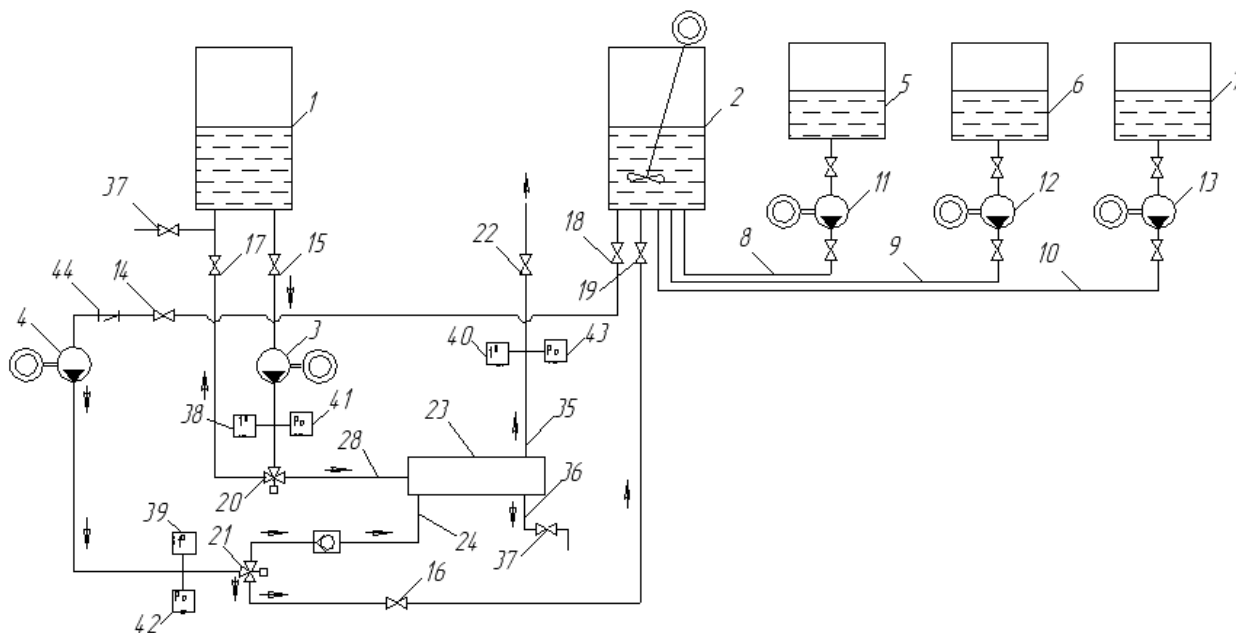


Рис. 3. Принципова схема установки для приготування бітумних емульсій

1, 2 – ємності, відповідно, з бітумом та водною фазою; 3, 4 – бітумний та водяний насоси; 5, 6, 7 – ємності з емульгатором, стабілізатором та кислотою; 8, 9, 10 – трубопроводи подачі емульгатора, стабілізатора та кислоти; 11, 12, 13 – дозуючі насоси; 14, 15 – вхідні крани водяний та бітумний; 16, 17 – байпасні крани водяний та бітумний; 18, 19 – запірні вентилі; 20, 21 – трьохходові крани; 22 – випускний кран; 23 – вузол емульгації; 24, 28 – трубопроводи подачі водної фази та рідкого бітуму; 25 – камера змішування; 26 – пропорційний змішувач; 27 – сопло; 29 – статоміксер; 30 – кавітатор; 31, 32 – конфузор і дифузор; 33 – конусоподібний робочий орган; 34 – механічний привід регулювання зазору; 35 – трубопровід відбору емульсії; 36 – пробовідбірник; 37 – кран пробовідбірника; 38, 39, 40, 41, 42, 43 – давачі температури і тиску; 44 – водяний фільтр.

Окрім того, робочий орган кавітатора підпружинений відносно корпусу кавітатора, завдяки чому, у випадку проходження великих твердих нерозчинних часток, запобігає перекриванню прохідного отвору кавітатора.

Регулювання зазору Δ між конічною поверхнею підпружиненого конусоподібного робочого органа та поверхнею дифузора дає можливість підібрати необхідну швидкість та тиск оброблюваного середовища для забезпечення оптимальних умов створення гідродинамічної кавітації.

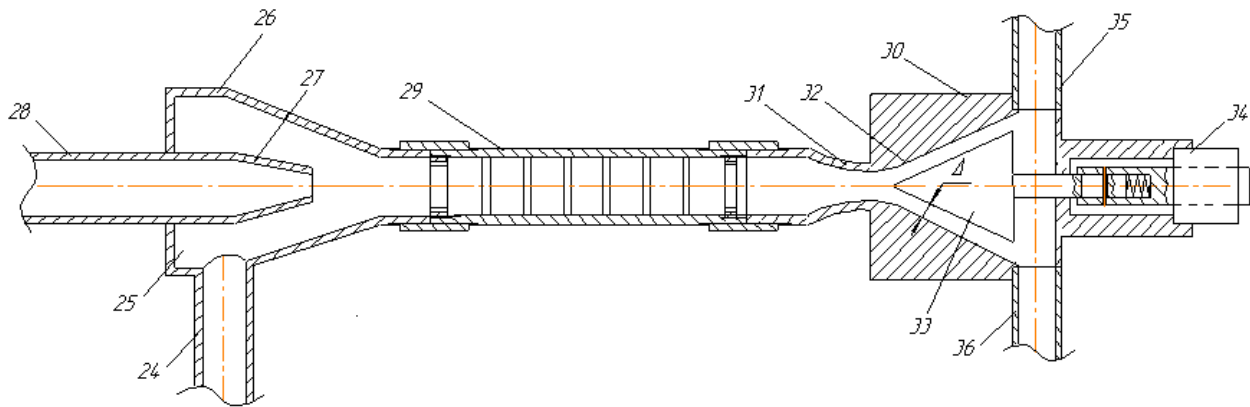


Рис. 4. Конструктивне виконання вузла емульгації

В установці передбачається підігрів та зовнішня теплоізоляція бітумного та водяного вузлів.

Працює запропонована установка таким чином.

У ємність з водяною фазою 2 з ємностей 5, 6, 7 по трубопроводах 8, 9, 10 за допомогою дозуючих насосів 11, 12, 13 подаються емульгатор, кислота та стабілізатор.

Бітумний та водяний вузли установки необхідно попередньо прогріти. Кран водяний вхідний 14, бітумний вхідний 15 та кран водяний байпасний 16, бітумний байпасний 17 та запірні вентилі 18, 19 встановлюються у відкритому положенні. Бітумний та водяний насоси 3 та 4 при цьому працюють, а трьохходові крани 20 та 21 встановлені у положенні подачі на байпас, при якому компоненти по лініях повернення подаються в ємності 1 та 2. По досягненню бітумом та водною фазою необхідних параметрів за температурою, частково відкривається випускний кран 22 на подачу бітумної емульсії на склад готової продукції та, після вирівнювання тисків води та бітуму, переключачється трьохходовий кран 21, а після 1-2 секунд трьохходовий кран 20 на подачу компонентів у вузол емульгації 23.

Водяна фаза трубопроводом 24 подається на вакуумний вхід 25 пропорційного змішувача 26, до вхідного патрубка - сопла 27 якого трубопроводом 28 підводиться рідкий бітум.

Витікаючи із великою швидкістю із сопла 27 пропорційного змішувача 26 рідкий бітум створює розрідження в області вакуумного входу 25, підсмоктує емульсовану водяну суміш, що поступає по трубопроводу 24. Бітум перемішується з водяною фазою і поступає у статоміксер 29, де проходячи через отвори послідовно розташованих переборок, надходить до кавітатора 30, сторона якого, що приєднана до статоміксера виконана у вигляді конфузорної 31 та дифузornoї 32 частин, із зазором Δ відносно поверхні дифузора розташований підпружинений конусоподібний робочий орган 33, що у випадку проходження великих твердих нерозчинних часток, запобігає перекриванню прохідного отвору кавітатора. Механічний привід регулювання зазору 34 надає можливість регулювання площі прохідного перерізу кавітатора, в процесі налагодження необхідного режиму кавітації. Завдяки кавітаційному процесу відбувається безперервне приготування бітумної емульсії із необхідними вихідними якісними параметрами. Емульсія трубопроводом 35 подається в ємність готового продукту, або відразу завантажується в автобітумовоз.

Випробування експериментальної установки проводилися на одному із асфальтобетонних заводів України. Отримані прямі емульсії відрізняються високою дисперсністю та стійкістю.

Розміри часток внутрішньої фази не перевищують 2 мкм, а стійкість емульсії досягає 6 місяців.

Висновки

- Вивчення сучасного стану установок для приготування бітумних емульсій показало, що існуючі установки мають цілий ряд суттєвих недоліків, які полягають у значній енергоємності, металомісткості та складнощях регулювання режимів емульгування, а також забезпечення необхідної якості вихідної продукції.
- Запропонована конструктивна схема виконання бітумно-емульсійної установки з кавітаційним диспергатором, яка порівняно із традиційними установками є більш енергоощадною, оскільки вузол емульгації такої установки здійснює диспергування та емульгування бітуму без сторонніх приводних механізмів, без додаткових витрат електроенергії на привід та має більш спрощену конструкцію порівняно із відомими установками.
- Конструкція запропонованого кавітаційного диспергатора дозволяє регулювати швидкість та тиск оброблюваного середовища для забезпечення оптимальних умов створення гідродинамічної кавітації. Підпружинення робочого органу кавітатора запобігає перекриванню площі прохідного перерізу кавітатора при проходженні крізь неї твердих нерозчинних часток.

Список літератури

1. Битумные эмульсии. Особенности состава и применения [Электронный ресурс] / В. А. Будник, Н. Г. Евдокимова, Б. С. Жирнов // Нефтегазовое дело. – 2006. – Режим доступа до журналу: <http://www.ogbus.ru>.
2. Ластовкина Г. А. Справочник нефтепереработчика / Г. А. Ластовкина, Е. Д. Радченко, М. Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
3. Битумно-эмульсионные установки (БЭУ) // ООО Давиал. Технологическое оборудование. – Режим доступа: <http://www.davial.ru>.
4. Эмульсионно-битумные технологии – Режим доступа: <http://emulbittech.ru/produkciya>.
5. Промышленное оборудование ИКА // RTF– Режим доступа: <http://www.rtf-info.ru/prom.html>.
6. КОРПУС-ТЕХ, ИНК. Дорожно-строительная техника и технологии – Режим доступа: <http://www.korrus.ru/doc/1.htm>.
7. Федоткин И. М. Использование кавитации в технологических процессах / И. М. Федоткин, А. Ф. Немчин. – Киев, Вища школа, 1984. – 68 с.
8. Рождественський В.В. Кавітація // В.В. Рождественський. – Ленінград: Судостроєння, 1977. – 248 с.

Бауман Катерина Володимирівна – магістрант кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.