

Фирсов П.М., Золотов С.М., Пустовойтова О.М., Мохамад Обейд КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ И БЕТОНА ПРИ ДЕЙСТВИИ ХАРАКТЕРНЫХ РАЗРУШАЮЩИХ УСИЛИЙ. Рассмотрены вопросы верификации полученных результатов предыдущих натуральных экспериментальных исследований сталеклевого соединения с бетоном в специализированном программном комплексе ЛИРА 10.6. На базе результатов исследований прочности и напряженно-деформированного состояния сталеклеевых соединений с бетоном (без применения анкеровки) разработана методика численного моделирования исследуемых креплений при влиянии характерных разрушающих усилий (отрыв, сдвиг, изгиб). Анализ напряженно-деформированного состояния соединения проведен методом конечных элементов с учетом физической нелинейности деформирования материалов, при этом применен шагово-итерационный метод линеаризации. Результаты численного моделирования с учетом физической нелинейности деформации совпадают с проведенным статическим расчетом на 90-95 % (в зависимости от вида приложенных разрушающих усилий) и подтверждают выводы про надежную работу клевого безанкерного соединения стали с бетоном при влиянии разных видов нагрузок. Разработанная модель позволяет выполнять расчет и анализ НДС сталеклеевых соединений с бетоном при любой исходной геометрии крепления и характеристиках материалов.

Ключевые слова: бетон, сталеклеевое соединение, акриловый модифицированный клей, усилие,

прочность, моделирование, метод конечных элементов.

Firsov P.M., Zolotov S.M., Pustovoitova O.M., Mohamad Obeid COMPUTER MODELING OF STEEL AND CONCRETE ADHESIVE JOINT OPERATION UNDER THE ACTION OF CHARACTERISTICAL DESTRUCTION FORCES. The issues of the previous experimental research obtained results verification, of steel-adhesive joint with concrete in specialized software LIRA 10.6, are considered. Based on the results of previous strength and stress-deformed condition experimental research of steel-adhesive joints with concrete (non-anchorless), a method of numerical modeling of the investigated fastenings under the influence of characteristic destructive forces (separation, shear, bending) was developed. The analysis of the joint's stress-deformed condition was carried out by the finite element method, taking into account the physical nonlinearity of materials deformations, with application of step-iterative linearization method. The results of numerical modeling, taking into account the physical nonlinearity of deformation, coincide with the performed static calculation by 90-95 % (depending on the type of applied destructive forces) and confirm the conclusions about the reliable operation of a non-anchorless adhesive joint between steel and concrete under the influence of different types of loads. The developed model allows calculation and analyzing of the stress-deformed condition of steel-adhesive joints with concrete for any initial geometry of fastening and materials characteristics.

Keywords: concrete, steel-adhesive joint, modified acrylic adhesive, effort, strength, modeling, finite element method.

DOI: 10.29295/2311-7257-2020-100-2-218-222

УДК 628.16

Епоян С.М.¹, Сухоруков Г.І.¹, Яркін В.А.², Ісакієва О.Г.¹, Сорокіна В.Ю.¹

¹ Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: ykg.knuca@ukr.net; orcid.org/0000-0003-4551-1309,
orcid.org/0000-0002-1740-3098, orcid.org/0000-0003-2074-5811, orcid.org/0000-0002-9574-5253)

² Комунальне підприємство «Харківводоканал»
(вул. Шевченко, 2, м. Харків, 61002, Україна; e-mail: ya_vad@i.ua; orcid.org/0000-0001-7844-6772)

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ ВИХРОВОГО ЗМІШУВАЧА

В сучасний час найбільш поширені реагентні технологічні схеми очищення природних вод для господарсько-питного водопостачання, які використовують різні реагенти. Для змішування реагентів з природною водою використовують змішувачі. Змішувачі можуть бути гідравлічними та механічними. В нашій країні віддається перевага гідравлічним змішувачам. Робота передбачає інтенсифікацію роботи вихрового змішувача, який відноситься к гідравлічним змішувачам. Для інтенсифікації змішування природної води з реагентами та поліпшення якості її очищення запропонований метод підвищення ефективності роботи вихрових змішувачів за рахунок конструктивних змін і можливості введення декількох видів реагентів в один змішувач. На основі цього розроблена методика дослідження вихрового змішувача удосконаленої конструкції. Запропонована методика дослідження вихрового змішувача удосконаленої конструкції та наведені експериментальні його дослідження. Запропонована конструкція удосконаленого вихрового змішувача дозволяє змішувати декілька реагентів з природною водою, інтенсифікувати процес змішування та поліпшити її якість.

Ключові слова: удосконалений вихровий змішувач, інтенсифікація, змішування, природна вода, реагенти.

Вступ. В сучасний час найбільш поширені реагентні технологічні схеми очищення природних вод для господарсько-питного водопостачання, які використовують різні реагенти. Для змішування реагентів з природною водою використовують змішувачі. Термін «Змішування (перемішування)» означає з'єднання об'ємів різних речовин з метою отримання однорідної суміші (наприклад, розчину) [1]. Всі змішувачі підрозділяються на гідравлічні та механічні.

В нашій країні віддається перевага гідравлічним змішувачам (дірчастим, перегородчастим, коридорним, вихровим, шайбовим та ін.), в яких змішування реагентів з природною водою відбувається за рахунок енергії потоку [2, 3]. На водоочисних станціях застосовуються вихрові змішувачі, які мають недоліки, наприклад, нерівномірність розподілення коагулянту по довжині змішувача [4], неможливість регулювання інтенсивності змішування, тому що змішування реагенту з водою відбувається тільки за рахунок збільшення площі змішувача по руху води. Крім того, змішувачі [2-4] практично використовуються для змішування тільки одного реагенту з водою, але на станціях підготовки води часто використовують декілька реагентів одночасно.

Для рівномірного розподілення реагенту по довжині вихрового змішувача використовують завантаження або перегородки [5, 6]. В якості завантаження застосовують крупнозернистий пісок у завислому стані [5], або розташовують в нижній частині змішувача, хаотично перемішуючи елементи, які виконані із інертного матеріалу [6]. Пісок і інертні матеріали поліпшують розподіл потоку по перерізу змішувача та поліпшують процес коагуляції. Крупність піску підбирають виходячи зі швидкості потоку, що поступає так, щоб пісок перебував у завислому стані [5]. При застосуванні інертного матеріалу поверх нього улаштовується затримуюча решітка [6]. При цьому варто мати на увазі, що при відключенні змішувача необхідно попередньо вивантажити завантаження. Згідно [5] в змішувачі монтували горизонтальні перегородки з

отворами в шаховому порядку при швидкості виходу 1 м/с, після чого істотно збільшився ефект відстоювання.

Усі наведені удосконалення вихрових змішувачів інтенсифікують процес перемішування, але не дають можливості регулювати інтенсивність змішування та подавати декілька реагентів в змішувач, що залежить від фізико-хімічних показників вихідної води

Матеріали і методи досліджень.

Для інтенсифікації змішування води з реагентами та поліпшення якості її очищення, запропоновано метод підвищення ефективності роботи вихрового змішувача удосконаленої конструкції за рахунок конструктивних змін і можливості введення декількох видів реагентів в один змішувач [7]. Була розроблена удосконалена конструкція вихрового змішувача, що значно збільшує інтенсивність змішування реагентів з водою. Завдання вирішується за рахунок того, що в вихровому змішувачі горизонтально розташовуються з'ємні пористі перегородки, які виконані з пористого полімербетону, а попереду них горизонтальні з'ємні розосереджені трубчасті щільні або дірчасті системи подачі реагентів, що дає можливість подавати різні реагенти у різні місця змішувача. Пористі перегородки підвищують інтенсивність змішування реагента з вихідною водою за рахунок того, що змішування відбувається не тільки в об'ємі змішувача, а і в самій пористій перегородці, тому що порові канали мають покручену форму, яка з'єднує і роз'єднує порові канали між собою. Потоки вихідної води та розчини реагентів, які рухаються по поровим каналам, зіштовхуються між собою, з'єднуються та роз'єднуються, що підвищує інтенсивність змішування реагентів з вихідною водою, а рівномірний вихід вихідної води, яка змішана з реагентом, з порових каналів пористої перегородки поліпшує розподіл потоку по перерізу змішувача. Зміна товщини пористої перегородки дозволяє регулювати час змішування вихідної води з реагентами в самій пористій перегородці. Зміна матеріалу заповнювача пористої перегородки дозволяє змінювати її пористість, тому що кожний матеріал

має свою пористість, що дає можливість змінювати швидкість руху потоку в порових каналах перегородки, тобто регулювати інтенсивність змішування в перегородці. При введенні різних реагентів у різні місця вихрового змішувача попереду пористих перегородок, для усунення можливості кольтатації перегородок, розмір їх порових каналів збільшується від входу до виходу вихідної води зі змішувача за рахунок збільшення розмірів заповнювача пористих перегородок.

Кількість пористих перегородок, відстань між ними, розмір порових каналів (пор) та товщина перегородок, залежить від фізико-хімічних показників якості вихідної води, типу та виду реагенту, кількість систем подачі реагентів - від кількості реагентів.

Запропонована конструкція вихрового змішувача схематично представлена на рис. 1.

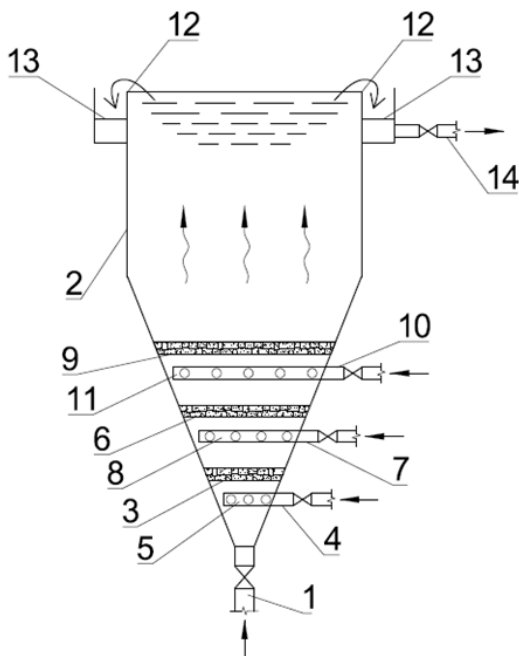


Рис. 1. Вихровий змішувач

Вихровий змішувач складається з трубопроводу подачі вихідної води 1, корпусу вихрового змішувача 2, пористої перегородки 3, трубопроводу (шлангу) подачі першого реагенту 4, розосередженої трубчастої щільної або дірчастої системи подачі першого реагенту (наприклад аміачної води) 5, пористої перегородки 6, розмір порових каналів, якої більше

розмірів порових каналів перегородки 3, трубопроводу (шлангу) подачі другого реагенту 7, розосередженої трубчастої щільної або дірчастої системи подачі другого реагенту (наприклад суспензії вапна) 8, пористої перегородки 9, розмір порових каналів, якої більше розмірів порових каналів перегородки 6, трубопроводу (шлангу) подачі третього реагенту 10, розосередженої трубчастої щільної або дірчастої системи подачі третього реагенту (наприклад флокулянту) 11, водозливу 12, збірного лотка 13, трубопроводу 14 відводу вихідної води, змішаної з реагентами.

Вихровий змішувач працює наступним чином. Вихідна вода по трубопроводу 1 потрапляє у корпус вихрового змішувача 2, проходить крізь розосереджену трубчасту щільну або дірчасту систему подачі першого реагенту 5, в яку по трубопроводу (шлангу) 4 подається перший реагент і пористу перегородку 3, завдяки якій інтенсивно змішується з реагентом. Далі відбувається час контакту реагенту з вихідною водою в корпусі вихрового змішувача 2. Потім вихідна вода, яка змішана з першим реагентом проходить крізь розосереджену трубчасту щільну або дірчасту систему подачі другого реагенту 8, в яку по трубопроводу (шлангу) 7 подається другий реагент і пористу перегородку 6, завдяки якій інтенсивно змішується з другим реагентом. Далі відбувається час контакту другого реагенту з водою в корпусі вихрового змішувача 2. Потім вода, яка змішана з двома реагентами, проходить крізь розосереджену трубчасту щільну або дірчасту систему подачі третього реагенту 11, в яку по трубопроводу (шлангу) 10 подається третій реагент, і пористу перегородку 9, завдяки якій інтенсивно змішується з третім реагентом. Далі відбувається час контакту реагентів з водою і подальше змішування в корпусі вихрового змішувача 2. Далі вода, змішана з реагентами через водозлив 12 потрапляє в збірний лоток 13 і по трубопроводу 14 відводиться зі змішувача.

Запропонована конструкція вихрового змішувача дозволяє регулювати інтенсивність змішування, поліпшити розподіл

потоків води по перерізу змішувача і подавати різні реагенти у різні місця змішувача, що дає можливість своєчасно змінювати технологічні процеси змішування реагентів з вихідною водою в залежності від фізико-хімічних показників вихідної води, типів і видів реагентів, які можуть використовуватися на станції очистки води.

Результати дослідження. Дослідження в натурних умовах роботи змішувачів проводити важко, що пов'язано з умовами експлуатації. Тому, такі дослідження краще проводити в лабораторних умовах на моделях.

Важливим завданням при вивченні роботи змішувачів в лабораторних умовах є вибір критерія, по якому треба моделювати процес змішування реагентів з водою.

Основними критеріями при моделюванні гідравлічних явищ в водоочисних спорудах можуть бути: критерій Рейнольдса, критерій Фруда та моделювання по рівності швидкості руху рідини в натурі та моделі [8-13].

При моделюванні по критерію Фруда швидкість руху води в моделі визначається по формулі [8-10,12].

$$V_m = \frac{V_H}{\sqrt{\frac{L_H}{L_M}}} \text{ або } V_m = \frac{V_H}{\sqrt{L_\lambda}}, \quad (1)$$

де V_m - швидкість руху води в моделі, м/с; V_H - швидкість руху води в натурі, м/с; L_H - розмір натурної системи, м; L_M - розмір модельної системи, м; L_λ - коефіцієнт масштабу геометричної подібності.

При моделюванні по критерію Рейнольдса, швидкість руху води в моделі визначається по залежності [8-10,12].

$$V_m = \frac{V_H \cdot L_H}{L_M} \text{ або } V_m = V_H \cdot L_\lambda, \quad (2)$$

Таким чином, при моделюванні по критерію Фруда швидкість руху води в моделі необхідно зменшити в величину кореня квадратного з коефіцієнта масштабу геометричної подібності, а при моделюванні по критерію Рейнольдса її необхідно збільшити в величину коефіцієнта масштабу геометричної подібності. Так, наприклад, при коефіцієнті масштабу геометричної подібності 6 (шість) і швидкості висхідного руху води (на рівні

водозбірного пристрою) 30 мм/с [3] в натурному вихровому змішувачі при моделюванні по критерію Фруда, швидкість руху води в моделі буде 12,2 мм/с, а по критерію Рейнольдса – 180 мм/с. Як бачимо, швидкості руху води в моделях відрізняються від натурних. Відомо, що швидкість руху рідини в споруді впливає на градієнт швидкості (інтенсивність змішування) [10, 11, 13, 14], через це інтенсивність змішування води з реагентами в моделі значно буде відрізнятися у порівнянні з натурною спорудою. Ці недоліки вирішуються при моделюванні по рівності швидкості руху води в натурі та моделі, крім того, цей метод задовольняє більшість критеріям подібності: Re, Fr та ін. [12]. Таким чином, можна припустити, що процеси змішування води з реагентами в моделі будуть близькими до процесів в натурній споруді.

Експериментальні дослідження проводили на моделі вихрового змішувача з коефіцієнтом масштабу геометричної подібності $L_\lambda=7$. Схема експериментальної установки наведена на рис. 2.

Модель удосконаленого вихрового змішувача має наступні конструктивні та технологічні параметри: квадратна форма в плані з розміром сторін 0,5 м; висота пірамідальної частини – 0,5 м; висота призматичної частини – 0,31 м; швидкість висхідного руху води (на рівні водозбірного пристрою)- 30-40 мм/с; швидкість входу води в змішувач – 1,18 – 1,5 м/с; по висоті моделі улаштовані вікна з оргскла. В нижній частині змішувача улаштовані дві перегородки, які виконані з пористого полімербетону; середній діаметр заповнювача першої перегородки $d_{cp} = 20$ мм, а другої – 25 мм. Відстань між перегородками – 50мм, відстань від дна змішувача до першої перегородки – 50мм. Пробовідбірники улаштовані попереду та за пористими перегородками. Товщина першої перегородки – 50 мм, другої – 60 мм.

Втрати напору в перегородках визначаються за допомогою напірних п'єзометрів. В якості замутовача використовується мул річки Сіверський Донець. В якості реагенту використовується сірчано-кислий алюміній, який подається в

змішувач частинами (частина спереду першої пористої перегородки, частина спереду другої пористої перегородки), тобто відбувається фракційне коагулювання. Каламутність вихідної води – 86-172 НОК (50-100 мг/дм³). Для візуального спостереження процесів змішування використовується, як краситель, розчин перманганату калія (KMnO₄), який розташований в сосудах Бойля-Маріотта.

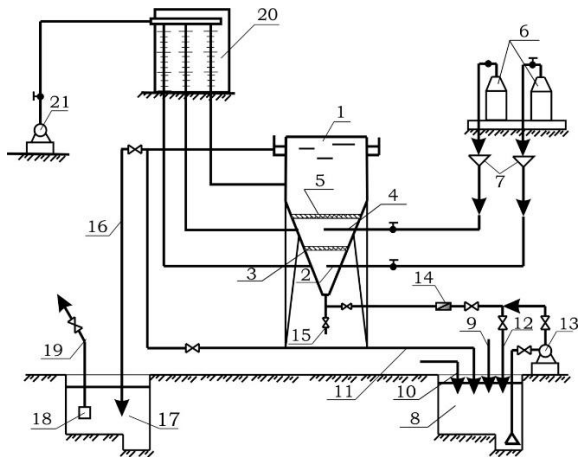


Рис. 2. Схема експериментальної установки:

1 - вихровий змішувач; 2 - трубчаста дюрчаста система розподілення першої частини реагенту; 3 - перша пориста полімербетонна перегородка; 4 - трубчаста дюрчаста система розподілення другої частини реагенту; 5 - друга пориста полімербетонна перегородка; 6 - сосуди Бойля-Маріотта; 7 - приймальні воронки реагенту; 8 - бак приготування вихідної води; 9 - подача замутовача; 10 - подача водопровідної води; 11 - трубопровід зворотнього водопостачання; 12 - трубопровід для перемішування води та замутовача в баку; 13 - насос; 14 - лічильник води; 15 - патрубок для скиду води; 16 - трубопровід відводу води в збірний бак; 17 - збірний бак; 18 - занурений насос; 19 - трубопровід скиду відпрацьованої води в каналізацію; 20 - напірні п'єзометри; 21 - компресор.

Перша серія дослідів призначена для візуального спостереження процесів змішування. Для цієї мети розчин KMnO₄ подається з одного сосуда Бойля-Маріотта зпереду першої пористої перегородки, а друга пориста перегородка вийнята. Потім пориста перегородка виймається і експеримент повторюється при тих же умовах без пористої перегородки, а результати опитів порівнюються. Швидкість руху води на вході в змішувач була

1,18 м/с, а на рівні збірних пристроїв відповідно – 30 мм/с, 36 мм/с та 40 мм/с.

Візуальні спостереження показали, що при установці пористої перегородки розчин KMnO₄ краще розподіляється спереду перегородки та рівномірно виходить з неї, а повне змішування його відбувається на висоті 15-18 см від дна моделі змішувача, в залежності від швидкості входу води в змішувач. При подачі розчину KMnO₄ в змішувач без пористої перегородки спостерігається більше змішування в центральній пірамідальній частині змішувача, та менше поблизу похильних стінок, а повне змішування відбувається на висоті 25-30 см від дна змішувача в залежності від швидкості входу води в змішувач. Таким чином улаштування пористих перегородок в вихровому змішувачі підвищує ефективність змішування, але кількісну характеристику можливо навести тільки після додаткових досліджень, які будуть проведені надалі.

Друга серія дослідів призначена для вивчення закономірності зміни втрат напору в пористих перегородках, в залежності від швидкості руху води в них і температури води. Результати досліджень наведені в табл. 1. Відомо, що температура води впливає на її в'язкість [15, 16], так при температурі води 8°C її в'язкість (динамічний коефіцієнт) – 1,386 МПа·с; 10°C – 1,308 МПа·с; 14°C – 1,171 МПа·с [16].

З табл. 1 видно, що швидкість руху води в пористих полімербетонних перегородках значно впливає на перепад тиску в них, а температура води (в'язкість води) не так суттєво, але при збільшенні швидкості руху води в пористих перегородках збільшується вплив в'язкості води на втрати напору в перегородках.

Обговорення результатів. Наведені дослідження є продовження попередніх досліджень з зазначеної тематики, в яких розглядалася інтенсифікація роботи гідравлічних змішувачів для підвищення ефективності роботи очисних споруд систем господарсько-питного водопостачання [17, 18].

Таблиця 1 – Втрати напору в пористих полімербетонних перегородках

№ з/п	Температура води, (t, °C)	Швидкість води на вході в змішувач, (м/с)	Швидкість води на рівне водозбірних пристроїв, (м/с)	Швидкість руху води в перегородці № 1, (м/с)	Втрати напору в перегородці №1, Н(см)	Швидкість руху води в перегородці № 2, (м/с)	Втрати напору в перегородці №2, Н(см)
1	8	1,18	0,03	0,44	98,0	0,165	12,9
2	10	1,18	0,03	0,44	97,5	0,165	12,8
3	14	1,18	0,03	0,44	96,6	0,165	12,7
4	8	1,42	0,036	0,52	138,0	0,198	18,5
5	10	1,42	0,036	0,52	137,2	0,198	18,3
6	14	1,42	0,036	0,52	135,7	0,198	18,0
7	8	1,57	0,04	0,58	171,2	0,22	23,8
8	10	1,57	0,04	0,58	170,1	0,22	23,4
9	14	1,57	0,04	0,58	168,1	0,22	27,8

Висновки. Запропонована конструкція вихрового змішувача з пористими полімербетонними перегородками.

Розроблена методика дослідження удосконаленого вихрового змішувача.

Експериментально доведено, що швидкість руху води в пористих полімербетонних перегородках значно впливає на перепад тиску в них, а температури води (в'язкість води) не суттєво.

При збільшенні швидкості руху води в пористих перегородках збільшується вплив в'язкості води на втрати напору в перегородках.

ЛІТЕРАТУРА:

- Стренк Ф. *Перемешивание и аппараты с мешалками*. Л.: Химия, 1975. 384с.
- Тугай А.М., Орлов В.О. *Водопостачання: Підручник*. К.: Знання, 2009. 735 с.
- ДБН В.2.5.-74: 2013. *Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування*. К.: Мінрегіон України, 2013. 172 с.
- Блувштейн М.М. *Повышение эффективности работы очистных сооружений водопровода*. М.: Стройиздат, 1977. 176 с.
- Василенко О.А., Грабовський П.О., Ларкіна Г.М., Поліщук О.В., Прогульний В.Й. *Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення. Навчальний посібник*. К.: УВНВКП «Укреліотех», 2010. 272с.
- Головин В.Л. Патент № 2315653 В01F 7/00 РФ. *Вертикальный вихревой смеситель*. Заявл. 04.04.2006. Опубл. 27.01.2008.
- Епоян С.М., Сухоруков Г.І., Айрапетян Т.С., Волков В.М., Яркін В.А., Сухоруков Д.Г. Заявка на корисну модель № u 2020 00218 В01F 5/00 С02F 1/52 від 14.01.2020 *Вихровий змішувач*.
- Леви И.И. *Моделирование гидравлических явлений*. М: Госэнергоиздат, 1960. 320с.

- Лапшев Н.Н. *Гидравлическое моделирование. Учебное пособие*. Л., 1980. 72 с.
- Гнедин К.В. *Режим работы и гидравлика горизонтальных отстойников*. К.: Будівельник, 1974. 81 с.
- Сурина А.А., Городищев З.Я. Исследование на моделях режима работы горизонтальных отстойников. *Сборник научных работ*. Л.: ЛИИИХХ, 1950. Вып. 1. С. 35-43.
- Эпоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркин В.А. Условия гидравлического моделирования смесителей. *Научный вестник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВАБУ, 2015. № 3 (81). С 110-113.
- Эпоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркин В.А. Особенности гидравлического моделирования перегородок частого смесителя коридорного типа по равенству скоростей. *Научный вестник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВАБУ, 2017. Т. 88. № 2. С. 236-239.
- Николадзе Г.И. *Технология очистки природных вод: Учебник*. М.: Высш. шк., 1987. 479 с.
- Большаков В.А., Константинов Ю.М., Попов В.Н., Даденков В.Ю. *Справочник по гидравлике*. К.: Вища шк., 1977. 280 с.
- Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. *Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии*. 2-е изд. М.: ООО «РусМедиаКонсалт», 2004. 576 с.
- Епоян С.М., Яркін В.А., Сухоруков Г.І., Сізова Н.Д. Підвищення ефективності осадження зависі за рахунок використання змішувача удосконаленої конструкції при підготовці питної води. *Научный вестник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВАБУ, 2019. Т. 95. №1. С. 181-187. doi.org/10.29295/2311-7257-2019-95-1-181-187
- Эпоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркин В.А. Интенсификация работы перегородчатого смесителя коридорного типа. *Проблеми водопостачання водовідведення та гідравліки*. К.: КНУБА, 2017. № 28. С. 153-159.

REFERENCES:

- Strenk F. *Peremeshivanie i apparaty s mishalkami*. L.: Himiya, 1975. 384 p.

2. Tugaj A.M., Orlov V.O. *Vodopostachannya: Pidruchny`k*. K.: Znannya, 2009. 735 p.
3. DBN V.2.5.-74: 2013. *Vodopostachannia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia*. K.: Minrehiion Ukrainy, 2013. 172 p.
4. Bluvshcheyn M.M. *Povyshenie effektivnosti roboty ochistnykh sooruzheniy vodoprovoda*. M.: Stroyizdat, 1977. 176 p.
5. Vasylenko O.A., Hrabovskiy P.O., Larkina H.M., Polishuk O.V., Prohulnyi V.I. *Rekonstruktsiia i intensyfikatsiia sporud vodopostachannia ta vodovidvedennia: Navchalnyi posibnyk*. K.: IVNVKP "Ukrheliotekh", 2010. 272 p.
6. Golovin V.L. Patent № 2315653 B01F 7/00 RF. *Vertikal'nyj vihrevoj smesitel'*. Zayavl. 04.04.2006. Opubl. 27.01.2008.
7. Epoyan S.M., Suxorukov G.I., Airapetian T.S., Volkov V.M., Yarkin V.A., Suhorukov D.G. Zayavka na kory`snu model` № u 2020 00218 B01F 5/00 C02F 1/52 vid 14.01.2020 Vy`xrovyy`j zmishuvach.
8. Levi I.I. *Modelirovanie gidravlicheskih yavleniy*. M: Gosenergoizdat, 1960. 320 p.
9. Lapshev N.N. *Gidravlicheskie modelirovanie. Uchebnoe posobie*. L., 1980. 72 p.
10. Gnedin K.V. *Rezhim roboty i gidravlika gorizontalnih otstoynikov*. K.: BudIvelnik, 1974. 81 p.
11. Surin A.A., Gorodischer Z.Ya. Issledovanie na modelyah rezhima roboty gorizontalnykh otstoynikov. *Sbornik nauchnykh rabot*. L.: LIIKH. 1950. Vol. 1. P. 35-43.
12. Epoyan S.M., Sukhorukov G.I., Yarkin V.A. Mixer hydraulic modeling conditions. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*. Kharkiv: KhNUBa, KhOTV ABU, 2015. Nr. 3 (81). P. 110-113.
13. Epoyan S.M., Sukhorukov G.I., Yarkin V.A. Hydraulic modeling features redistribible corridor type mixer for equal speed. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*. Kharkiv: KhNUBa, KhOTV ABU, 2017. Vol. 88, №2. P. 236-239.
14. Nikoladze G.I. *Tehnologiya ochistki prirodnykh vod*. M.: Vysshaya shkola, 1987. 479 p.
15. Bolshakov V.A., Konstantinov Yu.M., Popov V.N., Dadenkov V.Yu. *Spravochnik po gidravlike*. K.: Vischa shkola, 1977. 280 p.
16. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. *Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov himicheskoy tehnologii*. 2-e izd. M.: Ltd «RusMediaKonsalt», 2004. 576 p.
17. Epoyan S.M., Yarkin V.A., Sukhorukov G.I., Sizova N.D. Improving sedimentation efficiency through the use of an improved design mixer in the preparation of drinking water. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*. Kharkiv: KhNUBa, KhOTV ABU, 2019. Vol. 95, №1. P. 181-187. doi: 10.29295/2311-7257-2019-95-1-181-187
18. Epoyan S., Sukhorukov G., Yarkin V. Intensification of the work of partition mixer of the corridor type. *Problems of water supply, sewerage and hydraulic*. K.: KNUCA. 2017. №. 28. P. 153 – 159.

Эпоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркин В.А., Исакиева О.Г., Сорокина В.Е. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ВИХРЕВОГО СМЕСИТЕЛЯ. В современное время наиболее распространены реагентные технологические схемы очистки природных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения, которые используют различные реагенты. Для смешивания реагентов с природной водой используют смесители. Смесители могут быть гидравлическими и механическими. В нашей стране отдается предпочтение гидравлическим смесителям. Работа предусматривает интенсификацию работы вихревого смесителя, который относится к гидравлическим смесителям. Для интенсификации смешивания природной воды с реагентами и улучшения качества ее очистки предложен метод повышения эффективности работы вихревых смесителей за счет конструктивных изменений и возможности введения нескольких видов реагентов в один смеситель. На основе этого разработана методика исследования вихревого смесителя усовершенствованной конструкции. Предложенная методика исследования вихревого смесителя усовершенствованной конструкции и приведены экспериментальные его исследования. Предложенная конструкция усовершенствованного вихревого смесителя позволяет смешивать несколько реагентов с природной водой, интенсифицировать процесс смешивания и улучшить ее качество.

Ключевые слова: усовершенствованный вихревой смеситель, интенсификация, смешение, природная вода, реагенты

Epoyan S., Sukhorukov G., Yarkin V., Isakieva O., Sorokina V. IMPROVED WORK OF VORTEX MIXER. The most common reagent technological schemes for natural water treatment for drinking water supply include devices, which mix different reagents. Mixers are used to mix reagents with natural water. Mixers can be hydraulic and mechanical. In our country hydraulic mixers are preferred. This article is shown the study of intensification the vortex mixer, which belongs to the hydraulic mixers. To intensify the mixing of natural water with reagents and improve the quality of its clarification, a method of increasing the efficiency of vortex mixers due to design changes and the possibility of introducing several types of reagents in one mixer is presented. The method of research of the vortex mixer with improved design is offered and its experimental researches are shown. The proposed design of vortex mixer allows you to mix several reagents with natural water and intensify the mixing process.

Keywords: improved vortex mixer, intensification, mixing, natural water, reagents.