

Таблиця 2 – Параметри роботи насосної станції (при роботі насоса № 2)

Режим водо-розбору	Витрата, м <sup>3</sup> /годину		Тривалість режиму, година		Спожита потужність, кВт	
	середн	макс	середн	макс	середн	макс
мінімальний	0,54	1,08	8,0	4,5	7,0	5,0
середній	1,62	2,16	1,3	0,9	1,6	1,2
інтенсивний	3,24	4,32	0,6	0,8	0,9	1,23
піковий	6,48	8,64	0,1	0,2	0,22	0,44
<b>Разом</b>	-	-	<b>10</b>	<b>6,4</b>	<b>9,72</b>	<b>7,87</b>

Запропонована методика вибору системи водопостачання дозволяє підвищити надійність систем водопостачання будинків із підвищеною комфортністю.

1. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч 2. Водопровод и канализация / Ю.И. Саргин Л.И. Друскин, И.Б. Покровская и др.: под ред. И.Г. Старовойра и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.

2. Кожин И.В., Добровольский Р.Г. Устранение потерь воды при эксплуатации систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1988. – 348 с.

3. Душкин С.С. Научно-техническое обоснование норм холодного и горячего водоснабжения (на примере г.Харькова) // Доклад на III Всеукраинской научно-практической конференции «Всемирный день водных ресурсов–2003». – С. 18-21.

4. Сліпченко В.О. Скорочення втрат питної води із систем водопостачання. – К. – Державний інститут ЖКГ Держбуду України. – 1999. – 124 с.

5. Насонкина Н.Г. Повышение экологической безопасности систем питьевого водоснабжения. – Макевка: ДонНАСА, 2005. – 181 с.

*Отримано 29.01.2013*

УДК 628.16

С.М.ЭПОЯН, д-р техн. наук, С.С.ДУШКИН

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

## РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АКТИВАТОРА РЕАГЕНТОВ

Рассматриваются вопросы расчета и проектирования активатора реагентов, используемого для повышения эффективности очистки природных вод в системах водоснабжения.

Розглядаються питання розрахунку та проектування активатора реагентів, що використовуються для підвищення ефективності очищення природних вод в системах водопостачання.

The questions of calculation and planning of the activator reagents, which used for the increase of efficiency of treatment of natural waters in the water systems, are examined.

*Ключевые слова:* очистка воды, активированные растворы, коагуляция, активатор реагентов.

Анализ работы очистных сооружений показал, что недостатками реагентного осветления и обесцвечивания воды являются значительные

габариты реагентного хозяйства, большой расход реагента, особенно при низких температурах, а также в период весеннего паводка и цветения воды. В это время сооружения работают с большой нагрузкой, нередко не обеспечивают требуемую степень очистки воды и расчетную производительность очистных сооружений [1].

Использование активированных растворов реагентов показало, что обработка воды активированными растворами коагулянта позволяет снизить их дозы, повысить качество осветления воды, увеличить производительность очистных сооружений, уменьшить размеры реагентного хозяйства очистных сооружений водопровода [2].

Целью данной работы является разработка методики расчета и проектирования активатора реагентов, предусматривающего последовательную активацию исходного раствора коагулянта магнитным полем и электрокоагуляцию.

Методика расчета активатора реагентов апробирована на опытном образце на очистных сооружениях водопровода [3, 4].

Схема магнитного активатора приведена на рис. 1. Устройство состоит из цилиндрического магнитопроводящего корпуса 1 и установленной на нем магнитной системы, включающей полюсные наконечники 2, 3, сердечник 4, намагничивающую катушку 5 и диамагнитную плиту 6 с гидроизолирующими прокладками 7. Полюсные наконечники 2 соединены с корпусом и сердечником 4. Другой полюсный наконечник 3 соединен с корпусом 1 через диамагнитную плиту 6, имеющую гидроизолирующие прокладки 7.

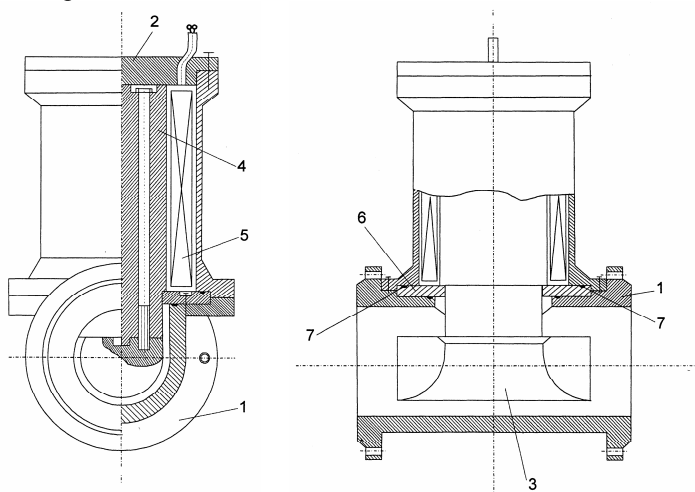


Рис. 1 – Устройство для магнитной обработки раствора

Работает устройство следующим образом: при подаче тока на намагничивающую катушку 5 по ее обмотке протекает электрический ток, вызывающий возникновение магнитного потока в сердечнике 4 и в полюсных наконечниках 2, 3. Магнитный поток, проходя через сердечник 4, полюсный наконечник 2, корпус 1 и противоположный наконечник 3, образует замкнутую магнитную цепь, что дает возможность подвергнуть обрабатываемую жидкость воздействию магнитного поля.

После воздействия на раствор коагулянта магнитного поля последний направляется в специальный электрокоагулятор, конструктивная схема которого приведена на рис. 2. Электрокоагулятор раствора коагулянта состоит из 2-х секций, через которые последовательно пропускается омагнитненный раствор коагулянта, который насыщается анодно-растворенным железом.

Корпус электрокоагулятора и крышка изготовлены из оргстекла толщиной 20-30 мм. Внутри корпуса расположены переливная и проходная переключки из оргстекла. В крышке корпуса электрокоагулятора имеются штуцера и втулки для отвода водорода и подвода провода для подачи тока на анодные пластины. Траверса электрокоагулятора служит для соединения в пакет металлических анодных пластин и подачи на них электропитания.

Склеивание отдельных деталей выполнено дихлорэтаном, анодные пластины в количестве 6 штук изготовлены из стали Ст3 толщиной 5мм.

В качестве электрокоагулятора могут быть использованы пластинчатые и другие электролизеры.

Активатор реагентов устанавливается на реагентопроводе перед подачей раствора коагулянта в смеситель [5].

Расчет магнитных параметров активаторов реагентов экспериментальной установки проводим для одной намагничивающей катушки, которая создает самостоятельный магнитный контур.

Расчет выполняли на основе законов магнитной цепи. Отдельные участки магнитной цепи рассчитывали, исходя из заданного значения напряженности магнитного поля в рабочей зоне и фактической индукции в отдельных участках магнитопровода (рис. 3).

Падение магнитного потенциала определяли по уравнению:

$$Hl = \frac{\Phi}{\mu \cdot S} \cdot l = F, \quad (1)$$

где  $H$  – напряженность магнитного поля, кА/м;  $l$  – длина рассматриваемого участка магнитопровода, см;  $\Phi$  – магнитный поток, Вб;  $\mu$  – магнитная проницаемость материала участка магнитопровода или воздуш-

ного зазора,  $\frac{\text{Вб}}{\text{А/см}}$ ;  $S$  – сечение расчётного участка магнитопровода,

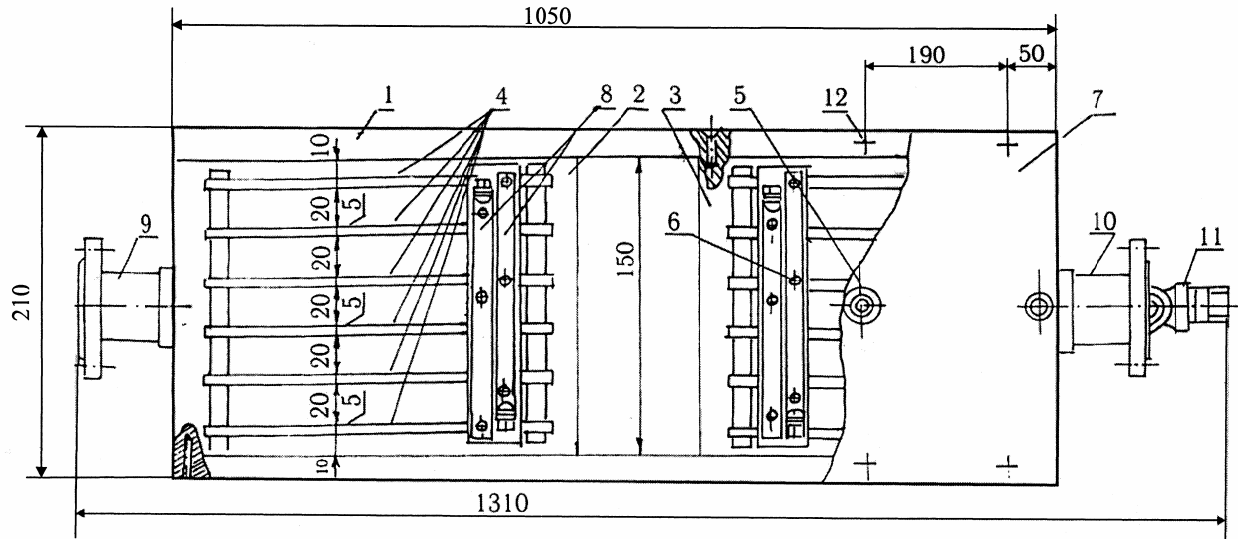


Рис. 2 – Схема электрокоагулятора реагента

- 1 – корпус электрокоагулятора; 2, 3 – перемычка переливная и проходная; 4 – пластина;  
 5 – штуцер для отвода водорода; 6 – втулка; 7 – крышка; 8 – соединительная клемма;  
 9, 10 – выпускной и впускной патрубков; 11 – сливной кран; 12 – крепежные болты

см<sup>2</sup>;  $F$  – намагничиваюча сила катушки електромагнітної системи активатора, А.

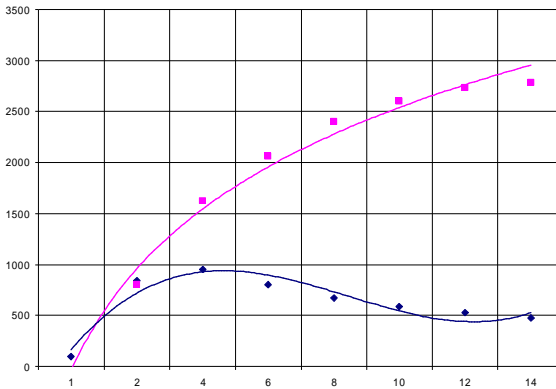


Рис. 3 – Зависимость индукции и магнитной проницаемости для стали Ст2 и Ст3

- ◆ магнитная индукция, В(гс=10<sup>-8</sup>Вб/см<sup>2</sup>),
- магнитная проницаемость, μ(10<sup>-8</sup>Вб/А см)

Намагничивающую силу катушки электромагнита, необходимую для создания магнитного потока в рабочем зазоре активатора, определили по отношению:

$$F = \frac{\sum \Phi}{\sum G}, \quad (2)$$

где  $F$  – намагничивающая сила катушки электромагнитной системы активатора, А;  $\sum \Phi$  – суммарный расчётный магнитный поток одного магнитного контура, Вб;  $\sum G$  – суммарная проводимость магнитной цепи, Вб/А.

Исходя из заданной напряженности магнитного поля, в рабочей зоне активатора определяли: магнитный поток ( $\Phi_3$ ), поток в краевых зазорах ( $\Phi_{кр}$ ) и магнитный поток утечки ( $\Phi_y$ ) по уравнению

$$\sum \Phi = \Phi_3 + \Phi_{кр} + \Phi_y. \quad (3)$$

Магнитную проводимость ферромагнитных участков магнитной цепи активатора (внешний магнитопровод, сердечник) рассчитывали по формуле:

$$G = \mu_{ст} \frac{S_M}{L_{сМ}}, \quad (4)$$

где  $G$  – магнитная проводимость ферромагнитного участка магнитопровода, Вб/А;  $\mu_{ст}$  – магнитная проводимость стали при соответствующей индукции "В", принимаемая по кривым относительно магнитной индукции согласно рис. 3;  $S_M$  – площадь сечения магнитопровода, см<sup>2</sup>;  $L_{см}$  – длина магнитопровода, см.

Магнитную проводимость воздушных зазоров определяли по формуле:

$$G = \mu_o \frac{q_n}{\delta}, \quad (5)$$

где  $G$  – проводимость воздушного зазора, Вб/а;  $q_n$  – сечение магнитного потока, см<sup>2</sup>;  $\delta$  – зазор (величина пути линии магнитного поля в воздухе),

см;  $\mu$  – магнитная проницаемость воздуха,  $\frac{Вб}{А/см}$  ( $\mu=1,26 \cdot 10^{-8} \frac{Вб}{А/см}$ ).

Расчет проводимости воздушных зазоров отдельных участков магнитной цепи (включая проводимость краевых зазоров) выполняли по формулам [3].

Проводимость фигуры, имеющей форму четверти цилиндра, определяли по формуле:

$$G = \mu_o \cdot 0,52 \cdot l, \quad (6)$$

четверть полого цилиндра:

$$G = \mu_o \frac{2l}{\pi \left( \frac{\delta}{m} + 0,5 \right)}, \quad (7)$$

где  $l$ ,  $\delta$  – конструктивные размеры магнитопровода;  $m$  – коэффициент, принимаемый в пределах 1-2.

Намагничивающую силу катушки электромагнитов определяли с коэффициентом запаса ( $K_3= 1,2$ ) на неучтенные потоки утечки и др.

$$F = \sum \Phi \cdot \sum R \cdot K_3, \quad (8)$$

где  $\Phi$  – намагничивающая сила катушки, А;  $\sum \Phi$  – суммарный расчетный магнитный поток одного магнитного контура, Вб;  $\sum R$  – суммарное магнитное сопротивление одного магнитного контура, А/Вб;  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий неучтенные магнитные потоки и потоки рассеивания.

Расчет намагничивающей катушки состоял в определении:

– сечения обмоточного провода:

$$S_M = \frac{F \cdot l_{cp} \cdot \rho}{U_n}, \quad (9)$$

где  $S_m$  – сечение провода (меди), мм<sup>2</sup>;  $F$  – намагничивающая сила катушки электромагнита, А;  $l_{cp}$  – средняя длина одного витка намоточного провода, м;  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление материала провода (медь), Ом·мм<sup>2</sup>/м;  $U_n$  – номинальное напряжение источника питания, В;

– числа витков катушки:

$$W = \frac{F}{\gamma \cdot S_n}, \quad (10)$$

где  $F$  – намагничивающая сила катушки, А;  $\gamma$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;  $S_n$  – сечение обмоточного провода, мм<sup>2</sup>;

$$W_p = \frac{b}{K_{\text{вын}} \cdot d_n}, \quad (11)$$

где  $b$  – конструктивный размер каркаса, мм;  $d_n$  – диаметр намоточного провода с изоляцией, мм;  $K_{\text{вын}}$  – коэффициент неравномерности укладки ( $K_{\text{вын}} = 1,1-1,2$ );

– количества слоев провода намагничивающей катушки:

$$n = \frac{W}{K_y \cdot W_p}, \quad (12)$$

где  $K_y$  – коэффициент запаса укладки;

$R_k$  – сопротивления катушки, Ом:

$$R_k = \rho \frac{l_{cp} \cdot W}{S_n}, \quad (13)$$

$I$  – силы расчетного тока (А) и потребляемой мощности (Вт):

$$I = \frac{U_n}{R_k}, \quad (14)$$

$$P = m \cdot I \cdot U_n, \quad (15)$$

где  $m$  – количество намагничивающих катушек.

Электрические и другие параметры электрокоагулятора магнитного активатора определяли по методике, описанной нами ранее. При этом сила тока, подаваемая на электрокоагулятор, должна быть достаточной для получения необходимого количества анодно-растворенного железа в соответствии с технологическими картами магнитно-электрической активации растворов реагентов. Для активатора реагента на основании эксплуатационных испытаний разработаны специальные номограммы для выбора силы тока, подаваемого на электрокоагулятор, концентрации алюмосодержащего коагулянта и расчетного насыщения раствора анодно-растворенным железом (рис. 4,5).

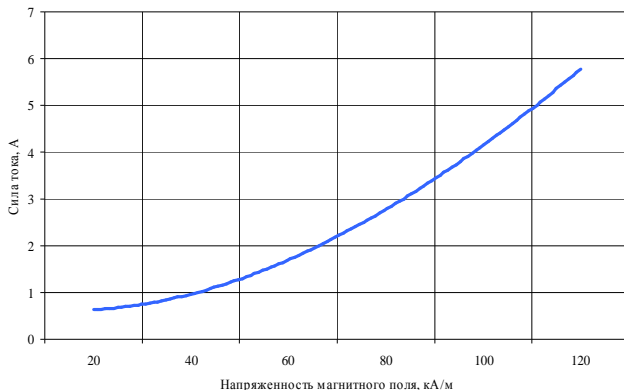


Рис. 4 – Изменение напряженности магнитного поля в рабочем зазоре активатора реагентов в зависимости от силы тока, подаваемого на намагничивающую катушку

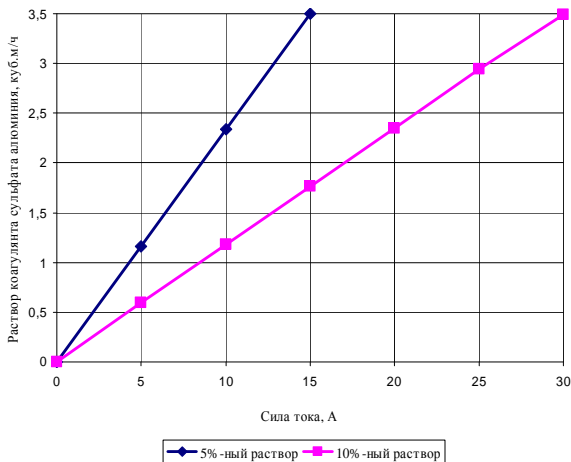


Рис. 5 – Номограммы для выбора силы тока, подаваемого на электрокоагулятор активатора реагентов при разной концентрации алюмосодержащего коагулянта

**Выводы:**

1. Для активации растворов реагентов, используемых в процессе очистки воды, разработано специальное устройство, предусматривающее последовательную активацию исходного раствора магнитным полем и электрокоагуляцией.
2. Активатор реагентов устанавливается на реагентопроводе перед подачей раствора коагулянта в смеситель.
3. Методика расчета активатора реагентов апробирована на опыт-



ном образце на водопроводных сооружениях.

1. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. Підручник. – К.: «Знання», 2008. – 735 с.
2. Эпоян С.М., Душкин С.С. Влияние активированных растворов сульфата и оксихлорида алюминия на эффективность осветления воды // Научный вестник строительства. – Харьков: ХНУБА, 2012. – Вып. 69. – С. 348-352.
3. Душкин С.С. Методические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянтов в процессе очистки воды // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Харків: ХНАМГ, 2012. – Вып. 105. – С. 320-334.
4. Эпоян С.М., Душкин С.С. Активированные растворы реагентов в процессах очистки природных вод // Программа и тезисы докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 126.
5. Эпоян С.М., Душкин С.С. Технологические схемы очистки воды, условия их применения // Виробнично-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». – К.; 2012, №4. – С 8-10.

Получено 25.01.2013

УДК 628.3

Е.О.ГРАФОВА, канд. техн. наук

*Петрозаводский государственный университет (Российская Федерация)*

## **МОДЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА «СУХИХ» ФИЛЬТРАХ**

Для очистки дождевых стоков с поверхности автотрасс в условиях северо-запада перспективно применение многослойных фильтров малой толщины. Для обоснования эффективности работы тонкослойного фильтрования используется аппарат теории «динамики сорбции». Рассматриваются оптимальные сорбционные материалы.

Для очищення дощових стоків з поверхні автотрас в умовах північного заходу перспективне застосування багатослойових фільтрів малої товщини. Для обґрунтування ефективності роботи тонкошарового фільтрування використовується апарат теорії «динаміки сорбції». Розглядаються оптимальні сорбційні матеріали.

Clearing of highways surface rain drains in the conditions of the northwest application is perspective with multilayered filters of a small thickness. For an overall performance substantiation thin layer filtering is used the theory «sorption dynamic» device. Optimum for application sorption materials are considered.

*Ключевые слова:* «сухое» фильтрование, тонкослойное фильтрование, многослойное фильтрование, очистка от нефтепродуктов, малые загородные объекты.

В последние годы «сухое» фильтрование все чаще доказывает свои ресурсосберегающие и функциональные преимущества перед другими видами фильтрования. Ряд внедрений «сухих» фильтров для очистки производственных сточных вод от автомоек и загрязненных дождевых вод продемонстрировал перспективу при удалении нефтепродуктов и взвешенных веществ. В работе [1] показана высокая эффективность применения технологии «сухого» фильтрования (СФ) при инженерном