

Архитекторы и дизайнеры, в своем творческом процессе руководствуясь законами зрительного восприятия, могут избежать, крупных просчетов в формировании городской визуальной среды.

#### **Выводы**

1. Учитывая вышеизложенное с уверенностью можно сказать, что в проектировании городской среды видео экология играет важную роль. Это один из важнейших аспектов в градостроительстве и проектировании транспортных средств.

2. Можно утверждать, что удачными будут проекты, в которых выполняются все нормы зрительного восприятия.

3. На данном этапе развития общества встает острая необходимость в изменении уже существующих неблагоприятных зон и в исправлении допущенных в архитектурном дизайне ошибок.

#### **Литература**

1. Дмитриева Н. Краткая история искусств. -М.: АСТ-пресс, 2000
2. Иоханнес Иттен. Искусство цвета, -М.: Д.Аронов, 2001
3. Ефимов А.В. Колористика города. -М.: Стройиздат, 1990
4. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что для глаза плохо. -М.: МЦ Видео экология, 1997
5. Филин В.А. Автоматия саккад. М. Изд-во МГУ, 2002.

### ***Массоперенос при электромембранном разделении водных систем***

к.х.н. проф. Беренгартен М.Г., к.т.н. Гуляева Е.С.

*Университет машиностроения*

*8(499)267-07-02 berengarten@msuie.ru, egulyaeva@mail.ru*

*Аннотация.* Представлены результаты экспериментальных исследований массообменных характеристик электромембранных систем. Установлено влияние гидравлических характеристик, конструктивных параметров ячейки и начальной концентрации на коэффициент массопереноса.

*Ключевые слова:* *электродиализ, массоперенос*

#### **Введение**

Описание процесса массопереноса в растворах электролитов при протекании электрохимических реакций необходимо для расчета и прогнозирования работы электродиализных аппаратов, выбора оптимального режима при сохранении высокой экологичности и минимальных затрат на процесс разделения водных систем заданной концентрации с заданной производительностью.

Из условия материального баланса электродиализной ячейки следует, что эффективность процесса прямо пропорциональна коэффициенту массопереноса:

$$\ln \frac{C_0}{C_k} = \frac{DS}{\delta W} = k \frac{S}{W},$$

где  $C_0$ ,  $C_k$  – концентрации раствора на входе и выходе из камеры;  $D$  – коэффициент диффузии;  $\delta$  – толщина диффузионного слоя;  $W$  – объемная скорость потока раствора;  $S$  – рабочая поверхность мембраны;  $k$  – коэффициент массопереноса.

Для гибкого управления процессом электромембранного разделения водных систем необходимо понимать механизмы массопереноса в мембранных каналах, а именно влияние природы ионогенных групп мембран, конструкции каналов и технологических параметров на скорость массопереноса.

#### **Постановка задачи**

Поскольку отсутствует единый подход к определению массообменных характеристик

электромембранных систем, каждый раз возникает необходимость проводить экспериментальные исследования по определению влияния параметров электромембранных систем, таких как скорости течения жидкости через камеры аппарата, напряжения на парной камере аппарата, входной концентрации обессоливаемого раствора, длины канала обессоливания на эффективность массопереноса.

Целью данной работы было определение характера зависимости эффективности массопереноса от параметров процесса.

Экспериментальное определение эффективности массопереноса от технологических параметров проводили в гальваностатическом режиме, на модельных растворах  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ( $C_0 = 0,005 \div 0,1\text{M}$ ), при плотности тока  $i/i_{\text{lim}} = 1$ , при скорости потока  $w = 0,01 \div 0,28$  м/с. Каналы электродиализатора образованы ионообменными мембранами МК-40/МА-40, содержащими турбулизаторы. Характеристики электромембранных каналов представлены в табл.1.

Таблица 1

### Характеристики электромембранных каналов

№	Тип турбулизатора	$t_s, \text{мм}$	$l/t_s$	$K$	$n$	$A$	$m$
«Просечка вытяжка», ромбическая ячейка							
1	Поперек потока	0,7	4,3	0,82	0,46	12	0,28
2	Вдоль потока	0,7	11,4	0,76	0,5	32	0,46
Сетка, полученная методом экструзии, ромбическая ячейка							
3	Поперек потока	0,5	6	0,662	0,58	16	0,312
4	Вдоль потока	0,5	12	0,646	0,52	24	0,4
«Пустой канал»							
	-	-	--	0,508	0,33	92	1

$t_s$  – толщина турбулизатора;  $l$  – расстояние между поперечными связями турбулизатора;  $K$ ,  $A$ ,  $n$ ,  $m$  – параметры уравнений (3.7) и (3.9); Диапазон изменения критериев:  $17 \leq \text{Re} \leq 500$ ;  $1000 \leq \text{Sc} \leq 1400$ ;  $3 \leq \text{Sh} \leq 94$ ;  $1,4 \cdot 10^{-2} \leq 2h/L \leq 4,3 \cdot 10^{-2}$

### Обработка результатов

Обработку результатов эксперимента проводили следующим образом:

1) Определение степени обессоливания  $\gamma = \frac{C_0 - C_k}{C_0}$ ,  $C_0$  – концентрация на входе в канал,

$C_k$  – концентрация на выходе из канала.

2) Определение коэффициента массопереноса  $k = \gamma W / S$ ,  $W$  – объемная скорость через камеру обессоливания,  $S$  – рабочая площадь мембраны.

3) Связь между числом Шервуда и коэффициентом массопереноса  $Sh$  и  $k$ :  $k = ShD/h$ .

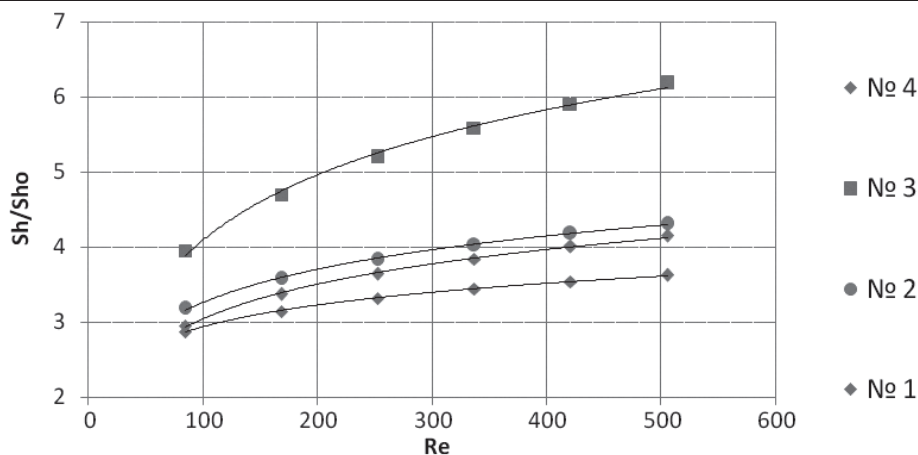
4) Число Шервуда  $Sh = \frac{i_{\text{lim}} \cdot d_{\text{экр}} \cdot (\bar{t}_i - t_i)}{F \cdot D \cdot C} = \frac{d_{\text{экр}}}{\delta}$ .

В общем виде эффективность массопереноса можно записать в критериальной форме

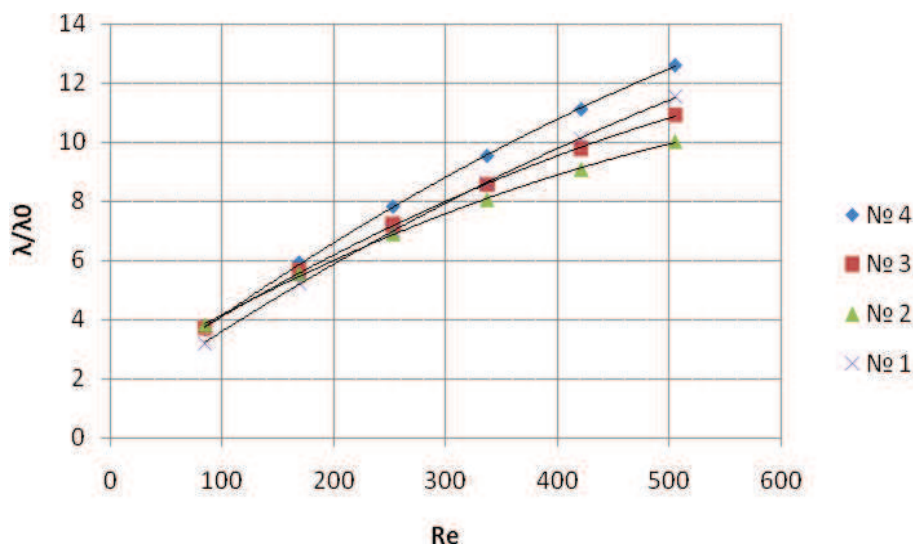
$$Sh = K \text{Re}^n \text{Sc}^{1/3} (2h/L)^{1/3},$$

где  $\text{Re} = 2h\bar{w}/\nu$ ,  $\text{Sc} = \nu/D$  – числа Рейнольдса и Шмидта;  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости;  $A$  – коэффициент, зависящий от геометрии канала и гидродинамического режима;  $n$  – определяется гидродинамическим режимом течения (табл.1).

5) Коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda = A/\text{Re}^m$  (табл.1).



**Рисунок 1. Зависимость числа Шервуда нормированного на число Шервуда в «пустом канале» от числа Рейнольдса**

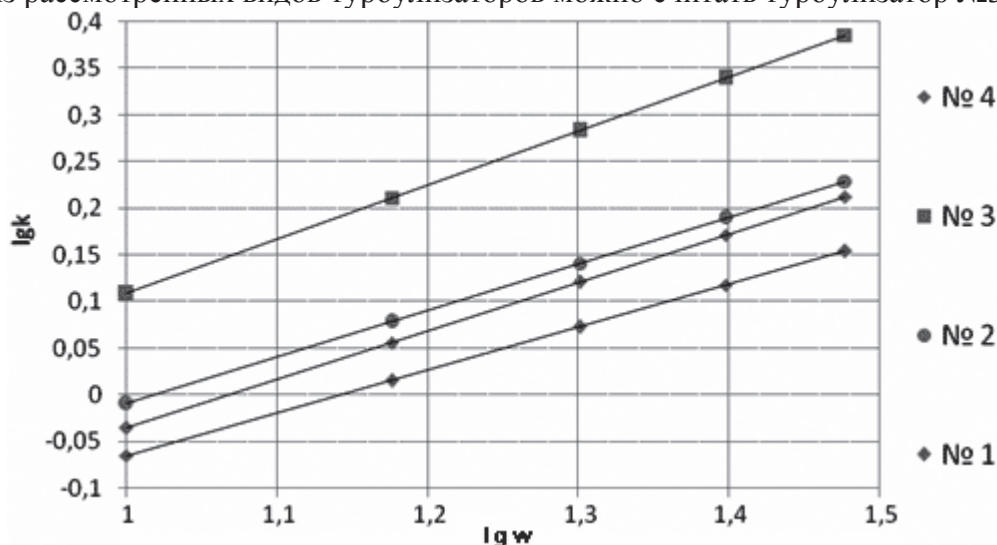


**Рисунок 2. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления нормированного на коэффициент гидравлического сопротивления в «пустом канале» от числа Рейнольдса**

#### Обсуждение результатов

Массообменные характеристики различных мембранных каналов представлены на рисунке 1. Числа Шервуда  $Sh$  для каждого из каналов нормированы на число  $Sh_0$  для мембранного канала без наполнителя. Отношение  $Sh/Sh_0$  показывает во сколько раз массоперенос в исследованном мембранном канале превосходит массоперенос в канале без наполнителя. Роль различных турбулизаторов и влияние на эффективность массопереноса подробно были рассмотрены ранее в работе [1]. Анализируя влияние геометрических характеристик турбулизаторов, можно отметить, что при увеличении скорости потока степень экранирования поверхности массообмена уменьшается, что положительно влияет на эффективность массопереноса. Из полученных результатов видно, что наилучшими массообменными характеристиками обладает канала с турбулизатором №3. Процесс массообмена в электромембранной системе тесно связан с гидродинамической обстановкой внутри ячейки. На рисунке 2 представлены зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса. Видно, что коэффициент гидравлического сопротивления в канале с турбулизатором №3 не существенно отличается от коэффициентов гидравлического сопротивления для каналов с

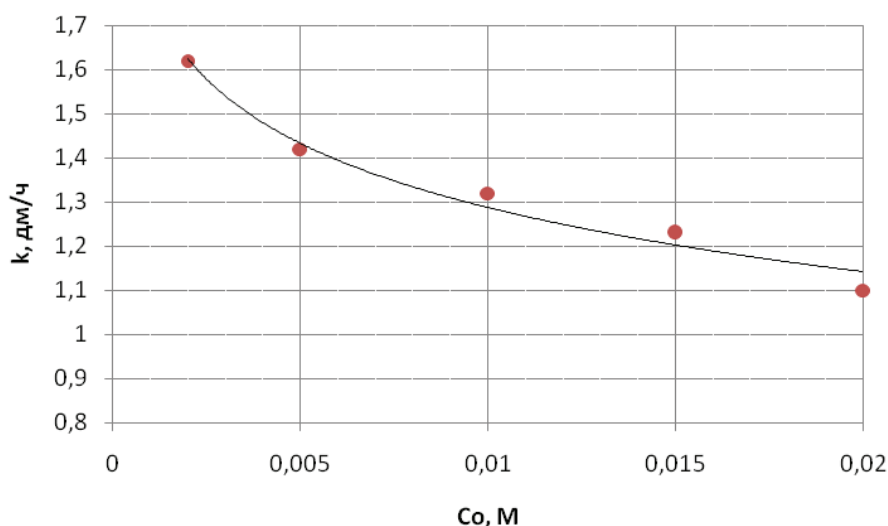
турбулизаторами №1 и №2. Таким образом, можно прийти к выводу, что наиболее универсальным из рассмотренных видов турбулизаторов можно считать турбулизатор №3.



**Рисунок 3. Зависимость коэффициента массопереноса от скорости потока (в логарифмических координатах)**

Для каналов с турбулизаторами различной конструкции, состоящих из мембран с одинаковой природой ионогенных групп (в нашем случае МК-40/МА-40), зависимости коэффициента массопереноса от гидродинамической обстановки обобщаются подобными кривыми, независимо от скорости потока (рисунок 3). В работе [2] обсуждается вопрос влияния природы ионогенных групп на эффективность процесса, представлены результаты массопереноса ионов соли и среды.

На рисунке 4 представлена зависимость коэффициента массопереноса от концентрации разделяемого раствора на входе в ячейку. Видно, что рост начальной концентрации обрабатываемого раствора приводит к увеличению затрат на проведение процесса.



**Рисунок 4. Зависимость коэффициента массопереноса от начальной концентрации раствора (турбулизатор № 3)**

Оценив с помощью экспериментальных данных влияние на коэффициент массопереноса гидравлических величин, проанализировав его зависимость от конструктивных параметров, характерных для каждого отдельного вида турбулизатора, а также учитывая влияние на-

чальной концентрации, мы пришли к выводу, что зависимость коэффициента массопереноса от этих параметров можно представить в виде  $k = bw^n$ , где коэффициент  $b$  зависит от плотности тока и начальной концентрации раствора. Для каналов с турбулизаторами различной конструкции, образованных мембранами с одинаковой природой ионогенных групп, зависимости обобщаются подобными кривыми, независимо от скорости потока. Поэтому предметом дальнейших исследований является:

- 1) определение зависимости природы ионогенных групп на эффективность массопереноса, для возможности прогнозирования характеристик работы электродиализаторов;
- 2) определение оптимальных параметров турбулизаторов;
- 3) определение массообменных характеристик электродиализаторов при разделении многокомпонентных водных систем.

#### Литература

1. Гуляева Е.С., Беренгартен М.Г. Гидродинамические приемы интенсификации процесса обессоливания для электродиализаторов с тонкими каналами. Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2010. - №10. – с.3-6.
2. Беренгартен М.Г., Гуляева Е.С. Перенос ионов через ионообменные мембраны в процессе электродиализного концентрирования. Вода: химия и экология. – 2011 - №10 с. 77-81.

#### **О повышении надежности технологического оборудования мусороперерабатывающих предприятий**

д.т.н. проф. Гонопольский А.М., к.т.н. проф. Мурашов В.Е., Федорова А.В.  
*Университет машиностроения*  
*amgonopolsky@mail.ru*

*Аннотация.* В представленной работе методами теории надежности и вариационного исчисления поставлена и решена задача повышения работоспособности промышленного оборудования на предприятиях по переработке твердых бытовых отходов. Экспериментальной базой для исследований послужили реальные данные по наработке на отказ машин и аппаратов действующих мусороперерабатывающих предприятий Москвы. Результаты работы позволяют выбирать эксплуатационные режимы, соответствующие максимальной надежности оборудования.

*Ключевые слова:* надёжность оборудования, переработка ТБО

Современные территориальные системы переработки ТБО представляют собой комплекс предприятий, использующих взаимодополняющие методы и технологии, обеспечивающие нормативную степень обезвреживания отходов на обслуживаемой территории. В Москве эта система реализована на государственном унитарном предприятии «Экотехпром», которое включает в себя специализированные автотранспортные предприятия, полигоны, мусороперегрузочные и мусоросортировочные станции, мусоросжигательные заводы, обеспечивающие прием на обезвреживание более, чем 80% ТБО города. При этом совокупности и предприятий и основных технологических аппаратов образуют технологические линии вертикального типа, т.е. на них реализуется единый технологический процесс. Отказ одного звена в технологической цепи влечет за собой остановку всего производства на линии и внештатное переключение потоков ТБО на аналогичные линии других производств с целью обеспечения экологической безопасности города. Требования к надежности оборудования в сфере обращения с отходами, в силу важности их для экологической безопасности города, определяют необходимость анализа надежности и минимизации количества отказов по всем технологическим процессам мусороперерабатывающих предприятий.