

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ И СТОКОВ ПРОИЗВОДСТВ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА И ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЙ**

С. В. Ковалев, С. И. Лазарев, М. А. Кузнецов, Р. В. Попов

*Кафедра «Прикладная геометрия и компьютерная графика»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; sseedd@mail.ru*

Ключевые слова: мембрана; разделение; раствор; промывная вода; электробаромембранные процессы.

Аннотация: Рассмотрены технологические особенности оформления электробаромембранных процессов очистки промышленных растворов и стоков производств электрохимического синтеза и гальванопокрытий. Представлены принципиальные схемы электробаромембранного разделения промывных вод электрохимического синтеза альтакса ($2,2'$ -дibenзтиазолил-дисульфид) на примере трехсекционной и рециркуляционной установок с охлаждением и без, при использовании мембранных аппаратов с одной полупроницаемой поверхностью. Предложены принципиальные схемы электробаромембранного разделения промышленных растворов, содержащих растворенные неорганические вещества с принудительным охлаждением и без, при использовании мембранных аппаратов с двумя полупроницаемыми мембранами. Разработаны принципиальные схемы электробаромембранного разделения промышленных растворов и стоков, содержащих растворенные неорганические вещества, с принудительным охлаждением и без, на примере двухступенчатых схем обработки растворов для аппаратов с одной полупроницаемой поверхностью.

Процессы мембранного разделения растворов используются во многих отраслях промышленности: пищевой, metallургической, микробиологической, химической и др. Их применение оправдано тем, что они позволяют при определенном конструктивном исполнении универсальных конструкций мембранных аппаратов проводить разделение, концентрирование и очистку технологических растворов и стоков [1 – 3].

Употребление перспективных конструкций электробаромембранных аппаратов в технологических схемах очистки стоков, концентрирования растворов и промывных вод после стадий отмыки целевых продуктов обосновано возрастанием объемов производства некоторых органических соединений, используемых в промышленности, так как они сочетают в себе достоинства мембранных и электромембранных процессов, например, направленное выделение определенных компонентов из растворов и задержка при этом других [4 – 6].

На основе анализа данных, полученных в работе [7, 8], известно, что процесс электробаромембранного разделения промывных вод производства альтакса наи-

более благоприятно проводить на прикатодной мемbrane марки ESPA, а при наложении электрического тока прианодная мембрана ESPA в результате электрохимического синтеза подвергалась забивке. Причем изложенные особенности говорят о том, что забитую в результате разделения мембрану, только незначительным образом можно регенерировать [9]. При учете полученных экспериментальных особенностей наложения электрического поля на процесс баромембранныго разделения промывных вод производства альтакса в работе [7] представлены следующие принципиальные схемы электробаромембранныго выделения веществ для схем трехсекционной и рециркуляционной установок.

Основное отличие разработанных принципиальных технологических схем электробаромембранныго разделения стоков и промывных вод от непрорегагировавших в них веществ, является наличие на выходе из электробаромембранныго аппарата прианодного ретентата и прикатодного пермеата, учитывающих с каким прикатодным или прианодным электродом протекает (прокачивается насосом) пермеат или ретентат при наличии или отсутствии около одного выбранного электрода мембраны [7].

Учитывая теоретические и практические особенности экспериментальных исследований по разделению промывных вод электрохимического синтеза альтакса, можно отметить, что электроды при наложении на систему мембрана-раствор электрического тока разогреваются [7]. В конечном итоге это может негативно (или позитивно) сказаться на процессе разделения исследуемого вида раствора, так как некоторые типы мембран при повышении температуры растворов, прокачиваемых над их поверхностью, подвергаются гидролизу. Конкретные рекомендации по температурам для промышленных типов мембран приводятся в специализированных каталогах научно-производственных центров и объединений, например ЗАО НТЦ «Владипор» [10, 11].

Нагрев электродов может негативно сказаться и на качестве прикатодного, прианодного пермеата, прикатодного пермеата и прианодного ретентата в схемах электробаромембранныго разделения некоторых видов растворов и стоков. С учетом этих особенностей для снижения негативного влияния гидролизующей способности мембран при воздействии (повышении) температуры предложены принципиальные технологические схемы разделения растворов, конкретно в вариантах трехсекционной и рециркуляционной установок (рис. 1) [11].

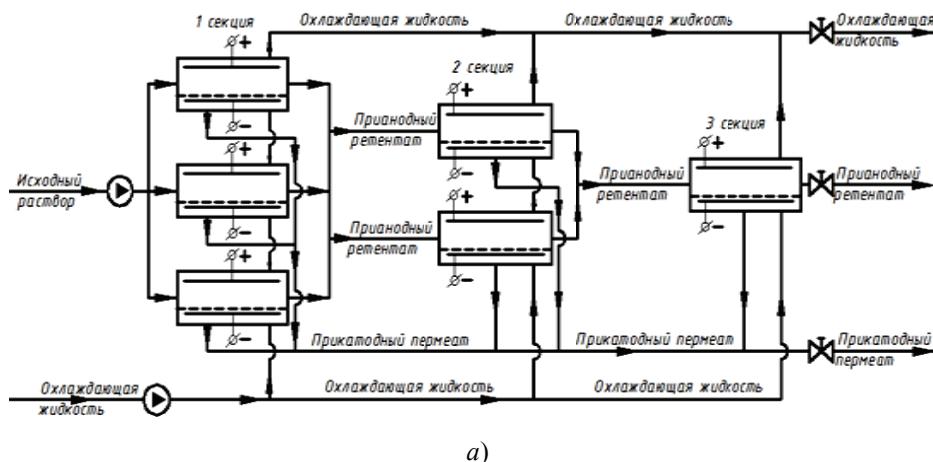


Рис. 1. Принципиальная схема электробаромембранныго разделения промывных вод электрохимического синтеза альтакса (2,2'-дibenзтиазолидисульфида):
a – трехсекционная с охлаждением

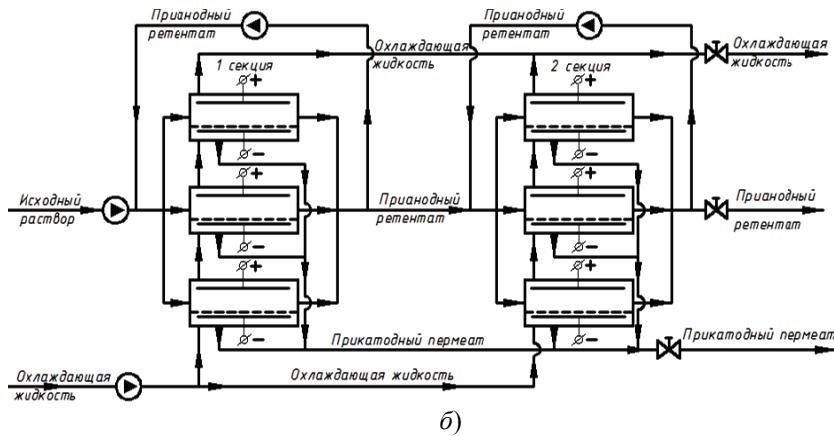


Рис. 1. Продолжение: б – рециркуляционная с охлаждением

Применение принципиальных схем электробаромембранныго разделения промывных вод электрохимического синтеза альтакса на примере трехсекционных и рециркуляционной схем разделения с охлаждением, позволит сэкономить материальные средства промышленного предприятия на установку теплообменной аппаратуры (кожухотрубчатый теплообменник, теплообменник «труба в трубе»), так как отпадет необходимость охлаждения пермеата после электробаромембранных аппаратов [11].

Для разделения промышленных растворов и сточных вод, содержащих преимущественно неорганические растворенные соли, необходимо применение схем электробаромембранных разделения на потоки прикатодного, прианодного пермеата и ретентата с охлаждением, так как число потоков в таком случае увеличивается до трех (1 – прикатодный пермеат, 2 – прианодный пермеат; 3 – ретентат) (рис. 2). Необходимость внедрения данных принципов электробаромембранного разделения является обоснованной, так как это позволит экономить материальные средства промышленного предприятия на установке дополнительных теплообменных аппаратов [11].

Варианты принципиальных схем электробаромембранных разделения растворов, содержащих растворенные неорганические вещества, с принудительным охлаждением представлены на рис. 2 [11].

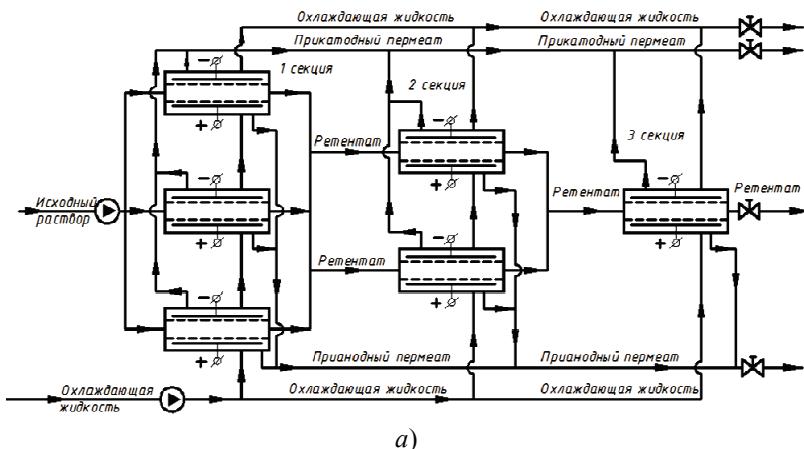


Рис. 2. Принципиальная схема электробаромембранных разделения промышленных растворов, содержащих растворенные неорганические вещества, с принудительным охлаждением: а – трехсекционная

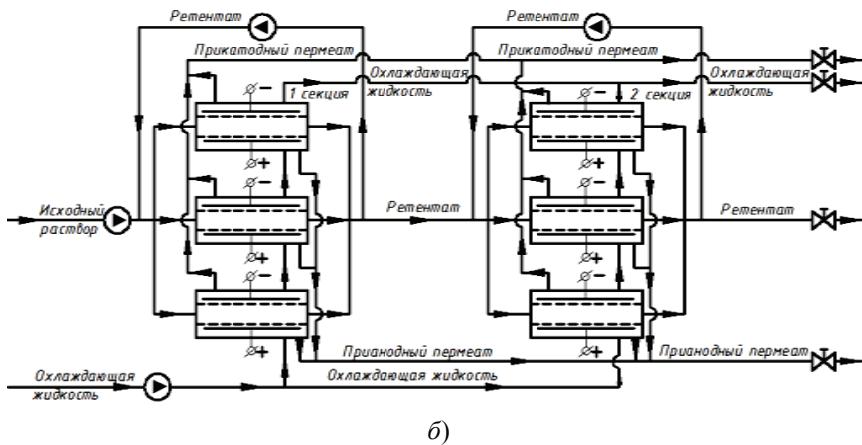


Рис. 2. Продолжение: б – рециркуляционная

Возможно применение принципиальных схем проведения процесса электробаромембранныго разделения растворов, представленных на рис. 3, например, после локальных ванн промывок гальванических производств.

Принципиальную схему проведения процесса электробаромембранныго разделения (см. рис. 3, а) можно применять для выделения металлов в виде соответствующих оснований в потоке прикатодного пермеата (натрий, калий) и кислот в виде прианодного ретентата (сульфаты, фосфаты и т.д.). Применяется установка (см. рис. 3, а) для разделения стоков и выделения веществ в один прогон, без возвращения потоков в тракт исходного раствора, подаваемого на первую ступень, так как нагрев раствора электродами будет влиять на качество первой ступени прикатодного пермеата и отразится на входе во вторую ступень схемы проведения процесса. Прикатодный пермеат будет разогрет и выходные параметры прикатодного пермеата второй ступени изменятся.

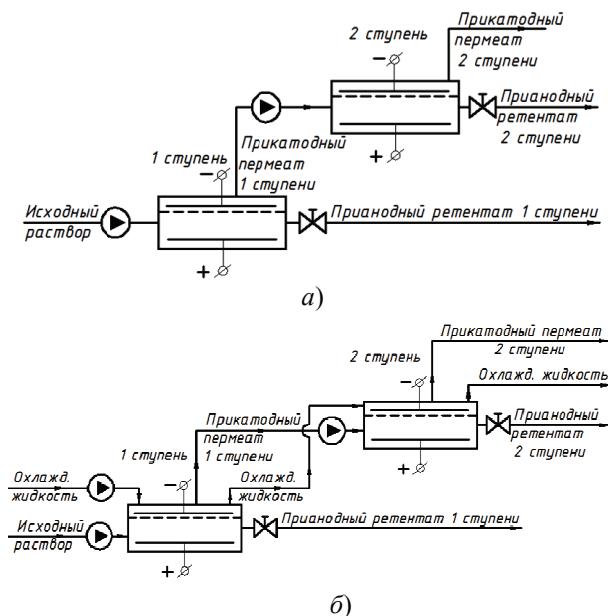


Рис. 3. Принципиальные схемы электробаромембранного разделения промышленных растворов и стоков, содержащих растворенные неорганические вещества:
а – без охлаждения; б – с принудительным охлаждением

При учете теоретического описания, представленного выше, (см. рис. 3, а) и необходимости функционирования данного принципа разделения и выделения веществ усовершенствована схема применением аппаратов принудительного охлаждения (см. рис. 3, б). Охлаждение прикатодного пермеата через теплопередающую стенку первой ступени вызывает нормализацию температурного режима для потока прикатодного пермеата второй ступени и позволяет отправлять полученный поток пермеата для дальнейшей обработки при необходимой рациональной температуре.

Аналогичные рассуждения применимы и к принципиальным схемам проведения процесса электробаромембранного разделения и выделения веществ из растворов и стоков (рис. 4).

Отметим, что для данных схем основным отличием является выделение металлов в виде соответствующих оснований в потоке прикатодного ретентата (никель, хром, цинк, олово, железо) и кислот в виде прианодного пермеата (сульфаты, фосфаты и т.д.). Теоретические рассуждения касаются и охлаждения прианодного пермеата при подключении электродов к источнику питания постоянного тока (см. рис. 4, б).

Наиболее благоприятным вариантом проведения процессов разделения растворов электробаромембранными методами является схема с открытым электродом, показавшая свою применимость для тех веществ, которые выпадают в осадок. Данные аппараты и схемы очистки можно использовать для малотоннажных схем производства химикатов-добавок для полимерных материалов на заводах производства резино-технических изделий.

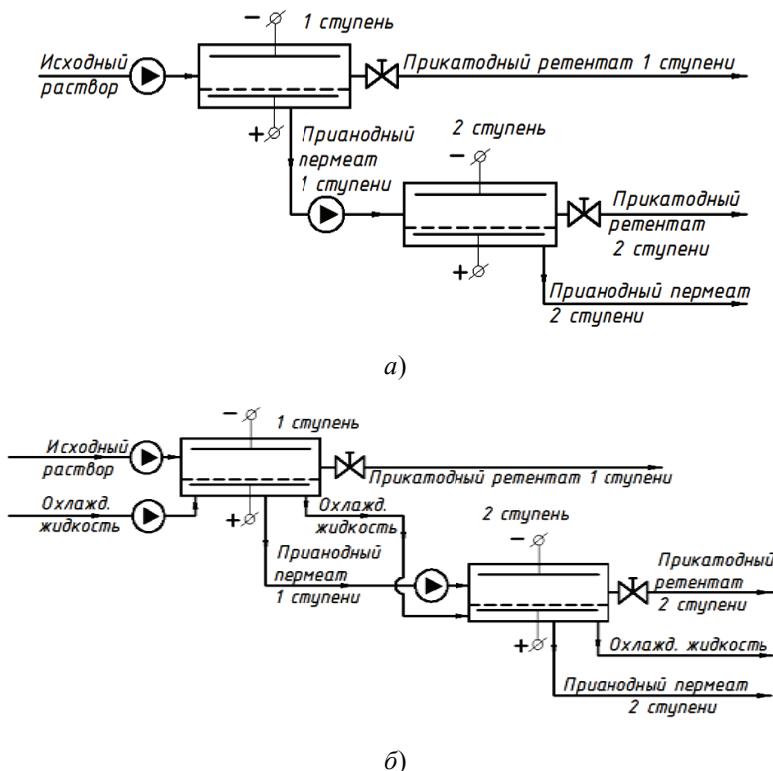


Рис. 4. Принципиальные схемы электробаромембранного разделения промышленных растворов и стоков, содержащих растворенные неорганические вещества:

а – без охлаждения; б – с принудительным охлаждением

Выводы: Представлены разработанные принципиальные схемы электробаромембранныго разделения и выделения компонентов из технологических растворов и стоков на примере электрохимических, машиностроительных производств.

Показано, что для применения разделения растворов необходимо использовать современную аппаратуру по мембранныму разделению растворов.

Список литературы

1. Дытнерский, Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1986. – 272 с.
2. Мулдер, М. Введение в мембранныю технологию : пер. с англ. / М. Мулдер. – М. : Мир, 1999. – 513 с.
3. Свитцов, А. А. Введение в мембранныю технологию / А. А. Свитцов. – М. : ДeЛи принт, 2007. – 208 с.
4. Горбачев, А. С. Кинетика электробаромембранныго разделения водных сульфатсодержащих растворов (в производстве оптических отбелителей) : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 : защищена 25.12.2006 / Горбачев Александр Сергеевич. – Тамбов, 2006. – 197 с.
5. Лазарев, С. И. Научные основы электрохимических и баромембранных методов очистки, выделения и получения органических веществ из промышленных стоков : дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.03 : защищена 21.01.2002 / Лазарев Сергей Иванович. – Тамбов, 2001. – 543 с.
6. Карлин, Ю. В. Влияние электрического поля на ионный транспорт через обратноосмотические мембранны : дис. ... канд. хим. наук : 05.17.08 / Карлин Юрий Владимирович. – М., 1984. – 181 с.
7. Лазарев, С. И. Особенности процесса электробаромембранный очистки промывных вод электрохимического синтеза ди-(2-бензтиазолил) дисульфида / С. И. Лазарев, В. Г. Казаков, С. В. Ковалев // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 1(55). – С. 245 – 253.
8. Лазарев, С. И. Электробаромембранный очистка промывных вод производства 2,2'-дibenзтиазолидисульфида / С. И. Лазарев, С. В. Ковалев, В. Г. Казаков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 614 – 618.
9. Ковалев, С. В. Особенности регенерации мембранны ESPA при электрогиперфильтрации промывных вод производства 2,2'-дibenзтиазолидисульфида (альтакс) / С. В. Ковалев, О. А. Ковалева // Мембранные процессы и технологии в пищевых процессах и инженерии : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / Нац. ун-т пищ. технологий. – Киев : Изд-во нац. ун-т пищ. технологий, 2014. – С. 26.
10. Мембранны, фильтрующие элементы, мембранные технологии : каталог. – Владимир : ЗАО НТЦ «Владипор», 2004. – 22 с.
11. Ковалев, С. В. Принципиальные схемы электробаромембранныго выделения веществ из промышленных растворов с принудительным охлаждением / С. В. Ковалев, С. И. Лазарев, В. Г. Казаков // Научная индустрия европейского континента-2013. Экология : IX Междунар. науч.-практ. конф. – Praha. : Publishing House Education and Science, 2013. – Т. 29. – С. 36 – 38.

Process Features of Electric Baromembrane Treatment of Industrial Solutions and Waste Water from Electrochemical Synthesis and Electroplating

S. V. Kovalev, S. I. Lazarev, M. A. Kuznetsov, R. V. Popov

Department “Applied Geometry and Computer Graphics” TSTU; sseedd@mail.ru

Keywords: electric baromembrane processes; membrane; separation; solution; washing water.

Abstract: The authors developed the main technological processes for electric baromembrane treatment of industrial waste water and solutions from electrochemical synthesis and electroplating. Schematic diagrams of electric baromembrane separation of washing water from electrochemical synthesis of thiofide (2,2'-dibenzothiazyl disulfide) are exemplified by the three-section and recirculation systems with and without cooling, using membrane units with a semi-permeable surface. The authors propose basic schemes for electric baromembrane separation of industrial solutions containing dissolved inorganic substances with or without forced cooling, by using membrane units with two semi-permeable membranes. The authors developed concepts of electric baromembrane separation solutions and industrial waste water containing dissolved inorganic substances with or without forced cooling, for example, two-stage processing circuit solutions for devices with a semi-permeable surface.

References

1. Dytnereskii Yu.I. *Baromembrannye protsessy. Teoriya i raschet*, Moscow: Khimiya, 1986, 272 p.
2. Mulder M. *Basic Principles of Membrane Technology*, Dordrecht: Kluwer Academic, 1996, 564 p.
3. Svittsov A.A. *Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu*, Moscow: DeLi print, 2007, 208 p.
4. Gorbachev Aleksandr Sergeevich *PhD Dissertation (Engineering)*, Tambov, 2006, 197 p.
5. Lazarev Sergei Ivanovich *Doctoral Dissertation (Engineering)*, Tambov, 2001. 543 p.
6. Karlin Yurii Vladimirovich *PhD Dissertation (Chemistry)*, Moscow, 1984, 181 p.
7. Lazarev S.I., Kazakov V.G., Kovalev S.V. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*, 2015, no. 1(55), pp. 245-253.
8. Lazarev S.I., Kovalev S.V., Kazakov V.G. *Transactions Tambov State Technical University*, 2013, Vol. 19, no. 3, pp. 614-618.
9. Kovalev S.V., Kovaleva O.A. *Cbornik trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, Kiev: NUPT, 2014, p. 26.
10. *Membrany, fil'truyushchie elementy, membrannye tekhnologii: Katalog*, Vladimir: ZAO NTTs «Vladipor», 2004, 22 p.
11. Kovalev S.V., Lazarev S.I., Kazakov V.G. *IX mezhdun. nauchno-prakt. konf. «Nauchnaya industriya evropeiskogo kontinenta-2013»*. Ekologiya, Praha: Publishing House «Education and Science», 2013, Vol. 29, pp. 36-38.

Technologische Besonderheiten der Strombaromembranprozesse der Reinigung der industriellen Lösungen und der Abflüsse der Produktionen der elektrochemischen Synthese und der Galvanischen Plattieren

Zusammenfassung: Es sind die prinzipiellen technologischen Besonderheiten der Gestaltung der Strombaromembranprozesse der Reinigung der industriellen Lösungen und der Abflüsse der Produktionen der elektrochemischen Synthese und der galvanischen Plattieren erarbeitet. Es sind die prinzipiellen Schemen der Strombaromembranteilung der Auswaschwasser der elektrochemischen Synthese des Altaxes (2,2'-Dibenztiasolyldisulfid) am Beispiel der Dreisektions- und Reumlaufanlagen mit der Abkühlung und ohne Abkühlung bei der Nutzung der Membranapparate mit einer

halbdurchdringbaren Oberfläche dargelegt. Es sind die prinzipiellen Schemen der Strombaromembtanteilung der die aufgelösten unorganischen Stoffe mit der Zwangsabkühlung und ohne sie bei der Nutzung der Membranapparate mit zwei halbdurchdringbaren Membranen enthaltenden industriellen Lösungen vorgeschlagen. Es sind die prinzipiellen Schemen der Strombaromembtanteilung der die aufgelösten unorganischen Stoffe mit der Zwangsabkühlung und ohne sie enthaltenden industriellen Lösungen am Beispiel der zweigestuften Schemen der Bearbeitung der Lösungen für die Apparate mit einer halbdurchdringbaren Oberfläche entwickelt.

Particularités technologiques des processus d'électromembranes de l'épuration des solutions et des égouts des productions de la synthèse électrochimique et de la galvanisation

Résumé: Sont élaborées les particularités technologiques principales de la formation des processus de l'épuration d'électromembranes des solutions et des égouts des productions de la synthèse électrochimique et de la galvanisation. Sont présentés les schémas principaux de la division d'électromembranes des eaux de la synthèse électrochimique d'altaxe à l'exemple des installations de trois sections et celles de recirculation avec et sans refroidissement lors de l'utilisation des appareils de membrane avec une surface à demi transparente. Sont proposés les schémas principaux de la division d'électromembranes des solutions industrielles contenant les substances non organiques avec et sans refroidissement lors de l'utilisation des appareils de membrane avec deux membranes à demi transparentes. Sont élaborés les schémas principaux de la division d'électromembranes des solutions industrielles et des égouts contenant les substances non organiques avec et sans refroidissement à l'exemple de schémas de deux niveaux du traitement des solutions pour les appareils avec une surface à demi transparente.

Авторы: *Ковалев Сергей Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»; *Лазарев Сергей Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»; *Кузнецов Михаил Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»; *Попов Роман Викторович* – аспирант кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Поликарпов Валерий Михайлович* – доктор химических наук, профессор кафедры «Физика», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
