ПОЛУЧЕНИЕ ГЛИКОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Краснов М.В.,
Фролова С.И.,
Ильина С.И., кандидат технических наук, доцент,
Носырев М.А., кандидат технических наук, доцент,
Комляшев Р.Б., кандидат технических наук, доцент,
Российский химико-технологический
университет им. Д.И. Менделеева

Аннотация: *с каждым днем о проблеме экологии говорят все больше и больше. Как ни странно, но данная проблема не потеряет свою актуальность еще долгое время. Современная жизнь невозможна без химии: ее процессы и продукты используют все индустрии: и добывающие, и обрабатывающие, и сельское хозяйство, и сфера услуг. Истощение природных ресурсов и проблема отходов привели науку к выводу: человечеству нужно кардинально изменить промышленные технологии, чтобы сохранить планету. Химии предстоит стать зеленой – максимально безотходной и экологичной, так как каждый год возникает все больше и больше предприятий, наносящих вред природе. Соответственно, необходимо радикально подходить к данной проблеме, что в результате может открыть новые пути для развития всей промышленности. В большинстве случаев в каждой отрасли производства есть способы сокращения вредных выбросов и вреда окружающей среде. Для этого разрабатываются все новые и более «чистые» способы получения продукции. Целью статьи является разработка способа получения гликолевой кислоты с применением метода электродиализа. Данный метод позволяет получить гликолевую кислоту в промышленных количествах с большим выходом продукта и минимальным вредом для окружающей среды. В результате исследования разработана технологическая схема установки конверсии гликолята натрия в гликолевую кислоту мощностью 5 т/ч, произведен подбор оборудования, на основе технико-экономического анализа оценены: себестоимость продукта, рентабельность производства и срок окупаемости.*

Ключевые слова*: электродиализ, гликолевая кислота, гликолят натрия, мембранная технология*

PREPARATION OF GLYCOLIC ACID USING ELECTRODIALYSIS

Krasnov M.V.,
Frolova S.I.,
Ilyina S.I., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Nosyrev M.A., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Komlyashev R.B., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Russian University of Chemistry and Technology named after D.I. Mendeleev

Abstract: *every day, more and more talk about the problem of ecology. Oddly enough, this problem will not lose its relevance for a long time. Modern life is impossible without chemistry: its processes and products are used by all industries: both extractive, and manufacturing, and agriculture, and the service sector. The depletion of natural resources and the problem of waste led science to the conclusion: humanity needs to radically change industrial technologies in order to preserve the planet. Chemistry has to become green – as wasteless and environmentally friendly as possible. Since every year there are more and more enterprises that harm nature. Accordingly, it is necessary to deal radically with this problem, which as a result can open up new ways for the development of all industry. In most cases, each industry has ways to reduce harmful emissions and harm to the environment. To this end, more and more "cleaner" ways of obtaining products are being developed. The purpose of the article is to develop a method for producing glycolic acid by electrodialysis. This method enables to obtain glycolic acid in industrial quantities with high product yield and minimal environmental damage. As a result of the study, the technological scheme of the plant for converting sodium glycolate to glycolic acid was developed, equipment was selected, on the basis of technical and economic analysis, the following were estimated: cost of product, profitability of production and payback period.*

Keywords*: electrodialysis, glycolic acid, sodium glycolate, membrane technology*

Введение

Гликолевая кислота получила широкое распространение в различных отраслях промышленности, начиная с пищевой, заканчивая нефтегазовой. Благодаря своим свойствам ее используют в качестве высокореакционного соединения в синтезах различных веществ для косметической и строительной промышленности. Гликолевая кислота – родоначальник ряда α-гидроксикарбоновых кислот, имеет формулу HOCH2COOH и встречается в виде 70%-ного водного раствора или кристаллической кислоты с содержанием основного вещества не менее 99% мас.

Гликолевую кислоту используют в различных областях, например, в медицине для получения биоразлагаемых саморассасывающихся имплантов, что позволяет значительно расширить спектр применения данного вещества. Из полимеров на

основе гликолевой кислоты делают барьерные материалы, которые задерживают кислород. Важно отметить, что сами молекулы гликолевой кислоты имеют малые размеры, благодаря чему ее можно использовать в косметологии для нормализации различных процессов обмена и микроциркуляции. Это позволяет бороться со множеством проблем, связанных с кожей, среди которых себорея, гиперкератоз, ихтиоз. Благодаря низкой токсичности, гликолевую кислоту можно использовать в качестве заменителя продуктов, полученных на основе щавелевой кислоты. Технический 70% мас. водный раствор гликолевой кислоты является многофункциональным продуктом, который используют в качестве присадок для автомобильных смазочных масел, в производстве чистящих средств для электронной промышленности [5].

Безусловно, современная жизнь невозможна и без продуктов химической отрасли. Все индустрии: и добывающие, и обрабатывающие, и сельское хозяйство, и сфера услуг, так или иначе пользуются химическими веществами. Однако, человечеству нужно кардинально изменить промышленные технологии, чтобы сохранить планету. Химии предстоит стать зеленой – максимально безотходной и экологичной. Так как при производстве не выделяются вредные отходы, то можно считать процесс синтеза гликолевой кислоты из гликолята натрия приемлемым для использования его в промышленном масштабе без вреда для экологии [8]. Классическим примером применения принципов зеленой химии считается замена токсичных элементов, которые применяют в 90% промышленных химических процессов. Соединения тяжелых металлов: свинца, меди, хрома, палладия, платины, осмия зеленая химия заменяет на более экологичные: цинк, магний и др. [7].

Вышесказанное свидетельствует о том, что увеличение темпов и объемов производства гликолевой кислоты на современном этапе чрезвычайно актуально. В этой связи, существует необходимость в подборе эффективного метода ее получения.

Материалы и методы

Электродиализ – метод разделения растворов электролитов путем их избирательного переноса через ионоселективные мембраны под действием электрического поля. Электродиализ – это электромембранный процесс, который сочетает в себе черты как электрохимического, так и мембранного процессов. Ионообменные мембраны – это иониты на основе искусственных смол, выпускаемые в виде пленок или пластин. Ионогенными группами мембран являются сульфо-группы или остатки четвертичных оснований. Мембраны могут проявить свойства селективных ионитов при наличии высокой плотности зарядов. Ионы, имеющие одинаковый заряд с ионами мембраны, при прохождении через мембрану отталкиваются ею [6].

В процессе электродиализа используются катионообменные или анионообменные мембраны. Данные мембраны пропускают ионы обладающие положительным или отрицательным зарядами соответственно. По структуре мембраны делятся на гомогенные, состоящие из однофазного индивидуального вещества, и гетерогенные, в состав которых входят ионообменник и инертные вещества, необходимые для придания определенных механических свойств мембране. Ионообменные мембраны готовят как из твердых, так и из жидких материалов. Твердые гомогенные мембраны про-

изводят из стекла (стеклянные электроды), содержащего композицию из щелочных силикатов и синтетических полимеров, из кристаллов неорганических солей [10]. Поликонденсацией или сополимеризацией мономеров получают гомогенные мембраны, а также путем активации предварительно подготовленных матриц. Гетерогенные мембраны получают смешением тонкоизмельченного ионита и инертного неэлектропроводного связующего (полиэтилена, полистирола, каучука) с последующим формованием [9].

Также существуют биполярные мембраны, которые являются тесно прилегающими друг к другу катионообменными и анионообменнми мембранами. Данное строение позволяет значительно ускорить процесс диссоциации молекул воды: H^+ и OH^- ионы отводятся из соединительного слоя под действием электрического поля в противоположные секции, а количество разложенной на ионы воды восполняется за счет диффузии недиссоциированных молекул к соединительному слою.

В настоящее время известно множество способов получения биполярных мембран, среди которых выделяют: совмещение слоев горячим прессованием, отливание, совместное экструдирование, склеивание, совмещение слоев холодным прессованием с добавлением полиэлектролита (получение адгезионной межфазной границы), модифицирование монополярных слоев [1, 2, 4]. Использование различных методов для получения БПМ обуславливается разнообразием ионообменных материалов и стремлением создать наиболее совершенную мембрану.

Все эти параметры необходимо учитывать при планировании процесса электродиализного разделения.

На рис. 1 показан электродиализный модуль, в котором происходит конверсия гликолята натрия в гликолевую кислоту. Многократной рециркуляцией исходного раствора через электродиализную установку осуществляется конверсия гликолята натрия в гликолевую кислоту. Исходный раствор гликолята натрия подается в Е-1, откуда и поступает в установку ЭДС. Конечный раствор гликолевой кислоты также будет находится в Е-1. Для контроля процесса установлена проточная кондуктометрическая ячейка С-1, подключенная к кондуктометру.

Для количественного определения гликолевой кислоты используют метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе с диодноматричным детектором, а также потенциометрическое титрования. Данные полученные после ВЭЖХ позволяют определить отсутствие примесей и высокую чистоту продукта. Отбор проб осуществляется из кислотно-солевого и щелочного трактов через определенные промежутки времени.

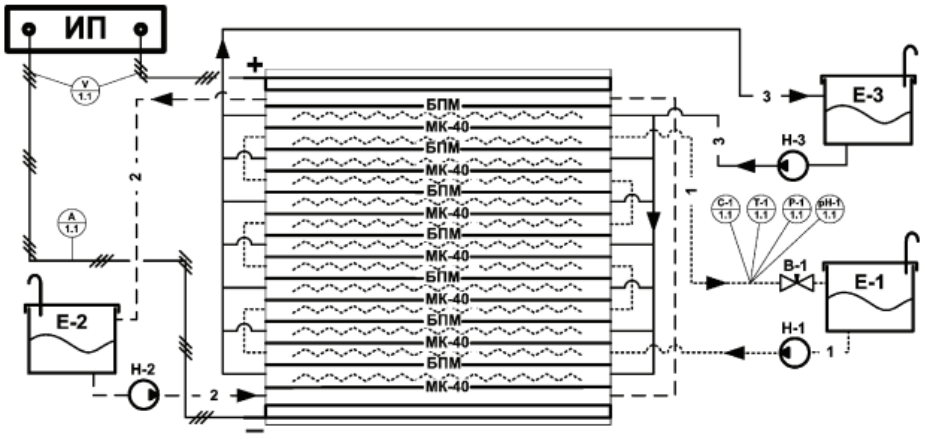

Рис. 1. Принцип работы электродиализной установки [28]

Прим.: *Н-1, Н-2 и Н-3 – насосы подачи кислотно-солевого, электродного и щелочного растворов соответственно; Е-1, Е-2 и Е-3 – емкости кислотно-солевого, электродного и щелочного растворов соответственно; 1, 2 и 3 – тракты кислотно-солевого, электродного и щелочного растворов соответственно; Р-1 – манометр, измеряющий давление на выходе из ЭДС в тракте кислотно-солевого раствора, В-1 – вентиль регулировки давления на выходе из ЭДС в тракте кислотно-солевого раствора; Т-1– термометр, С-1– проточная ячейка для измерения электропроводности кислотно-солевого раствора; pH-1 – проточная ячейка для измерения pH кислотно-солевого раствора; ИП – источник постоянного напряжения; А – амперметр; V – вольтметр*

Данный метод обладает рядом достоинств. Это экологичность: электродиализ не требует дополнительных реагентов или иных расходуемых веществ. Также благодаря технологичности устройство электродиализаторов обеспечивает простоту их обслуживания и надежность при эксплуатации при низком энергопотреблении и возможности возврата в производство компонентов. Электродиализ имеет наименьшее количество вредных выбросов в окружающую среду, что делает его самым приближенным приближенных к зеленой химии [3]. Кроме того, производство гликолевой кислоты методом электродиализа выгодно отличается от других методов тем, что не имеет каких-либо теплопотерь, расчет теплового баланса не требуется. Метод позволяет получить наибольший выход продукта без примесей.

Для получения гликолевой кислоты было принято решение использовать гликолят натрия с концентрацией 0,5 моль/л, который должен находиться в кислотно-солевой емкости. Путем многократной рециркуляции в электродиализной установке в течении 135 минут в кислотно-солевой емкости будет гликолевая кислота с концентрацией 0,459 моль/л. В процессе получения гликолевой кислоты методом электродиализа использовались биполярные электромембрыны, полученные на основе катионо- и анионообменных мембран марки RALEX® AM(H)-PES и RALEX® CM(H)-PES производства АО «МЕГА», МК-40 производства ОАО «ЩЕКИНОАЗОТ». Плотность (j) тока при конвер-

сии гликолята натрия в гликолевую кислоту должна быть равна 200 – 300 мА/см^2. При этом выход продукта составит (η) 82%, производительность (Р) 6,12 моль/м^2*час, а энергозатраты (W) – 116,38 Вт*ч.

Результаты и обсуждение

В рамках разрабатываемого проекта предлагается схема установки для получения гликолевой кислоты из гликолята натрия методом электродиализа (см. рис. 2):

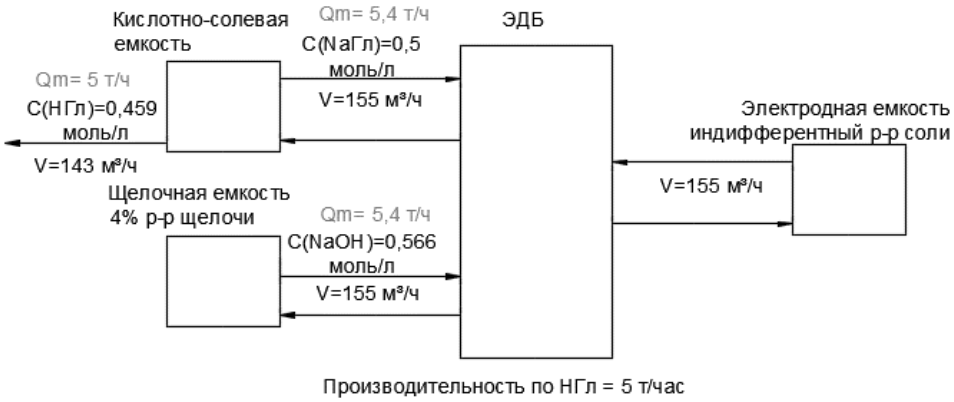

Рис. 2. Схема установки для получения гликолевой кислоты из гликолята натрия методом электродиализа

Для расчета производительности предприятия необходимо сначала определить годовой фонд продолжительности работы оборудования. Фонд продолжительности работы (ФП) измеряется в часах в год и равен произведению числа рабочих дней в году (N) на число смен в сутки (n) и на продолжительность каждой смены (t):

$$ФП = N * n * t \quad (1)$$

Исходя из технического задания, предприятие работает 24 часа (3 смены по 8 часов), 5 дней в году тратится на профилактику оборудования. Календарный ФП = (365-5) ×8×3 = 8640 ч.

Зная суточную производительность установки электродиализа по воде, найдем годовую производительность: 5*24*360=43200 т/год

В кислотно солевые емкости идет 155 м^3 раствора гликолята натрия, такой же объем находится щелочных емкостях и электродных емкостях индифферентного раствора соли идет. После конверсии гликолята натрия образуется раствор гликолевой кислоты объемом 143 м^3. Используемые мембраны производства «Мега Профилайн» имеют размеры 1600 х 400 х 0.57 мм. Оптимальная плотность тока для конверсии гликолята натрия в гликолевую кислоту определена в работе и равна 200 – 300 мА/см^2. Необходимая площадь мембран (Fм) при плотности тока j=200 – 300 мА/см^2 равна: Fм = 11727 м^2. В одном мембранном блоке находится 7 мембран марки МК-40 и столько же биполярных мембран. Общая площадь составит 1,6*0,4*7+1,42*0,45*7 = 7,84 м^2. Необходимое количество мембранных блоков для осуществления конверсии гликолята натрия в гликолевую кислоту составит 1496 шт.

Однако, такое количество установок слишком большое. Существуют электродиализные установки с биполярными мембранами, производительность которых составляет 50 м^3. Они состоят

из 4-х мембранных блоков и потребление электроэнергии всей установки составляет приблизительно 50кВт/ч. Для получения 5 т/ч гликолевой кислоты необходимо 3 таких установки (см. рис. 3). Длина, ширина и высота такой установки составляют 8,4 м × 3,7 м × 2,6 м соответственно.

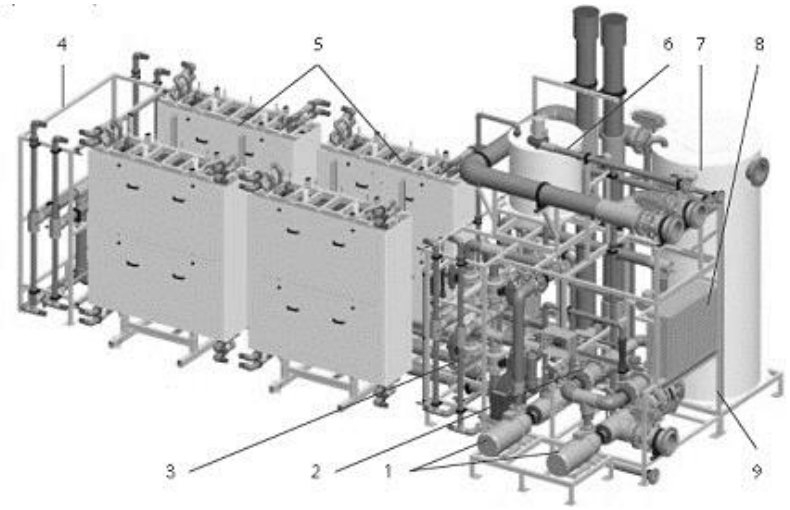

Рис. 3. Электродиализная установка [34]

Прим.: *1 – насос центробежный – исходный раствор; 2 – страховочный фильтр после входного насоса и концентрата; 3 – входной гидравлический скид с реверсивным клапаном; 4 – выходной гидравлический скид; 5 – модули EDR-III; 6 – емкость и вентилятор электролитного раствора; 7 – емкость для системы CIP – мойки; 8 – распределительный щит с сенсорным экраном и преобразователем; 9 – опорная нержавеющая рама*

Для размещения установок для производства гликолевой кислоты и служебных помещений необходимо помещение размером 870 м^2. Нужное помещение берём в аренду в г. Пушкино. Плата за месяц составляет 700 000 рублей (8,4 млн руб. в год).

Затраты на покупку оборудования, а также дополнительные расходы по обеспечению оборудованием представлены в табл. 1, 2:

Таблица 1

Затраты на покупку оборудования

№	Наименование	Кол-во	Цена, руб	Стоимость, руб
1	Электродиализная установка	3	100 000 000	300 000 000
2	Емкость для хранения гликолята натрия объемом 650 м3	9	350 000	3150000

Продолжение таблицы 1

3	Емкость для хранения гликолевой кислоты объемом 650 м3	9	350 000	3150000
4	Насос подачи исходного раствора	1	318000	320000
5	Насос для перекачки гликолевой кислоты	1	318000	320000
Итого:				**306 940 000**

Таблица 2

Дополнительные расходы по обеспечению оборудованием

№	СМР (строительно-монтажные работы, включая стоимость трубопроводов и арматур)- 20% от стоимости основного оборудования	150 000 000
1	Обвязка оборудования трубопроводами, арматурой, системой КИПиА – 5% от стоимости оборудования	35 000 000
2	Проведение электромонтажных и других специальных работ – 5% от стоимости оборудования	30 000 000
3	Проектирование	4 000 000
4	**Сумма**	**219 000 000**
5	**Общая сумма**	**664 000 000**

Также необходимо учесть накладные расходы в инвестиционной фазе цикла проекта. Как правило, их сумма составляет ~ 15-50% от основных и дополнительных расходов. Накладные расходы – 30% от основных и дополнительных расходов составит 200 млн. руб.

Безусловно, предприятие для запуска производства продукции должно иметь запасы сырья и материалов, покупных полуфабрикатов, деталей, узлов, комплектующих изделий, топлива, тары, запасных частей, строительных материалов. Эти запасы составляют оборотные производственные фонды предприятия. Величина фонда рассчитывается исходя из потребностей в ресурсах на 1-2 месяца функционирования производства, и составляет 10-15% от суммы фонда капитальных затрат. Расчетный фонд оборотных средств составляет 100 млн. руб. Завод берется самостоятельно финансировать данный проект.

На следующем этапе составляется план-график работ и затрат в целях определения периодов реализации проекта. Предполагается, что разрабатываемый проект будет осуществлен в течение Н календарных месяцев. Абсолютные величины затрат указаны в рублях (см. табл. 3):

Таблица 3

Календарный план

№	Перечень затратных статей	Величина затрат по месяцам выполнения работ								Всего затрат по статье
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Проектирование	4,0 млн. в т.ч.	-	-	-	-	-	-	-	4 млн. в т.ч. НДС 720 000
2	Покупка оборудования, млн.	-	-	-	111,25	111,25	111,25	111,25	-	445
3	Покупка оборудования, млн.	-	-	-	111,25	111,25	111,25	111,25	-	445
4	Дополнительные расходы:									
5	Монтажные (СМР), млн.	-	-	-	37,5	37,5	37,5	37,5	-	150
7	Спец. работы, млн.				-	-	32,5	32,5		65
7	Накладные расходы, млн.		200						-	200
8	ИТОГО, млн.:	4	200		148,75	148,75	181,25	181,25	-	864

После подсчета затрат необходимо определить из каких источников будут изыматься средства для покрытия подсчитанных затрат.

Таблица 4

Источники финансирования проекта

№	Наименование источника	Величины затрат по месяцам выполнения работ								Всего сумма финансирования
1		1	2	3	4	5	6	7	8	
2	Средства заказчика, млн.	4	200	-	148,75	148,75	181,25	181,25	-	864

Для организации производства необходимо иметь сырье, из которого производится готовый продукт. В данном случае сырьём гликолят натрия.

Таблица 5

Характеристика используемого сырья

№	Наименование сырья	Стоимость единицы (руб./кг)	Сумма затрат в год на весь объем производства (руб.).
1	Гликолят натрия ТУ 2432-011-67017122-2014 (64 386 000 кг/год)	100	6,4 млрд
2	Итого:	100	6,4 млрд

Затраты на топливо (твердое, жидкое, газообразное) и энергию всех видов (электрическая, тепловая, сжатого воздуха, холода и др.), приобретаемые со стороны, выделяются особо в связи с их высокой стоимостью и важным стратегическим значением. Потребности производства в электроэнергии, тепле и воде определены при расчете балансов. При расчете затрат учитываются тарифы, устанавливаемые местными властями. Кроме того, необходимо учесть затраты на энергию, тепло и воду, которые расходуются на освещение, отопление, вентиляцию и водоснабжение подразделения. Они рассчитываются по нормативам как 5% от стоимости помещений.

Важно отметить, что в производстве гликолевой кислоты образуется вода, которая выходит после промывки установки электродиализа. Так как эта жидкость не содержит вредных веществ и соответствуют нормам ПДК, то жидкие отходы сливаются в канализацию.

Далее представлены результаты расчета затрат на отходы производства, электроэнергию и оплату труда.

Таблица 6

Затраты на отходы производства

№	Статья расхода	Затраты за месяц (руб.)	Затраты за год (руб.)
1	Отходы от промывки	30 000	360 000
2	Сумма	30 000	360 000

Таблица 7

Затраты на электроэнергию

№	Наименование	Мощность кВт	Тариф 1 кВт*ч	Затраты за год (руб.)
1	Установка электродиализа	50	3,71	3 574 956
2	Насос для подачи на конверсию гликолята	80		2 600 000
3	Насос для подачи готового раствора в емкости для хранения	80		2 600 000
4	Сумма:			8 775 000

На подразделении осуществляется договорная система оплаты труда по условиям договора.

Таблица 8

Расчет фонда заработной платы

№	Должность	Списочная численность	Средний месячный заработок, руб.	Месячный фонд заработной платы, руб.	Годовой фонд зарплаты, руб.
1	Начальник отделения	1	65 000	65 000	780 000
2	Главный технолог	1	60 000	60 000	720 000
3	Начальник смены	3	40 000	120 000	1 440 000
4	Аппаратчик	6	30 000	180 000	2 160 000
5	Слесарь	1	20 000	20 000	240 000
6	Электрик	1	20 000	20 000	240 000
7	Лаборант	2	12 000	36 000	432 000
8	Уборщица	3	12 000	36 000	432 000
9	Бухгалтер	2	55 000	110 000	1 520 000
Итого:					5 004 000

Далее производится расчет амортизационных отчислений, целевым использованием которых является финансирование замены элементов основных фондов. Нормы амортизационных отчислений устанавливаются либо постановлениями правительства, либо руководством предприятия. Расчет приводится в виде табл. 9.

Таблица 9

Амортизационные отчисления

№	Наименование объекта	Итоговая стоимость (руб.)	Средняя норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений
1	Установка электродиализа	100 000 000	16,7	16 700 000
2	Насос для подачи на конверсию гликолята	318000	10,0	350 000
3	Насос для подачи готового раствора в емкости для хранения	318000	10,0	350 000
4	Итого			17 400 000

При расчете объема инвестиций в проект также необходимо учитывать и иные расходы, к примеру, стоимость профилактических мероприятий, мероприятий по охране труда и технике безопасности, наглядных пособий, контролирующих приборов, автоматизированной системы управления производством, расходуемых материалов, заработная плата и социальный налог работников. Все вместе – до 25% от фонда зарплаты производственных рабочих.

Таблица 10

Расходы по охране труда

№	Должность	Месячный фонд заработной платы, руб.	Заработная плата + соц. налог	Расходы по охране труда (28% от з. п.+ соц. налог)
1	Начальник отделения	65 000	84 500	23 660
2	Главный технолог	60 000	78 000	21 840
3	Начальник смены	120 000	156 000	43 680
4	Аппаратчик	180 000	216000	60480
5	Слесарь	20 000	26 000	7 280
6	Электрик	20 000	26 000	7 280
7	Лаборант	36 000	46 800	13 104
8	Уборщица	36 000	46 800	13 104
9	Бухгалтер	110 000	33 000	9 240
10	Итого	713 100		200 000
11	В год	8 557 200		2 400 000

Еще одной группой расходов проекта являются накладные; они связаны с обслуживанием производства. Они делятся на цеховые (если на предприятии несколько производственных цехов, выпускающих разную продукцию) и заводские. В любом случае в перечень входят следующие статьи: заработная плата аппарата управления (составляется штатное расписание с указанием должности, количества вакансий по должности и должностного оклада), социальный налог на фонд зарплаты АУП, страхование имущества предприятия, выплаты за землю, оплата лицензий на право деятельности, содержание систем связи (внутренней и внешней), содержание подразделения уборка, коммунальные платежи, непредвиденные расходы. Часто сумма накладных расходов определяется как доля ФОП производственного персонала 10% – 2 410 920 руб.

Далее рассчитаем выручку – сумму денежных средств, полученная от реализации товарной продукции. Выручка: производительность установки 5 т/час, в год – 1440 тонн в год. Рыночная стоимость гликолята натрия составляет 31000 руб. за 1 кг. Годовая выручка без учета затрат на производство составляет: 45 257 142 857 руб.

Планируя тот или иной проект, существует необходимость в оценке его экономической эффективности. Инвестиционный проект считается

эффективным, если поступления от его реализации позволяют покрыть все затраты (как инвестиционные, так и эксплуатационные), связанные с осуществлением проекта, а также обеспечивают желаемую норму прибыли для его участников. Есть несколько простых методов оценки экономической состоятельности проекта. Предварительно надо разделить статьи издержек на производство на две части – переменные затраты и постоянные затраты.

Переменные затраты – это расходы, величина которых пропорциональна количеству выпускаемой продукции. Сюда относятся расходы: ст. 4.3. – заработная плата производственных рабочих; ст. 4.4. – социальный налог; ст. 4(V) = ст. 4.3. + Ст. 4.4. Постоянные затраты – это расходы, величина которых не зависит от количества выпускаемой продукции. Сюда относятся расходы: ст. 4.2. – топливо и энергия; ст. 4.5. – амортизация оборудования и зданий; ст. 4.6. – расходы по охране труда; ст. 4.7. – расходы по охране окружающей среды; ст. 4.9. – накладные расходы. ст. 4(C) = ст. 4.3. + ст. 4.5. + ст. 4.6. + ст. 4.7. + ст. 4.9.

Таблица 11

Расчет переменных и постоянных затрат проекта

№	Наименование расходов	Величина за год		
		За год	Σ	Доля, %
1	Переменные затраты			
2	Заработная плата	17 964 000	23 353 200	0,3
3	Социальный налог	5 389 200		
4	Сырье, материалы, энергоресурсы	6 400 000 000	6 400 000 000	0,996
5	Постоянные затраты			
6	Расходы по охране труда	2 400 000	11 646 932	0,1
7	Амортизация	1 110 000		
8	Накладные расходы	2 410 920		
9	Расходы по охране окружающей среды (сдача отходов на утилизацию)	1 375 436		
10	Итого:		6 437 024 556	100%

В табл. 12 представлен расчет себестоимости.

Таблица 12

Расчет себестоимости

№	Статьи калькуляции	Сумма годовых затрат, руб.	Сумма за кг гликолевой кислоты	Доля себестоимости, %
1	Материальные затраты	6 400 000 000	4444,4	0,99421
2	Топливо и энергия	8 775 000	6,1	0,00136
3	Затраты на оплату труда	17 964 000	12,5	0,00279
4	Социальный налог	5 389 200	3,7	0,00084
5	Амортизационные отчисления	1 110 000	0,8	0,00017
6	Расходы по охране труда	2 664 480	0,2	0,00004
7	Расходы по охране окружающей среды	1 375 436	1,0	0,00021
8	Накладные расходы	2 410 920	1,7	0,00037
9		Текущие издержки 6 437 024 556	Себестоимость 4470,3	100%

Принимая во внимание, что рыночная стоимость за 1 кг гликолевой кислоты составляет 31000 руб. расчет выручки будет следующим:

Таблица 13

Распределение выручки – расчёт по годам

№	Раздел баланса	Наименование статьи	Суммы по годам			
			1	2	3	4
1	Поступление денег от реализации продукции	Объём продаж продукции (кг/год)	1440000	1440000	1440000	1440000
2		Прогнозная цена	1100	1100	1100	1100
3		Выручка	45257142857	45257142857	45257142857	45257142857
4	Издержки на производство и реализацию продукции	Затраты на производство	6400000000	6400000000	6400000000	6400000000
5	Доходная часть	Балансовая прибыль	38857142857	38857142857	38857142857	38857142857
6	Дополнительные расходы	Налоги: земельный, на имущество	8 400 000	8 400 000	8 400 000	8 400 000
7	Налог на прибыль	Налогооблагаемая прибыль	150 716 947	150 716 947	150 716 947	150 716 947
8		Выплата налога на прибыль	13577142857	13577142857	13577142857	13577142857

Продолжение таблицы 13

9	Средства предприятия	Чистая прибыль	25280000000	120 573 557,6	120 573 557,6	120 573 557,6
10		Амортизационные отчисления	1110000	1110000	1110000	1110000
11		Чистый доход	25278890000	25278890000	25278890000	25278890000

Рентабельность – отношение чистого дохода к суммарным расходам рассчитывается следующим образом:

$$РЕНТ = \frac{ст.2}{ст.4+ст.6+ст.7} \quad (2)$$

$$РЕНТ = \frac{25278890000}{6437024556+8400000} = 3,9\,\%$$

Для оценки эффективности проекта осуществляется анализ безубыточности, смысл которого состоит в том, чтобы определить объем производства, при котором предприятие не несет убытки, но и не имеет прибыли. По мере нарастания мощности производства наступает момент, когда суммарные затраты на производство ст. 4 = Переменные + Постоянные = 6400000000 руб. сравняются с выручкой. (выручка = 45 257 142 857 руб.).

$$\frac{Постоянные\ затраты}{Выручка - Переменные} = \frac{11646932}{45257142857 - 6423353200} = 2,9\,\%$$

Эта величина характеризует экономическую устойчивость проекта. Если она больше 0,8 (т. е. 80%), то проект считается неустойчивым. Этот проект является устойчивым. Как правило, срок окупаемости проекта не должен превышать срок реализации проекта либо срок, на который предприятие привлекает финансовые ресурсы.

$$N = \frac{ст.13+=ст.14}{ст.5=ст.7} \quad (3)$$

$$N = \frac{6\,400\,000\,000+200\,000\,000}{38857142857-8400000} = 1,2$$

Срок окупаемости составит 1 год и 3 месяца.

Выводы

1. Предложена технологическая схема установки конверсии гликолята натрия в гликолевую кислоту.

2. Проведен расчет и подбор оборудования.

3. На основе технико-экономического анализа оценены: себестоимость продукта – 4470,3 рублей за 1 кг гликолевой кислоты; рентабельность производства – 3,9%; срок окупаемости – 1 год и 3 месяца.

Литература

1. Баландина А.Г., Хангильдии Р.И., Ибрагимов И.Г., Мартяшева В.А. Развитие мембранных технологий и возможность их применения для очистки сточных вод предприятий химии и нефтехимии // Нефтегазовое дело. 2015. № 5. С. 336 – 375

2. Козадерова О.А., Нифталиев С.И., Ким К.Б. Применение биполярных мембран МБ-2, модифицированных гидроксидом хрома (III), для конверсии сульфата натрия // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2019. № 3. С. 30 – 36.

3. Краткий справочник физико-химических величин / сост.: Н.М. Барон и др.; под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. 11-е изд., испр. и доп. М.: ТИД "Аз-book", 2009. 237 с.

4. Мельников С.С. Разработка асимметричных биполярных мембран и исследование их электрохимических характеристик: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.05. Краснодар, 2012. 198 с.

5. Мосин О.В. Физико-химические основы опреснения морской воды // Сознание и физическая реальность. 2012. № 1. С. 19 – 30.

6. Николенко И.В., Котовская Е.Е., Король И.В. Пути вероятности оценки эффективности при осмосе морской воды по технологии обратного осмоса // Экономика строительства и природопользования. 2017. № 3 (64). С. 80 – 87.

7. Особенности подготовки воды обратным осмосом. Предварительная подготовка воды // Осмос. ULR: https://www.osmos.ru/prom/water_treatment/preliminary.html (дата обращения: 04.01.2022)

8. Федосеев А.Н., Макарова А.С. Разработка технологии иммобилизации ртути в техногенных и коммунально-бытовых отходах // Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 2 (225). С. 18 – 20.

9. Grundfos. Водоподготовка и оборудование Grundfos. М.: Грандфос, 2019. 145 с.

10. Song Y., Gao X., Gao C. Evaluation of scaling potential in a pilot-scale NF-SWRO integrated seawater desalination system // Journal of Membrane Science. 2013. № 443. P. 201 – 209.

References

1. Balandina A.G., Hangil'dii R.I., Ibragimov I.G., Martyasheva V.A. Razvitie membrannyh tekhnologij i vozmozhnost' ih primeneniya dlya ochistki stochnyh vod predpriyatij himii i neftekhimii. Neftegazovoe delo. 2015. № 5. S. 336 – 375

2. Kozaderova O.A., Niftaliev S.I., Kim K.B. Primenenie bipolyarnyh membran MB-2, modificirovannyh gidroksidom hroma (III), dlya konversii sul'fata natriya. Izvestiya VUZov. Himiya i himicheskaya tekhnologiya. 2019. № 3. S. 30 – 36.

3. Kratkij spravochnik fiziko-himicheskih velichin. sost.: N.M. Baron i dr.; pod red. A.A. Ravdelya i A.M. Ponomarevoj. 11-e izd., ispr. i dop. M.: TID "Az-book", 2009. 237 s.

4. Mel'nikov S.S. Razrabotka asimmetrichnyh bipolyarnyh membran i issledovanie ih elektrohimicheskih harakteristik: dis. ... kand. him. nauk: 02.00.05. Krasnodar, 2012. 198 s.

5. Mosin O.V. Fiziko-himicheskie osnovy opresneniya morskoj vody. Soznanie i fizicheskaya real'nost'. 2012. № 1. S. 19 – 30.

6. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Korol' I.V. Puti veroyatnosti ocenki effektivnosti pri osmose morskoj vody po tekhnologii obratnogo osmosa. Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zova-niya. 2017. № 3 (64). S. 80 – 87.

7. Osobennosti podgotovki vody obratnym osmosom. Predvaritel'naya podgotovka vody. Osmos. ULR: https://www.osmos.ru/prom/water_treatment/preliminary.html (data obrashcheniya: 04.01.2022)

8. Fedoseev A.N., Makarova A.S. Razrabotka tekhnologii immobilizacii rtuti v tekhnogennyh i kommunal'no-bytovyh othodah. Uspekhi v himii i himicheskoj tekhnologii. 2020. № 2 (225). S. 18 – 20.

9. Grundfos. Vodopodgotovka i oborudovanie Grundfos. M.: Grandfos, 2019. 145 s.

10. Song Y., Gao X., Gao C. Evaluation of scaling potential in a pilot-scale NF-SWRO integrated seawater desalination system. Journal of Membrane Science. 2013. № 443. P. 201 – 209.