

Нет автора

Журнал Холодильная техника 1967 года №3

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Н57

Н57 **Нет автора**
Журнал Холодильная техника 1967 года №3 / Нет автора – М.: Книга по Требованию, 2021. – 65 с.

ISBN 978-5-458-64610-9

ISBN 978-5-458-64610-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Эта страница оригинала содержит исключительно социалистическую пропаганду, которая на сегодняшний день не представляет никакой научно-практической ценности

Эта страница оригинала содержит исключительно социалистическую пропаганду, которая на сегодняшний день не представляет никакой научно-практической ценности

Эта страница оригинала содержит исключительно социалистическую пропаганду, которая на сегодняшний день не представляет никакой научно-практической ценности

Эта страница оригинала содержит исключительно социалистическую пропаганду, которая на сегодняшний день не представляет никакой научно-практической ценности

Эта страница оригинала содержит исключительно социалистическую пропаганду, которая на сегодняшний день не представляет никакой научно-практической ценности

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОВРЕМЕННЫХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Доктор техн. наук, проф. В. С. МАРТЫНОВСКИЙ, доктор техн. наук Л. З. МЕЛЬЦЕР, Л. Ф. СМИРНОВ, М. А. ФАЙНБЕРГ — Одесский технологический институт пищевой и холодильной промышленности

В настоящее время остро встала проблема снабжения пресной водой ряда засушливых областей земного шара, в том числе и некоторых районов СССР.

До недавнего времени дистилляция была основным промышленным методом деминерализации соленых вод. Опреснение воды методами, основанными на использовании обратных циклов, — перспективная область холодильной техники.

Изучение существующей литературы [1—15] позволило систематизировать технико-экономические данные о современных промышленных, опытных и проектных опреснительных установках (см. таблицу).

Неполнота данных по отдельным установкам компенсируется достаточным числом представленных объектов, что в целом делает возможным количественное и качественное сопоставление. Проекты таких установок разрабатывались с учетом потерь в действующих установках. Включенные в таблицу данные по проектным проработкам относятся к крупным установкам, данные по которым получены экстраполяцией показателей действующих установок меньшей производительности.

В таблицу включены промышленные установки, построенные в последние 10 лет.

Себестоимость опресненной воды определяется по формуле

$$C = \mathcal{E} + \frac{K}{\tau},$$

где \mathcal{E} — энергетическая составляющая и расходы на обслуживание;

K — капитальные затраты;

τ — срок амортизации.

Сопоставление по энергозатратам. В дистилляционных и холодильных опреснительных установках на энергетическую составляющую себестоимости приходится около 50% затрат. Вместе с количеством пара, затраченного на получение 1 м³ пресной воды, приводятся его температура и коэффициент превращения КП, равный отношению веса пресной воды к единице веса сконденсированного пара. Эти данные необходимы для вычисления работоспособности пара, затраченной в дистилляционных схемах на опреснение.

Во всех опреснительных процессах, требующих затрат только электроэнергии (электродиализ, вымораживание, гидратообразование), эти затраты прямо представляют затраченную работоспособную энергию. В дистилляционных методах затраченная энергия представляет сумму работоспособности пара и расхода электроэнергии на привод насосов.

Основным показателем при сравнении различных опреснительных установок служит степень термодинамического совершенства η :

$$\eta = \frac{W_{\min}}{W_d},$$

где W_{\min} — минимальная работа обратимого обессоливания;

W_d — действительно затраченная работа.

Способ вычисления W_{\min} в зависимости от солености исходной воды и процента извлечения приведен в литературе [1, 15].

Отдельно взятые расходы энергии — *квт · ч/м³* или *т/м³* — недостаточны для сравнения установок с энергетической точки зрения. Так, при электродиализе требуется *3,3 квт · ч/м³*, а при замораживании — *6,9 квт · ч/м³* (№ 17 и 22 в таблице). Но это еще не означает, что первая установка совершеннее второй, так как первая перерабатывает солоноватую воду (0,3% солей), а вторая — морскую (3,5% солей). Минимальная теоретическая работа при 50%-ном извлечении для этих установок соответственно *0,076 квт · ч/м³* и *1,09 квт · ч/м³* [6, 16] и соответственно

$$\eta_{17} = \frac{0,076 \cdot 100}{3,3} = 2,3\%; \quad \eta_{22} = \frac{1,09 \cdot 100}{6,9} = 15,5\%.$$

С применением дешевой тепловой энергии (в частности, от атомных реакторов) значение КП понижается. Это дает право утверждать, что η дистилляционных установок вряд ли превысит 10%.

Для опытных замораживающих установок (№ 22 и 23) $\eta = 15,5$ и $\eta = 15,0\%$, для проектных гидратных установок с различными агентами $\eta = 16,5 \div 21,4\%$. В этом случае увеличение η при переходе от опытных установок к проектным ощутимо.

№ пп.	Тип установки	Место размещения	Год вступления в работу	Производительность, $\text{м}^3/\text{сутки}$	Краткая техническая характеристика и особенности установки	Соленость воды, %		Энергозатраты				Удельные капитальные затраты, $\text{долл.}/\text{м}^3$ в сутки	Себестоимость, $\text{центы}/\text{м}^3$	Источник информации	
						исходной	опресненной	электроэнергия, $\text{квт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$	пар		τ , %				
									t , $^{\circ}\text{C}$	КП					
1	Промышленная	Чили, Лас-Салнас	1925	20	Солнечная дистилляция	Дистиллированная					До 1	150000	7500	93	[6]
2	Проектная разработка	—	—	250	Роторная паровая компрессионная дистилляция	То же	17,00				5,7	115000	460		[6]
3	Промышленная	г. Шевченко	Строится 2-ой блок	27200	Дистилляция выпариванием на поверхности труб	1,34	1,06	0,25	120	3,50					[7]
4	Опытная	США, штат Техас, г. Фрипорт	1961	3785	Длиннотрубная многоступенчатая выпарка с падающей пленкой, 12 ступеней	3,50	2,14	0,09	121	10,50	7,2	1255712	330	38	[8,9]
5	То же	США, штат Калифорния, г. Сан-Диего	1962	3785	Многоступенчатое вскипание, 36 ступеней	3,36	0,85	0,12	121	9,60	5,1	1663246	440	34	[8,9]
6	*	США, штат Нью-Мексика, г. Россуэлл	1963	3785	Паровая компрессионная дистилляция с принудительной циркуляцией	1,50	14,70	Топливо 206 $\text{ккал}/\text{м}^3$	111	—		1794000	474		[8]
7	Промышленная	Остров Аруба (Голландская колония, Карибское море)	1959	10200	Шестиступенчатая выпарка			0,21	108	5 00	3,1	10200000	1000	33—53	[5]
8	Проектная разработка	—	—	57000	Многоступенчатое вскипание	3,40	Дистиллированная					10800000	190	14	[10]
9	То же	—	—	57000	То же	3,40	То же					97400000	170	10	[11]
10	*	—	—	185000	То же, 52 ступени	3,50	*	0,073		13,65	8,9	30700000	170	11,1	[10]
11	*	—	—	644000	Многоступенчатое вскипание с ядерным реактором тепловой мощностью 1500 Мвт	3,40	*					90000000	140	8,7	[10]
12	*	—	—	2350000	Многоступенчатое вскипание с ядерным реактором тепловой мощностью 8300 Мвт	3,40	*					24000000	102	6	[10]
13	*	—	—	10—30	Электролиз морской воды	3,50		36,00			2,7	33000	1100		[6]

№ п/п	Тип установки	Место размещения	Год вступления в работу	Производительность, $М^3/сутки$	Краткая техническая характеристика и особенности установки	Соленость воды, %		Энергозатраты					Удельные капиталовые затраты, $долл/м^3$ в сутки	Стоимость установок, долл.	Целевая информация	Источники информации
						исходной	опресненной	электроэнергия, $квт \cdot ч/м^3$	пар		КП, %					
									$t, ^\circ C$	$m, м^3$						
14	Промышленная	США, штат Калифорния, г. Коалинга	1959	106	Электролиз, 4 аппарата последовательно	0,233	0,040	3,44	-	-	-	2,2	105000	990	38	[11]
15	Опытная	США, штат Южная Дакота, г. Уэбстер	1961	950	Электролиз, 4 ступени	0,145-0,16	0,025	1,40	-	-	-	-	485900	530	37	[8]
16	Промышленная	США, штат Аризона, г. Баскей	1962	2460	Электролиз, 2 ступени	0,21	0,050	3,20	-	-	-	-	297741	121	13,7	[12]
17	Промышленная	Южно-Африканский Союз, г. Гедула	1958	10900	Электролиз, пергаментные дешевые мембраны	0,28-0,31 (шахтная вода)	0,050	3,30	-	-	-	2,3	797600	73	29,7-42,6	[5]
18	Проектная разработка	-	-	37850	Обратный осмос	3,50	0,050	Стоимость энергии 16,42% от себестоимости воды	-	-	-	-	26,5	26,5	26,5	[5]
19	То же	-	-	37850	То же	3,50	0,050	10,00	-	-	-	≈ 10	-	-	16	[5]
20	Опытная	США, штат Северная Каролина, г. Брайтсвилл, Бич	1960-1963	57	Замораживание путем вскипания части воды в вакууме 3 мм рт. ст.	3,50	0,030-0,035	-	-	-	-	-	-	-	16-26	[13]
21	То же	То же	Строится	75	Гидратный процесс, холодильный агент-пропан	3,50	-	6,64*	-	-	-	16,5	-	-	-	[14]
22	*	США, штат Флорида, о-в Уидан	1962	132	Замораживание в контакте с бутаном	3,44	0,050	6,90	-	-	-	15,5	50000	380	13	[15]
23	*	Япония	1960	190	Замораживание в контакте с изобутаном	-	-	7,13	-	-	-	15,0	100000	526	11*	[2]
24	Проектная разработка	-	-	3785	Гидратный процесс, холодильный агент-фреон-21	3,50	0,050	5,94	-	-	-	18,4	-	-	-	[5]
25	То же	-	-	3785	Гидратный процесс, холодильный агент-фреон-31	3,50	0,050	5,10	-	-	-	21,4	-	-	-	[5]

* При производительности 3785 $м^3/сутки$.

При работе гидратной установки с фреонами-12 и 21 на морской воде расходуется энергии около $6 \text{ квт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ (№ 24). В дистилляционном процессе, вырабатывающем такое же количество пресной воды и использующем также только электроэнергию (№ 6), расход энергии при работе на воде с 1,5%-ным содержанием солей составляет $14,7 \text{ квт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$, т. е. примерно в 2,5 раза больше.

При работе на воде с пониженной минерализацией расход энергии на замораживание и гидратообразование существенно понижается, в дистилляционных схемах энергозатраты не зависят от солевого содержания исходной воды.

Из таблицы видно, что в процессах электролиза $\eta=2,2$. При работе на солоноватой воде (до 0,3% солей) расход электроэнергии $1,4\text{—}3,3 \text{ квт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$.

Сопоставление по капитальным затратам. Подобное сопоставление представляет известную трудность.

Сравнению подлежат установки, имеющие близкую производительность и работающие на воде одинакового солевого содержания. Последним условием для дистилляционных схем можно пренебречь, поскольку их работа практически не зависит от солености исходной воды. Это положение тем вернее, чем меньше число ступеней в дистилляционной установке.

Необходимо различать промышленные, опытные и проектные установки, чтобы сравнивать их в пределах одной категории. В сводной таблице можно подобрать группы установок различного принципа действия, отвечающие вышеперечисленным требованиям.

Солнечная дистилляция потребляет даровую энергию солнца, но требует очень больших капитальных затрат (№ 1).

Паровая компрессионная дистилляционная установка (№ 2) и замораживающие установки (№ 22 и 23) имеют близкую производительность ($100\text{—}400 \text{ м}^3/\text{сутки}$) и сопоставимые удельные капитальные затраты ($400\text{—}500 \text{ долл}/(\text{м}^3/\text{сутки})$).

Данные работы японской замораживающей установки (№ 23) были использованы для расчета подобной схемы производительностью $3785 \text{ м}^3/\text{сутки}$. Капитальная стоимость такой установки оказалась менее 1 млн. долл., т. е. значительно ниже, чем в вышеназванных опытных дистилляционных установках той же производительности.

Сведения о капитальных затратах на гидратные схемы в литературе не приводятся. Однако, так как гидратный метод полностью использует технику замораживающего процесса и осуществляется при температурах выше температуры замораживания, можно

утверждать, что вследствие уменьшения тепловой нагрузки ряда аппаратов, а также уменьшения производительности дополнительного компрессора капиталовложения в этот процесс должны быть меньше, чем в замораживающей установке.

Если сравнить капитальные вложения на дистилляционной установке с замораживающими установками, то при сопоставимой производительности они у первых значительно выше.

Капитальная стоимость электролизных установок в значительной мере зависит от стоимости применяемых мембран. Как правило, при опреснении солоноватых вод с помощью электролиза с мембранами, имеющими малый срок службы, затраты невелики ($100\text{—}200 \text{ долл}/(\text{м}^3/\text{сутки})$).

Примерно 10% себестоимости опресненной воды составляют затраты на обслуживание (зарплата, мелкий текущий ремонт и пр.). Эта составляющая примерно одинакова для дистилляционных и замораживающих методов, но несколько выше для мембранных процессов в связи с частой заменой мембран и чистой водой фильтров.

Себестоимость пресной воды. Анализ таблицы показывает, что себестоимость пресной воды примерно сопоставима для дистилляционных установок и электролиза солоноватых вод. Себестоимость пресной воды, полученной холодильными методами, самая низкая. Вода стоимостью $10\text{—}12 \text{ цент}/\text{м}^3$ может быть получена в замораживающих установках производительностью около $40000 \text{ м}^3/\text{сутки}$. При дистилляции с такой себестоимостью воду можно получить только в значительно более крупных установках. Установки № 8—12 показывают, как изменяется стоимость воды при увеличении производительности.

Поскольку техника опреснения дистилляцией хорошо разработана, дальнейшее снижение стоимости ее затруднительно. Это подтверждается тем, что сравнительно низкие стоимости ($6 \text{ цент}/\text{м}^3$), как показывают расчеты (установка № 12), могут быть получены в установках с производительностью $1\text{—}2 \text{ млн. м}^3/\text{сутки}$.

Даже применение дешевого низкопотенциального пара, вырабатываемого ядерным реактором двухцелевого назначения, не изменяет этот вывод. Ожидаемая стоимость пресной воды при подсоединении дистилляционных опреснительных установок производительностью от 50000 до $300000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ к АЭС колеблется от 30 до $11 \text{ коп}/\text{м}^3$ [7].

Там, где имеется дешевая тепловая энергия, наиболее просто применять дистилляцию. Но тепловую энергию без промежуточной вы-

работки электрической энергии можно также использовать для привода холодильной установки. Это осуществимо, если пар с ТЭЦ или АЭС направлять в турбину, соединенную общим валом с турбокомпрессором опреснительной установки, т. е. схема будет исключать преобразование работы в электроэнергию, что сопряжено с дополнительными затратами на электрооборудование и потерями энергии.

Как показывают расчеты, 1 кг пара с температурой 120°C в гидратной установке даст 26 кг пресной воды, в дистилляционной — не более 12—13 кг.

Выводы

Сопоставление по энергетическому совершенству холодильных методов и дистилляции (при соизмеримых затратах на установку и обслуживание) определяет для первых самую низкую себестоимость пресной воды.

Электролиз конкурентоспособен по отношению к другим методам только при опреснении вод с малым содержанием соли (до 0,3%).

Применение атомной энергии для опреснения не уменьшает себестоимость пресной воды. В этом направлении предстоит еще значительная работа.

Гидратный метод опреснения — один из наиболее перспективных. Он пригоден для установок средней и крупной производительности, для опреснения соленой воды с любым доэвтектическим значением соледержания. Гидратная установка может потреблять не

только электроэнергию, но и низкопотенциальный пар с ТЭЦ или АЭС. В этом случае все достоинства применения атомной энергии используются полностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saline water conversion. Symposium 137th National Meeting of the American Chemical Society. Advances in Chemistry series, 1960, № 27.
2. Othmer D. F. British Chemical Engineering, 1961, vol. 6, № 11.
3. Harry I. Miller. Butane-propane news, 1964, April.
4. Knox W. G., Gess M., Jones G. E. and Smith H. B. Chemical Engineering progress, 1961, № 2.
5. Saline water conversion. Properties of the Hydrates of Fluorocarbons 142b and 12B1, Advances in chemistry series № 38, 1962.
6. Spiegler K. S. Salinewater purification, 1961.
7. Клячко В. А. и др. «Вестник Академии наук СССР», 1965, № 6.
8. James K. Can. Saline water conversion programme, USA, Arid zone № 21, 1963, September.
9. Chemical Engineering Progress, 1965, № 8.
10. The Journal of Refrigeration, 1966, vol. 9, № 3.
11. Journal American water works association, 1960, vol. 52, № 5.
12. Harry I. Miller. Water and Sewage works, 1962, January.
13. Saline water conversion by Freezing process, Modern Refrigeration, 1962, March.
14. I. G. Muller. Chemical Engineering Progress, 1963, December.
15. Мартыновский В. С., Смирнов Л. Ф. Термодинамический анализ основных методов опреснения морских и соленых вод. «Теплоэнергетика», 1966, № 6.

УДК 621.57.041

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Канд. техн. наук, доц. Г. В. ЛИХНИЦКИЙ, канд. техн. наук А. Б. БАРЕНБОЙМ, В. П. ДОРОХИН —
Одесский технологический институт пищевой и холодильной промышленности

Надежность работы холодильного компрессора в значительной степени определяется герметичностью и износоустойчивостью сальника. В современных бескрейцкопфных фреоновых и аммиачных компрессорах применяют преимущественно пружинные сальники с кольцами трения сталь—углеграфит, конструкции которых разработаны и испытаны ВНИИХолодмашем совместно с ВНИИХИ [1].

На рис. 1 схематически показаны типичная

конструкция сальника поршневых холодильных компрессоров и силы, действующие в нем.

В корпусе (крышке) 3 на резиновой прокладке установлено неподвижное кольцо 2. Подвижное кольцо 1 вращается вместе с валом 5, прижимается к кольцу 2 пружиной 4. Резиновое кольцо 6 передает вращение кольцу 1 и создает уплотнение по валу.

В сальниках торцового типа уплотнение создается за счет осевой силы P_0 , с которой по-