

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201800562 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.05.29

(51) Int. Cl. B01D 1/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.11.12

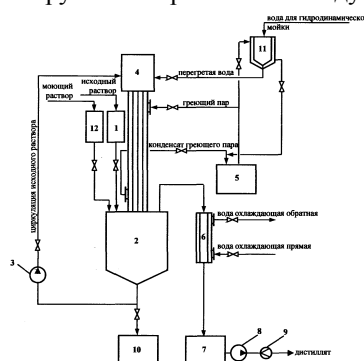
(54) СПОСОБ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ В ПЛЕНОЧНОМ ИСПАРИТЕЛЕ

(96) 2018000139 (RU) 2018.11.12

(71) Заявитель:
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"БАРОМЕМБРАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ" (ООО "БМТ") (RU)

(72) Изобретатель:
Поворов Александр Александрович,
Павлова Валентина Федоровна,
Кротова Мария Витальевна,
Москвицов Александр Сергеевич
(RU)

(57) Изобретение относится к испарению воды из солевых растворов в пленочном испарителе и может быть использовано для концентрирования как водных растворов минеральных солей, так и органических сред, включая труднорастворимые соединения. Способ заключается в том, что испарение воды из солевых растворов проводят с периодической гидродинамической мойкой трубок пароводяным потоком. Солевой раствор подается в пленочный испаритель, распределяется по трубкам, испарение воды из солевого раствора осуществляется в нисходящем пленочном режиме, выход вторичного пара совпадает с движением солевого раствора. При снижении производительности пленочного испарителя на 5-10% проводится гидродинамическая мойка трубок путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на 10-20°C выше, чем температура кипения солевого раствора. Объем перегретой воды для проведения гидродинамической мойки составляет 1,0-1,5 внутреннего объема трубок. Проведение гидродинамических моек позволяет сократить периодичность проведения химических моек не менее чем в 4 раза. Увеличение периода между химическими мойками и сокращение их количества снижает эксплуатационные затраты на процесс испарения и уменьшает коррозионное поражение теплопередающих поверхностей трубок испарительного модуля.



Предлагаемый способ испарения воды из солевых растворов в пленочном испарителе

201800562
A1

201800562

A1

СПОСОБ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ В
ПЛЕНОЧНОМ ИСПАРИТЕЛЕ

Изобретение относится к испарению воды из солевых растворов в пленочном испарителе и может быть использовано для концентрирования как водных растворов минеральных солей, так и органических сред, включая труднорастворимые соединения.

Известны способы испарения водных растворов в пленочных испарителях кожухотрубчатого типа, включающие подачу исходного раствора в верхнюю часть аппарата, его распределение с равномерным орошением трубок, испарение стекающего в виде пленки раствора, выход вторичного пара из нижней части аппарата. Каждый из способов, включающий перечисленные стадии, может быть использован для испарения воды из солевых растворов [1].

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому техническому результату к предлагаемому способу является способ испарения, включающий распределение солевого раствора по трубкам, испарение воды из солевого раствора в нисходящем пленочном режиме, выход вторичного пара, совпадающий с движением солевого раствора, периодическую регенерацию трубок химической мойкой [2 (прототип)].

Данный способ предназначен для испарения воды из солевых растворов и позволяет концентрировать водные растворы при высоких коэффициентах теплопередачи, но имеет недостаток – необходимость проведения частых химических моек для удаления солевых отложений на теплопередающих поверхностях и восстановления коэффициента теплопередачи, и, как следствие, высокую себестоимость испарения воды.

Целью изобретения является уменьшение себестоимости испарения воды из солевых растворов за счет снижения эксплуатационных затрат на химические мойки при регенерации трубок.

Поставленная цель достигается тем, что между регенерацией трубок химической мойкой проводят гидродинамическую мойку трубок пароводяным потоком путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на $10 \div 20^\circ \text{C}$ выше, чем температура кипения солевого раствора.

Из литературных данных [3] известно, что при эксплуатации теплообменного оборудования часто возникают проблемы, связанные со снижением теплопередачи за счет образования внутри трубопроводов различного типа отложений и накипи. Особенно это касается трубопроводов небольшого диаметра, в частности теплообменных трубок испарительного модуля выпарных аппаратов.

Эксплуатация при повышенных температурах и одновременном действии агрессивных сред (растворов минеральных солей и органических сред) приводит к тому, что на внутренних поверхностях трубок с течением времени, образуются довольно прочные слои различных отложений, куда входят соли жесткости, продукты коррозии, другие типы механических загрязнений. Это приводит к возникновению тепловых перекосов в различных зонах теплообмена и оказывает негативное влияние на работу аппарата в целом.

Для удаления отложений с теплопередающих поверхностей проводят химическую мойку с использованием кислотных моющих средств. К ним относятся в основном водные растворы «сильных» минеральных кислот: азотная кислота, серная кислота, амидосульфоновая (сульфаминовая) кислота, ингибированная соляная кислота.

Однако частое применение кислотных моющих средств кроме увеличения эксплуатационных затрат на процесс испарения может привести к коррозионному поражению теплопередающих поверхностей трубок испарительного модуля.

Увеличение периода между химическими мойками и сокращение их количества может быть обеспечено путем проведения гидродинамической мойки (очистки) трубок.

Гидродинамическая очистка – это очистка поверхностей с помощью паро-жидкостного потока, движущегося в трубках с большой скоростью. Возникающие при этом турбулентные вихри обеспечивают достаточно эффективное удаление отложений с внутренней поверхности теплообменных трубок. Для промывки используется дистиллят без добавления химических реагентов. Перед подачей дистиллят подогревается до температуры на $10 \div 20^\circ \text{C}$ выше температуры кипения солевого раствора. Преимуществом данного метода перед механическим и химическим является отсутствие негативного влияния на материал оборудования.

Эффективность гидродинамической мойки зависит в первую очередь от степени турбулизации паро-жидкостного потока, который образуется при мгновенном вскипании перегретой воды, подаваемой в зону испарения солевого раствора, имеющего меньшее давление. Доля пара будет тем выше, чем больше температура перегретой воды. Однако при этом увеличиваются затраты энергии на нагрев воды. Кроме того давление в кожухотрубчатом испарителе может превысить 0,7 атм, что потребует получения разрешения Ростехнадзора для эксплуатации сосудов под давлением. При уменьшении доли пара в паро-жидкостном потоке уменьшается турбулизация потока, а соответственно и степень очистки трубок кожухотрубчатого теплообменника от солевых отложений.

Экспериментально установлено, что температура перегретой воды должна превышать температуру кипения солевого раствора на $10 \div 20^\circ \text{C}$.

Эффективность гидродинамической мойки, а, следовательно, и полнота смыва образовавшихся солевых отложений и накипи с поверхности теплообменных трубок зависит от объема подаваемой перегретой воды.

При увеличении количества перегретой воды создается барботажный режим движения жидкости в трубках испарителя, поднимающий рыхлые отложения с поверхности трубок и переводящий их во взвешенное состояние. При этом происходит полное восстановление производительности

испарителя. Однако при этом увеличивается расход перегретой воды и, как следствие, энергозатраты на ее подогрев.

При уменьшении количества перегретой воды осуществляется неполный смыв образовавшихся отложений и восстановление теплопередачи.

Экспериментально установлено, что оптимальный объем перегретой воды составляет $1,0 \div 1,5$ внутреннего объема трубок.

Частота проведения гидродинамической мойки зависит от степени снижения производительности пленочного испарителя. Снижение производительности будет тем меньше, чем чаще будут производиться гидродинамические мойки. Однако при этом увеличивается расход воды на проведение мойки, а также затраты энергии на ее нагрев. Чем реже будут производиться гидродинамические мойки, тем большее снижение производительности испарителя будет происходить и тем быстрее потребуются проведение химической мойки. Увеличение частоты проведения химических моек повлечет за собой увеличение эксплуатационных затрат на процесс испарения, а также постепенное коррозионное поражение теплопередающих поверхностей трубок испарительного модуля.

Экспериментально установлено, что оптимально осуществлять гидродинамическую мойку при снижении производительности пленочного испарителя на 5-10%.

Примеры

Пример 1.

Солевой раствор подавался для испарения в пленочный испаритель с нисходящим пленочным режимом течения жидкости, восстановление производительности которого осуществлялось гидродинамической мойкой. Мойка производилась путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором. Температура перегретой воды составляла на 5, 10, 15, 20, 25 °С выше температуры кипения солевого раствора. Производительность по дистилляту увеличивается при увеличении температуры перегретой воды на 20 °С выше температуры кипения солевого раствора. Дальнейшее увеличение

температуры перегретой воды нецелесообразно. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Начальная производительность испарителя по дистилляту (выпаренной влаги), л/ч	Производительность по дистилляту, л/ч после проведения гидродинамической мойки путем подачи перегретой воды различной температуры				
		5	10	15	20	25
1	30	28	28,7	29,0	29,5	29,6
2	100	93,5	95,0	96,7	98,3	98,4

Пример 2.

Солевой раствор подавался для испарения в пленочный испаритель с нисходящим пленочным режимом течения жидкости, восстановление производительности которого осуществлялось гидродинамической мойкой. Мойка производилась путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на 20 °С выше температуры кипения солевого раствора. Объем перегретой воды при гидродинамической мойке составлял 0,5; 1; 1,25; 1,5; 2,0 внутреннего объема трубок. Производительность по дистилляту увеличивается при увеличении объема перегретой воды до 1,5 внутреннего объема трубок. Дальнейшее увеличение объема перегретой воды нецелесообразно. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

№	Начальная производительность испарителя по дистилляту (выпаренной влаги), л/ч	Производительность по дистилляту, л/ч после проведения гидродинамической мойки с разным объемом перегретой воды				
		0,5	1,0	1,25	1,5	2,0
1	30	28	28,5	29,0	29,5	29,5
2	100	93,5	95,0	96,7	98,3	98,4

Пример 3.

Солевой раствор подавался для испарения в пленочный испаритель с нисходящим пленочным режимом течения жидкости, восстановление производительности которого осуществлялось гидродинамической мойкой.

Мойка производилась путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на 20 °С выше температуры кипения солевого раствора. Объем перегретой воды при гидродинамической мойке составлял 1,5 внутреннего объема трубок. Гидродинамическая мойка осуществлялась при падении производительности испарителя на 3, 5, 7, 10, 15%.

Длительность работы испарителя до необходимости проведения химической мойки увеличивается при увеличении частоты проведения гидродинамических моек до 1 раза/2 сут. Дальнейшее увеличение частоты проведения гидродинамических моек нецелесообразно. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3

Падение производительности, % при котором проводилась гидродинамическая мойка	15	10	7	5	3
Частота проведения гидродинамических моек	1раз/ нед	1раз/ 5 сут	1раз/ 3 сут	1раз/ 2 сут	1раз/ 1,5 сут
Длительность работы испарителя до снижения производительности на 30%, дней	40	48	52	56	60

Пример 4.

Солевой раствор подавался для испарения в пленочный испаритель с нисходящим пленочным режимом течения жидкости. При падении производительности испарителя на 5% осуществлялась гидродинамическая мойка. Мойка производилась путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на 20 °С выше температуры кипения солевого раствора, при этом объем перегретой воды составлял 1,5 внутреннего объема трубок. Результаты испытаний приведены в таблице 4.

Через 14 суток (2 недели) работы испарителя его производительность снижалась на 30%, после чего производилась химическая мойка трубок с использованием раствора азотной кислоты. При проведении гидродинамических моек 1 раз/2 суток снижение производительности на 30% произошло через 56 суток (8 недель). Таким образом, проведение гидродинамических моек позволяет снизить периодичность проведения химических моек в 4 раза.

Результаты испытаний приведены в таблице 4 и на графике фиг.1.

Таблица 4

Время, сут	Производительность испарителя по дистилляту (выпаренной влаге), л/ч	
	без проведения гидродинамических моек	с проведением гидродинамических моек
0	30	30
2	28,7	28,5/29,7
4	27,4	28,2/29,4
6	26,1	27,9/29,0
8	24,9	27,6/28,7
10	23,6	27,3/28,4
12	22,3	27/28,1
14	21; 30 (после проведения химической мойки)	26,7/27,8
16	28,7	26,4/27,4
18	27,4	26,1/27,1
20	26,1	25,8/26,8
22	24,9	25,4/26,5
24	23,6	25,1/26,1
26	22,3	24,8/25,8
28	21; 30 (после проведения химической мойки)	24,5/25,5
30	28,7	24,2/25,2
32	27,4	23,9/24,9
34	26,1	23,6/24,5
36	24,9	23,3/24,2
38	23,6	23,0/23,9
40	22,3	22,7/23,6
42	21; 30 (после проведения химической мойки)	22,4/23,3
44	28,7	22,1/22,9
46	27,4	21,7/22,6

48	26,1	21,4/22,3
50	24,9	21,1/22
52	23,6	22,0/20,8
54	22,3	21,6/20,4
56	21; 30 (после проведения химической мойки)	21,3/30 (после проведения химической мойки)

Таким образом, проведение гидродинамических моек позволяет сократить периодичность проведения химических моек не менее чем в 4 раза.

На фиг.2 представлена схема, отражающая предлагаемый способ испарения воды из солевых растворов.

Исходный солевой раствор с общим солесодержанием 50 г/л подается в пленочный испаритель производительностью по дистилляту 30 л/ч.

По известному способу вода подается в пленочный испаритель, распределяется по трубкам, испарение воды из солевого раствора осуществляется в нисходящем пленочном режиме, выход вторичного пара совпадает с движением солевого раствора, периодически проводится регенерация трубок от отложений солей химической мойкой.

По предлагаемому способу вода подается в пленочный испаритель, распределяется по трубкам, испарение воды из солевого раствора осуществляется в нисходящем пленочном режиме, выход вторичного пара совпадает с движением солевого раствора, периодически проводится регенерация трубок от отложений солей химической мойкой.

Между регенерацией трубок химической мойкой проводят гидродинамическую мойку трубок пароводяным потоком путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на $10\div 20^{\circ}\text{C}$ выше, чем температура кипения солевого раствора

Исходный раствор из емкости 1 самотеком поступает в нижнюю камеру испарителя 2, откуда насосом 3 подается на распределитель потока в верхнюю часть испарителя 4 и в виде тонкой пленки стекает по внутренним стенкам труб. В межтрубное пространство для нагрева раствора и испарения жидкости подается пар от электропарогенератора 5. Образующаяся паро-

жидкостная смесь на выходе из трубчатки разделяется на жидкую и паровую фазы.

Водяной пар из испарителя поступает в теплообменник 6, где конденсируется, охлаждается до температуры 45°C и сливается в емкость дистиллята 7, из которой постоянно откачивается насосом поз. 8. Количество откачиваемого дистиллята измеряется расходомером 9.

Часть насыщенного раствора солей из нижней части испарителя 2 отбирается в виде готового продукта в емкость 10. Объем отбора регулируется автоматически по уровню в нижней части испарителя 2.

При снижении производительности по дистилляту на $5 \div 10\%$ производится операция гидродинамической мойки трубок испарителя, для чего осуществляется подача перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой на $10 \div 20^{\circ}\text{C}$ выше, чем температура кипения солевого раствора, из емкости 11 на распределитель потока в верхнюю часть испарителя 4. Объем перегретой воды составляет $1,0 \div 1,5$ внутреннего объема трубок.

Операция химической мойки оборудования выполняется при снижении производительности по дистилляту на 30% , для чего в емкость 12 заливается моющий раствор, который самотеком поступает в нижнюю камеру испарителя 2, после чего осуществляется его циркуляция в течение $5 \div 8$ часов с помощью насоса 3.

Таблица 5

Технико-экономические показатели двух способов испарения воды из солевых растворов в кожухотрубчатом испарителе

№ п/п	Показатель	Значение показателя	
		Известный способ	Предлагаемый способ
1.	Производительность по дистилляту, л/час	30	30
2.	Периодичность проведения гидродинамической мойки, раз/мес	-	15
3.	Периодичность проведения	2	0,5

	химической мойки, раз/мес		
4.	Расход воды на проведение гидродинамической мойки, л/год	-	1200
5.	Расход 1%-ной азотной кислоты на проведение химической мойки, л/год	960	240
6.	Расход электроэнергии на испарение 1 м ³ воды, кВт	660	660
7.	ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ НА ИСПАРЕНИЕ 1 М ³ ВОДЫ (без учета заработной платы), руб.	4200	3500

Таким образом использование предлагаемого способа позволяет уменьшить эксплуатационные затраты на испарение 1 м³ воды на 16,7%

Генеральный директор
ООО «БМТ»



Поворов А.А.

Список литературы

1. Пленочные испарители. Удыма П.Г. /Под ред. А.М. Бакластова. – М.: Моск. энерг. ин-т, 1985.
2. Авторское свидетельство СССР №799840, С23 G 5/00, 30.01.81/ Способ мойки вакуум-выпарной установки - прототип.
3. Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования. Материалы II конференции, ч. I, Москва, 2007 г.

Формула изобретения:

п.1. Способ испарения воды из солевых растворов в пленочном испарителе, включающий распределение солевого раствора по трубкам, испарение воды из солевого раствора в нисходящем пленочном режиме, выход вторичного пара, совпадающий с движением солевого раствора, периодическую регенерацию трубок химической мойкой от отложений солей, отличающийся тем, что между регенерацией трубок химической мойкой проводят гидродинамическую мойку трубок пароводяным потоком путем подачи перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой перегретой воды на $10 \div 20^\circ \text{C}$ выше, чем температура кипения солевого раствора.

п.2. Способ по п.1 отличающийся тем, что объем перегретой воды составляет $1,0 \div 1,5$ внутреннего объема трубок.

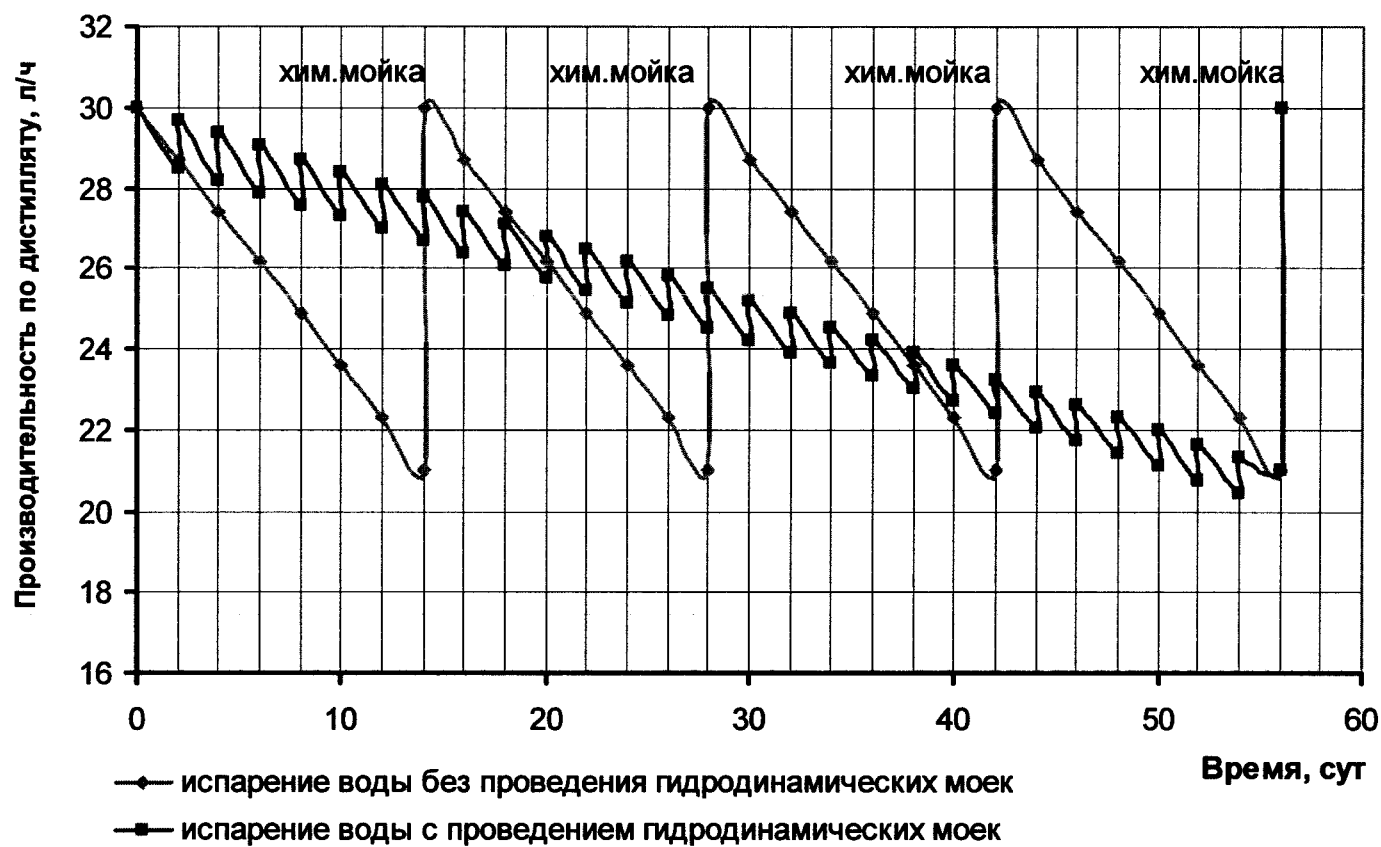
п.3. Способ по п.1 отличающийся тем, что гидродинамическую мойку проводят при снижении производительности пленочного испарителя на 5-10%.

Авторы:
Поворов А.А.
Павлова В.Ф.
Кротова М.В.
Москвицов А.С.

Генеральный директор
ООО «БМТ»

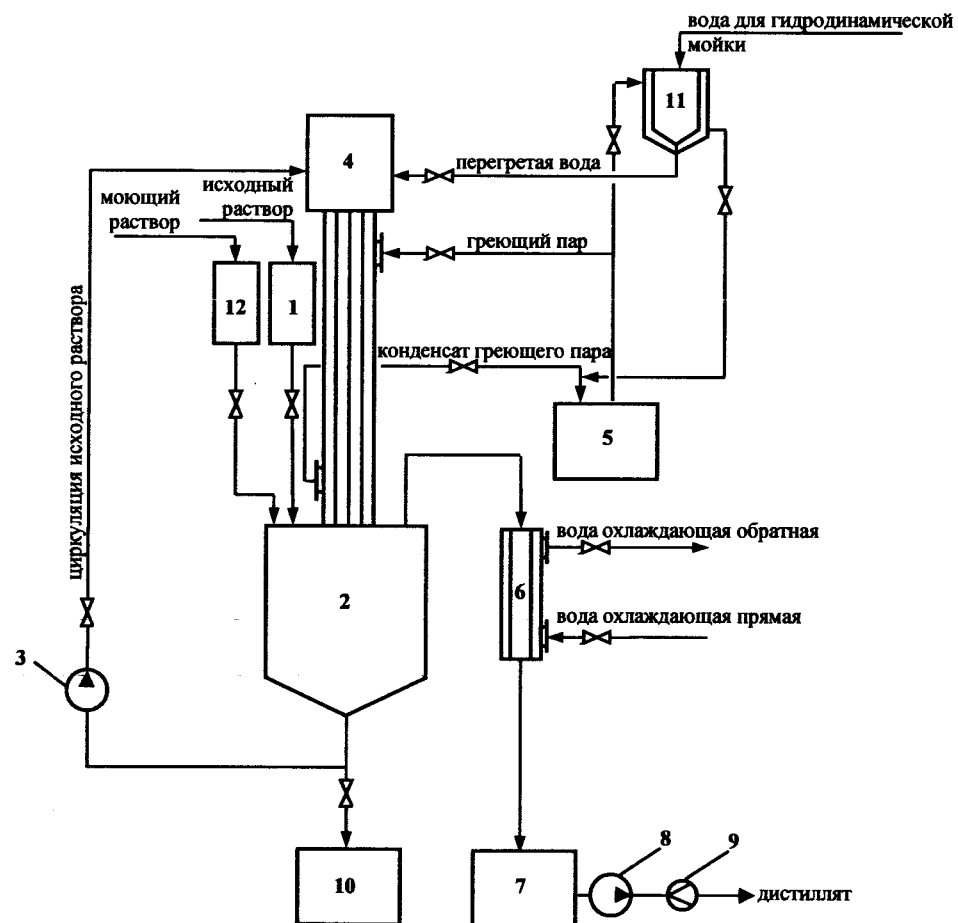


Поворов А.А.



Фиг.1 Испарение воды из солевых растворов с проведением и без проведения гидродинамических моек

СПОСОБ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ В ПЛЕНОЧНОМ ИСПАРИТЕЛЕ



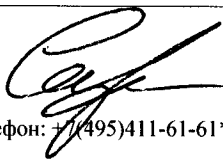
Фиг. 2. Предлагаемый способ испарения воды из солевых растворов в пленочном испарителе

ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ
ПОИСКЕ(статья 15(3) ЕАПК и правило 42
Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201800562

Дата подачи: 12/11/2018		Дата испрашиваемого приоритета:
Название изобретения: СПОСОБ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ ИЗ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ В ПЛЕНОЧНОМ ИСПАРИТЕЛЕ		
Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "БАРОМЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ"		
☐ Некоторые пункты формулы не подлежат поиску (см. раздел I дополнительного листа). ☐ Единство изобретения не соблюдено (см. раздел II дополнительного листа)		
А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: B01D 1/00 (01/01/2006)		
Согласно Международной патентной классификации (МПК)		
Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:		
Минимум просмотренной документации (система классификации и индексы МПК) B01D		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в область поиска:		
В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
Y	JPH 0616801 B 01.11.1989 фиг.1, 2, пар.[0001]	1
Y	CN 102107897 B 29.06.2011 фиг.1, пар.[0001] - [0014]	1
A	П.Г. Удыма «Учебное пособие по курсу Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок. Пленочные испарители», М., 1985, Московский Энергетический Институт, весь документ.	1 - 3
☐ последующие документы указаны в продолжении графы В ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "А" документ, определяющий общий уровень техники "Е" более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее "О" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. "Р" документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета "D" документ, приведенный в евразийской заявке "Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения "Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности "У" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории "&" документ, являющийся патентом-аналогом "L" документ, приведенный в других целях		
Дата действительного завершения патентного поиска: 04/06/2019		
Уполномоченное лицо: Главный эксперт Отдела механики, физики и электротехники		 А.И. Сафронов Телефон: +7(495)411-61-61*327