

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036045**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.09.17

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

(21) Номер заявки
201800562

(22) Дата подачи заявки
2018.11.12

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

(43) **2020.05.31**

(56) JPH-B-0616801
CN-B-102107897

(96) **2018000139 (RU) 2018.11.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"БАРОМЕМБРАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ" (ООО "БМТ") (RU)**

П.Г. Удыма "Учебное пособие по курсу Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок. Пленочные испарители". - М., 1985, Московский Энергетический Институт, весь документ

(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.

B1

036045

**036045
B1**

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 10-20°C выше, чем температура кипения солевого раствора, объемом перегретой воды, составляющим 1,0-1,5 внутреннего объема трубок.

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 парожидкостного 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 10-20°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 парожидкостного 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 парожидкостном 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 10-20°C.

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

гретой 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 1,0-1,5 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°C выше температуры кипения солевого раствора. Производительность по дистилляту увеличивается при увеличении температуры перегретой воды на 20°C выше температуры кипения солевого раствора. Дальнейшее увеличение температуры перегретой воды нецелесообразно. Результаты испытаний приведены в табл. 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°C 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 табл. 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°C 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 табл. 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 соевым раствором с температурой перегретой воды на 20°C выше температуры кипения солевого раствора, при этом объем перегретой воды составлял 1,5 внутреннего объема трубок. Результаты испытаний приведены в табл. 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 табл. 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 10-20°C выше, чем температура кипения солевого раствора, объемом перегретой воды, составляющим 1,0-1,5 внутреннего объема трубок.

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 парожидкостная смесь на выходе из трубочки 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 5-10% производится операция гидродинамической мойки трубок испарителя, для чего осуществляется подача перегретой воды вместе с солевым раствором с температурой на 10-20°C выше, чем температура кипения солевого раствора, из емкости 11 на распределитель потока в верхнюю часть испарителя 4. Объем перегретой воды составляет 1,0-1,5 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 5-8 ч 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 химической мойки, раз/мес | 2 | 0,5 |
| 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%.

Список литературы.

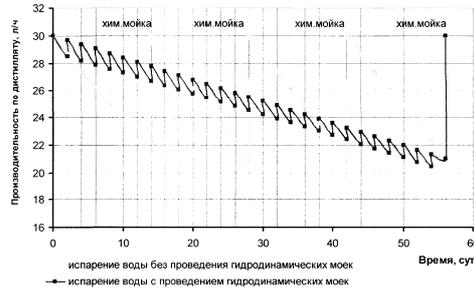
1. Удыма П.Г. Пленочные испарители/ Под ред. А.М. Бакластова. - М: Моск. энерг. ин-т, 1985.
2. Авторское свидетельство СССР № 799840, С23G 5/00, 30.01.81/ Способ мойки вакуум-выпарной установки - прототип.
3. Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования. Материалы II конференции, ч. I, Москва, 2007 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

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 10-20°C выше, чем температура кипения солевого раствора, объемом перегретой воды, составляющим 1,0-1,5 внутреннего объема трубок.

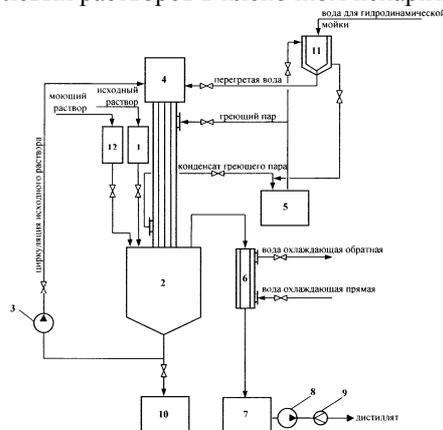
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что гидродинамическую мойку проводят при снижении производительности пленочного испарителя на 5-10%.

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



Фиг. 1

Предлагаемый способ испарения воды из солевых растворов в пленочном испарителе



Фиг. 2

