

Изобретение относится к области теплообменных приборов, работающих по принципу смешивания жидкости и водяного пара, и может найти применение в различных отраслях для подогрева жидких сред.

Из уровня техники, относящегося к теплообменникам, работающим по принципу смешивания жидкости и водяного пара, наиболее близким по совокупности признаков является теплообменник, содержащий концентрично расположенные камеру распределения и сопло подачи пара и соосно расположенные с ними сопло подачи жидкости, образованное стенками конфузора и поверхностью сопла подачи пара, расположенного в конфузоре, за которым находится камера смешивания, диаметр которой равен выходному диаметру конфузора, и диффузор, входной диаметр которого равен диаметру камеры смешивания (см. а. с. СССР №1507299).

Известный теплообменник совпадает с заявляемым по следующим признакам: содержит камеру распределения с соплом подачи пара и соплом подачи жидкости, выходные отверстия которых сообщаются с конфузоре, причем сопло подачи расположено соосно с камерой распределения, конфузоре и камерой смешивания, диаметр которой равен выходному диаметру конфузора.

Однако известный теплообменник, выбранный в качестве прототипа, не обеспечивает достижение технического результата заявляемого изобретения, что обусловлено следующими причинами:

- соосное расположение элементов теплообменника обеспечивает мгновенную конденсацию пара в жидкости за счет создания скачка давления в двухфазном потоке, движущемся со скоростью, превышающей скорость распространения звука в ней, т. е. 10-50 м/с, что обеспечивается при переходе потока из сечения меньшего диаметра (камера смешивания) в сечение большего диаметра (диффузор), что требует высоких скоростей движения пара и жидкости через сопла;

- конструктивные особенности теплообменника, требующие высоких скоростей движения пара и жидкости, позволяют регулировать теплоотдачу только при скорости движения пара не менее 500 м/с, что обусловлено необходимостью разгона образующегося двухфазного потока до скорости, превышающей скорость распространения звука в ней;

- низкая надежность теплообменника, обусловленная тем, что мгновенность процесса конденсации пара в теплообменнике зависит от изменения гидравлического сопротивления в системе, к которой он подключен, так как повышение давления в системе, к которой он подключен, будет препятствовать достижению сверхзвуковой скорости двухфазного потока при тех же скоростях движения пара и жидкости, т. е. процесс конденсации пара в жидкости будет резко увеличиваться во времени, а теплоотдача - снижаться.

Задача, на решение которой направлено изобретение, состоит в создании тепло-обменника, в котором новое взаиморасположение его элементов позволило бы обеспечить мгновенную конденсацию пара в жидкости при скорости движения двухфазного потока меньшей, чем скорость распространения звука в нем, и за счет этого расширить диапазон регулирования теплоотдачи путем изменения расхода • сред, и повысить надежность работы теплообменника.

Поставленная задача решается в теплообменнике, содержащем камеру распределения с соплом подачи пара и соплом подачи жидкости, выходные отверстия которых сообщаются с конфузоре, причем сопло подачи жидкости расположено соосно с конфузоре и камерой смешивания, диаметр которой равен выходному диаметру конфузора, тем, что в отличие от прототипа, сопло подачи жидкости расположено концентрично камере распределения, при этом входное отверстие сопла подачи пара расположено в камере распределения, причем центры его входного и выходного отверстия лежат на окружностях, соосных с соплом подачи жидкости, а само сопло расположено в пространстве так, что проекция его оси на плоскость, в которой лежит ось сопла жидкости, составляет с ней угол 25-30°, а проекция его оси на плоскость, перпендикулярно к оси сопла подачи жидкости, составляет с ней угол 25-30°.

Частным случаем выполнения теплообменника является наличие нескольких, преимущественно четырех, сопел подачи пара, которые расположены на равном удалении друг от друга.

Частный случай выполнения теплообменника позволяет получить равномерное распределение пара в жидкости, и за счет этого повысить теплоотдачу, по сравнению с теплообменником с одним соплом. Однако количество сопел подачи пара не влияет на достижение технического результата заявленной совокупности существенных признаков, который обеспечивается за счет придания двухфазному потоку осевого и вращательного движения.

Между заявляемой совокупностью существенных признаков и техническим результатом существует следующая причинно-следственная связь.

Поток жидкости, перед поступлением в конфузор, смешивается с потоком пара, образуя двухфазную систему. При этом, благодаря расположению сопла подачи относительно оси сопла подачи жидкости, двухфазный поток, кроме осевого движения, приобретает и вращательное вращение относительно оси теплообменника. При движении потока через конфузор, диаметр которого уменьшается по направлению движения потока, происходит скачек давления, величина которого является результирующей скоростей осевого и вращательного движения, что обеспечивает мгновенную конденсацию пара в камере смешивания. Процесс мгновенной конденсации пара в жидкости при движении двухфазного потока со скоростью, меньшей скорости распространения звука в ней, как установили авторы, зависит от взаиморасположения осей сопла подачи пара и сопла подачи жидкости следующим образом; изменение угла расположения проекции оси сопла подачи пара на плоскость, в которой лежит ось сопла подачи жидкости, а также изменение ее проекции на плоскость, перпендикулярную к оси сопла подачи жидкости в большую или меньшую стороны от заявленного интервала приводит к резкому снижению скорости концентрации пара в жидкости, о чем свидетельствует температура потока на выходе из теплообменника. Влияние взаиморасположения осей сопла подачи пара и сопла подачи жидкости на температуру потока, выходящего из теплообменника, приведена в таблице. Так как конденсация пара в предложенном теплообменнике происходит мгновенно при скорости движения двухфазной среды меньшей, чем скорость распространения звука за счет изменения расхода одной из сред в широком диапазоне, т. к. нет необходимости за счет расхода сред обеспечивать необходимую скорость двухфазного потока. Кроме того, изменение давления в системе, в которой подключен

теплообменник не будет существенно влиять на скорость конденсации пара, так как ее конденсация происходит при дозвуковых скоростях, поэтому надежность предложенного теплообменника увеличивается.

Предложенный теплообменник поясняется следующими графическими материалами: на фиг. 1 приведен чертеж теплообменника, а на фиг. 2 - его разрез по А-А, где: камера распределения 1, отверстие подачи пара 2, сопло подачи жидкости 3, конфузор 4, камера смешивания 5, сопло подачи пара 6.

Теплообменник содержит концентрично расположенные: камеру распределения 1 с отверстием 2 подачи пара и сопло 3 подачи, жидкости, соосно расположенное с конфузуром 4 и камерой смешивания 5, диаметр которой равен выходному диаметру конфузора 4. Входное отверстие сопла 6 подачи пара расположено в камере 1 распределения, причем центры входного и выходного отверстия сопла 6 подачи пара лежит на окружности, соосной подачи жидкости, сопло 6 подачи пара расположено в пространстве так, что проекция его оси на плоскость, в которой лежит ось сопла подачи жидкости составляет с ней угол 25-30°, а проекция его оси на плоскость, перпендикулярную к оси сопла подачи жидкости 3, составляет с ней угол 25-30°. В случае, когда сопел 6 несколько, они расположены на равном удалении друг от друга.

Предложенный теплообменник работает следующим образом. Пар по трубопроводу (на фиг. 1 не показан) подается в камеру распределения 1 через отверстия 2 со скоростью 70-80 м/с. Одновременно по трубопроводу (на фиг. 2 не показан) подается жидкость со скоростью 3-5 м/с, которая через сопло поступает в конфузор 4, где смешивается с потоком пара, поступающим через сопло 6 и, благодаря их расположению, образующийся двухфазный поток, кроме осевого, приобретает и вращательное движение относительно оси теплообменника. Далее поток поступает в камеру смешивания 5, диаметр которой соответствует выходному диаметру конфузора 4, что обеспечивает создание скачка давления, величина которого является результирующей скоростью линейного и вращательного движения потока, что обеспечивает мгновенную конденсацию пара в теплообменнике. После камеры смешивания 5 нагретая жидкость подается к потребителю (на фиг. 1 не показан).

Пример 1.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, для чего в камеру распределения 1 через отверстие 2 подают пар с температурой 130°C, расход пара 0,111 кг/с, скорость 70 м/с. Одновременно через сопло 3 подают жидкость с температурой 10°C и расходом 0,111 кг/с, скорость 3 м/с, которая поступает в конфузор 4, где смешивается с паром, поступающим через сопло 6 подачи пара, которых в теплообменнике четыре. Сопла 6 подачи пара расположены так, что входное отверстие находится в камере 1 распределения, центры входного и выходного отверстия расположены на окружности, соосно с соплом подачи жидкости 3, а само сопло 6 подачи пара расположено в пространстве таким образом, что проекция ее оси на плоскость, в которой лежит ось сопла подачи жидкости, составляет с ней угол 25-30°, а ее проекция на плоскость, перпендикулярную к оси сопла, составляет угол 25-30°. Благодаря чему образующаяся двухфазная среда приобретает кроме линейного вращательное движение относительно оси теплообменника. Далее двухфазная среда поступает через конфузор 4 в камеру смешивания 5, диаметр которой равен выходному диаметру конфузора 4, что создает скачек давления, обеспечивающий мгновенную конденсацию пара. Температура воды на выходе из теплообменника 70°C.

Расчет теплового баланса, проведенный по формуле:

$$D_1 \cdot I_1 + G_b \cdot I_{10} = (Q + G_b) \cdot I_{10}$$

где D_1 - расход греющего пара (кг/с);

I_1 - энтальпия греющего пара (КДж/кг);

Q - количество тепла (Ккал);

G_b - расход нагреваемой воды (кг/с);

I_{10} - энтальпия нагреваемой воды с температурой 10°C

при значениях параметров пара и воды выполнения примера составляет 70°C, что подтверждает мгновенный характер конденсации пара в жидкости.

Пример 2. Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, описанном в примере 1 за исключением расположения сопел 6 подачи пара. Они расположены в пространстве так, что проекция оси сопла 6 на плоскость, в которой лежит ось сопла 3 подачи жидкости, образует с ней угол 30°, а проекция на плоскость, перпендикулярную к оси сопла 3 составляет с ней угол 30°.

Параметры среды на входе в теплообменник аналогичны примеру 1 за исключением скорости: пар - 80 м/с; вода - 5 м/с. Температура воды на выходе из теплообменника -70°C. Расчетная температура 70°C, что свидетельствует о мгновенной конденсации пара.

Пример 3.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, описанном в примере 1 за исключением расположений сопел подачи пара 6. Они расположены в пространстве так, что проекция оси сопла 6 на плоскость, в которой лежит ось сопла подачи жидкости 3, составляет с ней угол 20°, а проекция на плоскость, перпендикулярную к оси сопла, составляет 20°.

Параметры среды на входе аналогичны примеру 1. Температура воды на выходе из теплообменника 37°C, расчетная температура 70°C, что свидетельствует о низкой теплоотдаче в теплообменнике.

Пример 4.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, описанном в примере 1, за исключением расположения сопел 6 подачи пара. Сопло 6 расположено в пространстве так, что проекция его оси на плоскость, в которой лежит ось сопла подачи жидкости, составляет с ней угол 35°, а проекция ее на плоскость, перпендикулярную к оси сопла, составляет с ней угол 35°.

Параметры среды на входе аналогичны примеру 2. Температура воды на выходе из теплообменника 42°C, расчетная температура 70°, что свидетельствует о низкой теплоотдаче в теплообменнике, обусловленной длительностью процесса конденсации пара,

Пример 5.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, описанном в примере 1. Параметры сред на входе: пар - 130°C, расход 0,056 кг/с, скорость 70 м/с, вода 10°C, расход 0.056 кг/с, скорость 3 м/с. - Температура воды на выходе из теплообменника 70°C, расчетная температура 70°C, что свидетельствует о возможности урегулирования теплоотдачи за счет изменения расхода пара в жидкости.

Пример 6,

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, описанном в примере 1. Параметры сред на входе: пар - 130°C, расход 0.056 кг/с, скорость 70 м/с, вода - 10°C, расход-0,111 кг/с, скорость - 3 м/с.

Температура воды на выходе - 35°C, расчетная температура 35°C. что свидетельствует, подтверждает возможность регулирования теплоотдачи при изменении расхода одной из сред, когда скорость двухфазного потока меньше скорости распространения звука в ней..

Пример 7,

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, содержащем одно сопло 6 подачи пара. Сопло 6 расположено аналогично, как и в примере 1. Параметры воды и пара на входе в теплообменник аналогичны примеру

1. Температура воды на выходе из теплообменника 54°C, расчетная температура 70°C, что свидетельствует о снижении скорости конденсации пара в теплообменнике по сравнению с теплообменником, содержащим четыре сопла, из-за неравномерного распределения пара в воде. Однако скорость конденсации пара в воде остается высокой при дозвуковой скорости движения двухфазного потока меньшей, чем скорость распространения звука в ней.

Пример 8.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, содержащем одно сопло 6 подачи пара, расположенное в пространстве, так и в примере 2. Параметры пара и воды на входе в теплообменник аналогичны примеру 2. Температура воды на выходе из теплообменника 55°C, что свидетельствует о снижении скорости конденсации пара по-сравнению с теплообменником по примеру 2, вследствие неравномерного распределения пара в жидкости, но при скорости движения двухфазного потока меньшей, чем скорость распространения звука в ней.

Пример 9.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, содержащем одно сопло подачи пара 6, расположенное в пространстве аналогично соплу 6 примера 3. Параметры пара и воды на входе в теплообменник аналогичны примеру 1. Температура воды на выходе из теплообменника 27°C, что свидетельствует о резком падении скорости конденсации пара в жидкости.

Пример 10.

Осуществляют нагрев воды в теплообменнике, содержащем одно сопло подачи пара 6, расположенное в пространстве аналогично соплу 6 примера 4. Параметры пара и воды на входе в теплообменник аналогичны примеру 4,

Температура воды на выходе из теплообменника 29°C, расчетная температура 70°C, что свидетельствует о низкой теплоотдаче, вследствие резкого падения скорости конденсации пара.

Зависимость нагрева жидкости от взаиморасположения сопел

Угол наклона оси сопла	15	20	25	30	35	40
15	—	36	40	43	43	—
20	26	37	52	54	39	28
25	27	50	60	60	53	36
30	27	49	60	60	52	39
35	28	40	54	53	42	—
40	—	30	33	35	52	—
						°C

