

RESEARCH OF SHORT DIFFUSERS IMPLEMENTATION EFFICIENCY IN COMPACT HEAT EXCHANGERS

Yusha V.L., Vasilyev V.K., Filkin N.YU., Shipunova A.A.
Omsk State Polytechnic University

Abstract. Increasing of efficiency of air condenser with the help of cooling air distribution is considered. The relevance of research connected with preservation of the compact sizes of the heat exchange device is presented. The analysis of shortcomings of the existing designs on the basis of the tubular heat exchanger with the short diffuser is carried out. Various devices and recommendations about improvement of operation of the short diffuser are considered. The research objective consisting in an assessment of influence of a configuration of flowing part of the short diffuser on overall performance of the heat exchange device is formulated. The methodology of carrying out the engineering analysis of cooling equipment on the base of ANSYS CFX is developed. The calculation of tubular cooler characteristics with several alternatives of the inlet section is made; the analysis of results from the point of view of losses of pressure in the diffuser and amounts of the taken-away heat is carried out. The improvement in cooler work using guide rails for its inlet section is discovered.

Keywords: heat exchanger efficiency, short diffuser, air distribution, additional guide rails.

STUDIUL EFICIENȚEI UTILIZĂRII DIFUZOARELOR SCURTE ÎN SCHIMBĂTOARELE COMPACTE DE CĂLDURĂ

Iușa V.L., Vasiliiev V.K., Filchin N.Yu., Șipunova A.A.
Universitatea Națională Politehnică din Omsk, Federația Rusă

Rezumat. S-a examinat problema majorării eficienței răcitorului aerului urmare a îmbunătățirii distribuției fluxului aerului răcitor. Se argumentează actualitatea temei investigației, care este condiționată de necesitatea compactizării schimbătoarelor de căldură. S-a efectuat analiza deficiențelor soluțiilor constructive a schimbătoarelor tubulare de căldură cu difuzor scurt, precum și diverse realizări constructive a acestui tip de schimbătoare și a recomandărilor de îmbunătățire a funcționării schimbătoarelor cu difuzoare scurte. S-a formulat scopul investigației, care constă în estimarea gradului de influență a configurației geometrice a zonei de scurgere a difuzorului scurt asupra eficienței proceselor de schimb de căldură în aceste aparate. S-a elaborat metoda inginerescă de analiză a utilajului de răcire cu utilizarea elementelor de ghidare în zona de intrare a schimbătorului de căldură.

Cuvinte-cheie: eficiența schimbătorului de căldură, difuzor scurt, distribuire a aerului, elemente de ghidare.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОРОТКИХ ДИФFUЗОРОВ В КОМПАКТНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ

Юша В.Л., Васильев В.К., Филькин Н.Ю., Шипунова А.А.
Омский государственный технический университет

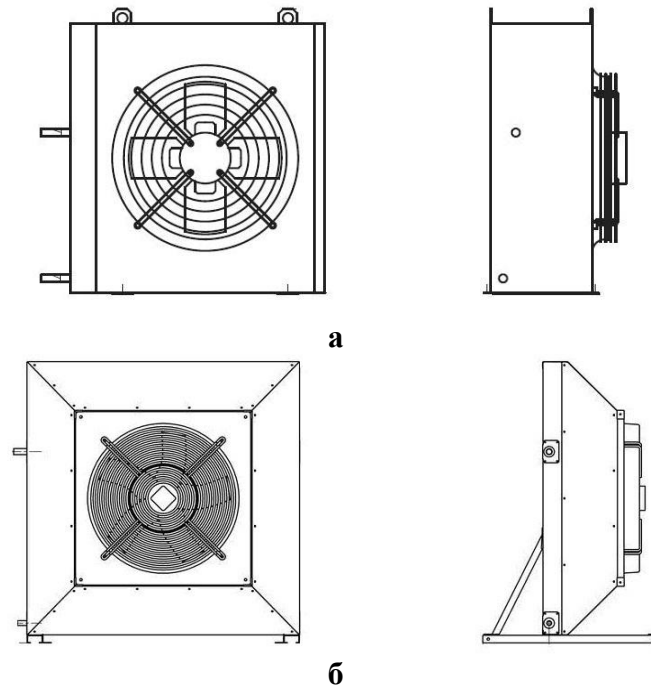
Аннотация. Рассмотрено повышение эффективности воздушного охладителя с помощью улучшения распределения охлаждающего воздуха. Представлена актуальность исследования, связанная с сохранением компактных размеров теплообменного аппарата. Проведен анализ недостатков существующих конструкций на базе трубчатого теплообменника с коротким диффузором. Рассмотрены различные устройства и рекомендации по улучшению работы короткого диффузора. Сформулирована цель исследования, заключающаяся в оценке влияния конфигурации проточной части короткого диффузора на эффективность работы теплообменного аппарата. Разработана методика проведения инженерного анализа охлаждающего оборудования на базе ANSYS CFX. Выполнен расчет трубчатого охладителя с несколькими вариантами входного участка, проведен анализ результатов с точки зрения потерь давления в диффузоре и количества отводимого тепла. Выявлено улучшение в работе охладителя при использовании направляющих в конструкции его входного участка.

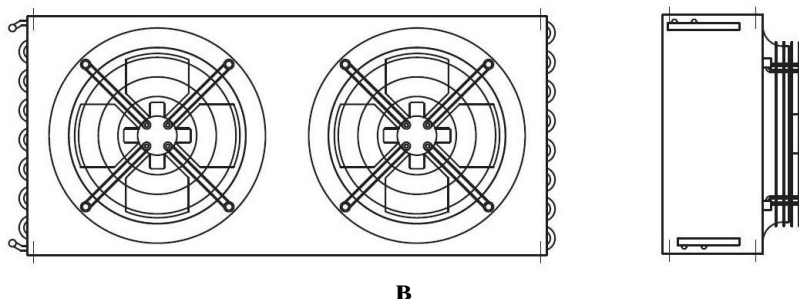
Ключевые слова: эффективность теплообменника, короткий диффузор, распределение воздуха, дополнительные направляющие элементы.

Введение

В силовых и технологических агрегатах и установках различного назначения в качестве газоохладителей, водяных и масляных радиаторов, воздушных конденсаторов и воздухоохладителей нашли широкое применение компактные теплообменники, к которым, наряду с необходимостью обеспечения высокой эффективности охлаждения теплообменной поверхности атмосферным воздухом, предъявляются высокие требования по массогабаритным параметрам и связанным с ними компоновочным возможностям.

Анализ существующих конструкций одного из наиболее простых типов таких теплообменников – трубчатых – показал, что в них, как правило, используется (а часто и вовсе отсутствует) очень короткий диффузор с отверстием для подвода охлаждающего воздуха с помощью вентилятора (рис. 1). В большинстве случаев соотношение площади отверстия для подвода воздуха к площади поверхности теплообменной секции, перпендикулярной набегающему потоку, составляет 0,5-0,7, что не обеспечивает равномерное омывание теплообменной поверхности потоком охлаждающего воздуха и, как следствие, снижается эффективность теплообменника в целом. Улучшения равномерности поля скоростей по поперечному сечению трубной решётки теплообменник можно добиться увеличением относительной длины диффузора, однако в рассматриваемых случаях такое решение чаще всего неприменимо по критериям габаритных размеров [1].





В
Рис. 1. Конденсаторы воздушного охлаждения: а, в – с плоской перегородкой; б – с коротким диффузором

Литературно-патентные исследования выявили большое многообразие различных устройств и рекомендаций для улучшения характеристик диффузора с целью получения равномерного потока на выходе из него. К таковым можно отнести, например: применение специальных впадин [2], продольных и поперечных ребер или канавок; установка перфорированных тарелок [3,4] на выходе из диффузора; использование диффузоров с криволинейной образующей [5] и применение специальных направляющих в конструкции диффузора и т.п. Эти и другие подобные решения имеют свои достоинства и недостатки, область применения. Однако, насколько эффективно данные решения будут улучшать работу теплообменных аппаратов, не упоминается. В связи с этим исследование теплообменников с короткими диффузорами по состоянию на текущий момент является актуальным.

Таким образом, в ходе исследования, целью которого является оценка влияния конфигурации проточной части короткого диффузора на эффективность работы теплообменного аппарата, необходимо решить следующие задачи:

- 1) Разработать методику инженерного анализа теплообменного оборудования с коротким диффузором на базе ANSYS;
- 2) Провести параметрический анализ теплообменного оборудования с коротким диффузором и оценить влияние конфигурации короткого диффузора и режима работы теплообменника на эффективность работы последнего.

Для решения поставленных задач была разработана модель трубчатого теплообменника с тремя вариантами конфигурации:

- без диффузора (плоская перегородка; вариант №1);
- с коротким диффузором и плоскими, равномерно расположенными направляющими (вариант №2);
- с коротким диффузором и плоскими, неравномерно расположенными направляющими (вариант №3).

Теплообменный аппарат представляет собой коробчатую конструкцию, внутри которой расположен медный девятиходовый однорядный змеевик. Степень расширения диффузора составляет 1,75, а относительная длина – 0,2.

Тепловой и гидравлический расчет теплообменника осуществляется на базе пакета ANSYS CFX в несколько этапов:

1. Подготовка расчетной модели:

- а) создание геометрической модели теплообменника, а также моделей воздушного и водяного потоков, описывающих расчетную область (рис. 2 а);
- б) генерация сеточной модели на основе созданной геометрии (рис. 2 б);

- в) задание граничных и начальных условий – препроцессинг (рис. 2 в).
2. Решение задачи в решателе.
3. Просмотр результатов расчета – постпроцессинг (рис. 2 г).

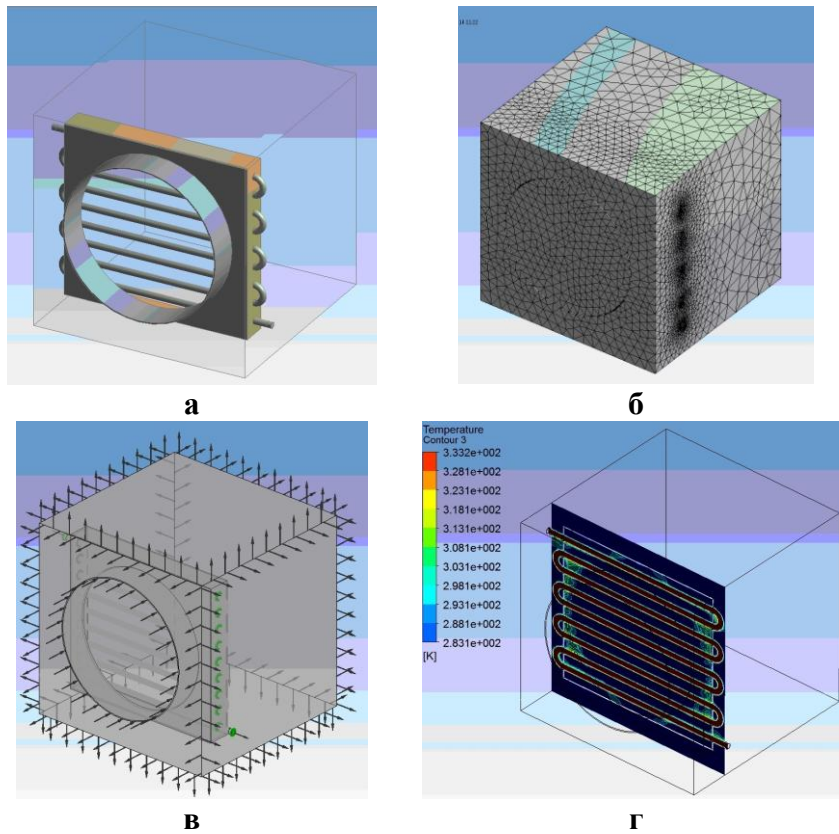


Рис. 2. Этапы расчета в ANSYS CFX

Результаты работы

Расчеты выполнялись на ЭВМ с четырехядерным процессором с тактовой частотой 3,2 ГГц и оперативной памятью 12 Гб. При минимальном размере ячеек сеточной модели 0,5 мм; среднее время проведения расчета одного режима составило 30-40 мин.

Расчетом допускалось, что происходит обдув теплообменной секции вентилятором; наличие вентилятора не учитывалось. В трубном пространстве змеевика двигалась вода с начальной температурой 60 °С и давлением 120000 Па; массовый расход воды – 0,014 кг/с. В межтрубном пространстве поперечно змеевику двигался воздух с температурой 10°С и объемным расходом от 3 до 15 м³/мин при атмосферном давлении. Расчет выполнялся с учетом теплообмена между водой и змеевиком, а также между змеевиком и воздухом. Дополнительно был рассчитан вариант №3*, представляющий вариант №3, но с двумя дополнительными змеевиками, работающими параллельно. Массовый расход воды при этом увеличился в три раза.

Результаты расчета представлены на рис. 3-5.

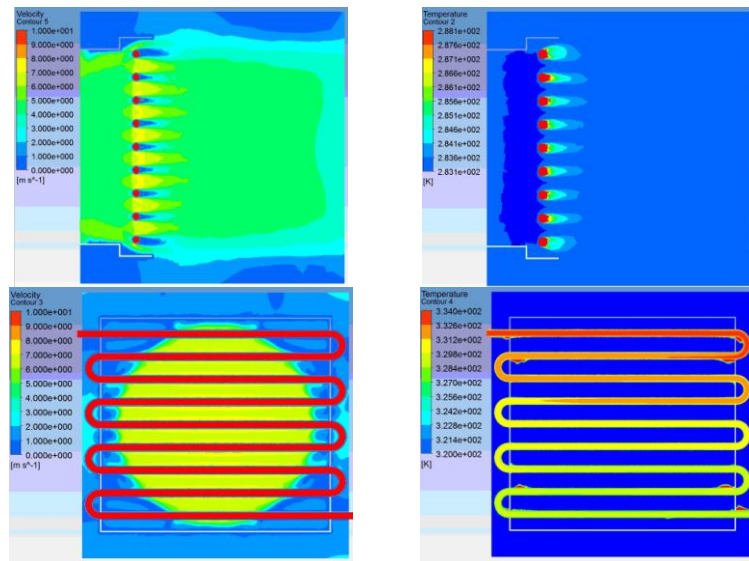


Рис. 3. Поле скоростей (слева) и температур (справа) в продольном и поперечном сечении теплообменного аппарата для варианта №1 при расходе воздуха 15 м³/мин

Анализ поля скоростей для варианта без диффузора показал достаточно хороший обдув теплообменной секции в средней части (рис. 3, верхний ряд). Однако, картина поля скоростей в поперечном сечении (рис. 3, нижний ряд) показывает, что в углах теплообменника обдув значительно ухудшается, так как скорость обдувающего воздуха приближается к нулю. Это, как говорилось выше, снижает эффективность теплообменника.

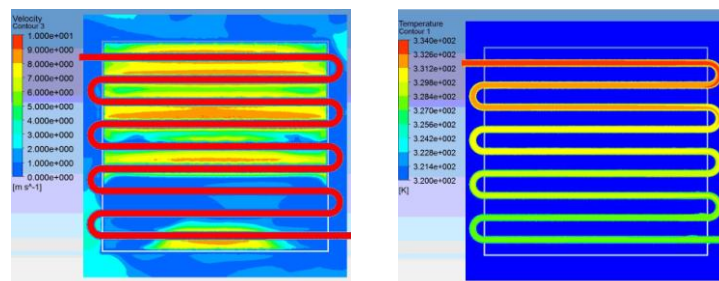


Рис. 4. Поле скоростей (слева) и температур (справа) в продольном и поперечном сечении теплообменного аппарата для варианта №3 при расходе воздуха 15 м³/мин

Применение в конструкции теплообменника короткого диффузора с направляющими позволяет обеспечить требуемое поле скоростей по ометаемой площади теплопередающей поверхности (рис. 4, слева). С свою очередь, улучшение обдува теплообменной поверхности повышает количество отводимого тепла по сравнению с базовой

конструкцией. Из графиков (рис. 5) хорошо заметно, насколько эффективно такое решение.

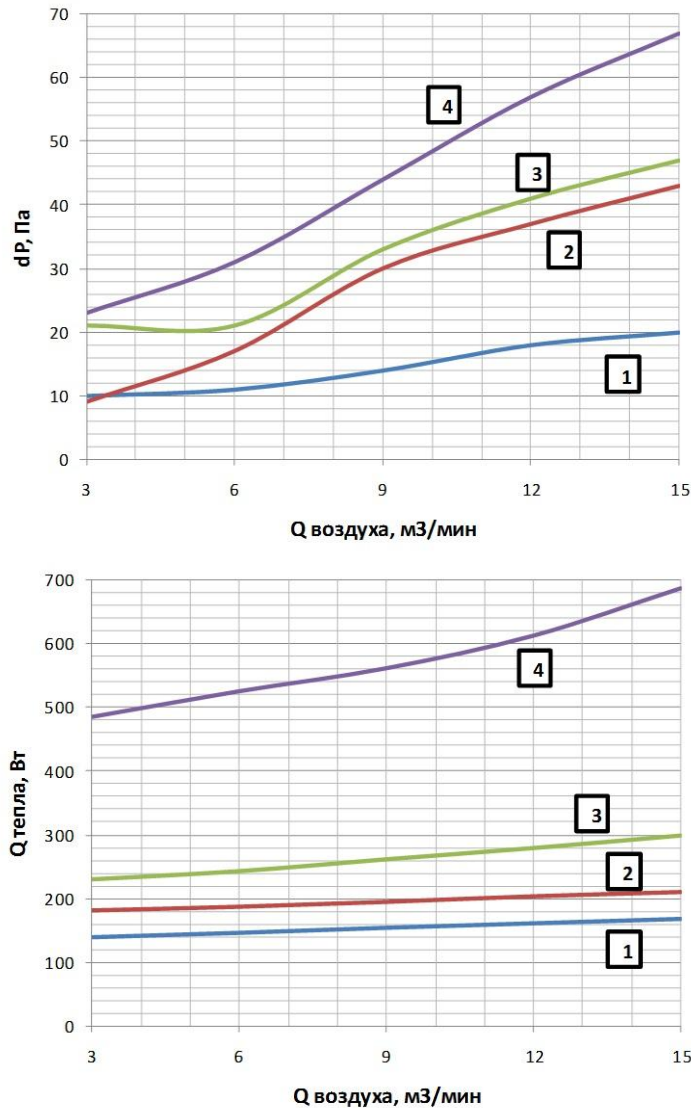


Рис. 5. Зависимость потерь давления (вверху) и количества отбираемого тепла (внизу) от расхода воздуха для различных вариантов теплообменников: 1 – без диффузора (№1); 2 – с равномерно расположенными направляющими (№2); 3 – с неравномерно расположенными направляющими (№3); 4 – с неравномерно расположенными направляющими и тремя змеевиками (№3*)

Выводы

1. Применение короткого диффузора (плоской перегородки) позволяет добиться компактности конструкции теплообменного аппарата, однако снижает подачу охлаждающего воздуха к значительной части теплообменной поверхности (от 30 до 80%), вследствие чего падает эффективность теплообменника.
2. Дополнительные направляющие элементы в проточной части короткого диффузора увеличивают количество отводимого тепла в 1,5 – 2 раза по сравнению с базовой

конструкцией и в 1,5 раза по сравнению с удлиненным диффузором без направляющих элементов.

Литература

- [1] A. Van Hirtum, X. Grandchamp, X. Pelorson. Moderate Reynolds number axisymmetric jet development downstream an extended conical diffuser: influence of extension length. Eur. J. Mech. B/Fluids, 28 (2009), pp. 753–760. DOI: 10.1016/j.euromechflu.2009.05.004.
- [2] A. Mariotti, A.N. Grozescu, G. Buresti, M.V. Salvetti. Separation control and efficiency improvement in a 2D diffuser by means of contoured cavities. Eur. J. Mech. B/Fluids, 41 (2013), pp. 138-149. DOI: 10.1016/j.euromechflu.2013.03.002.
- [3] B. Sahin, A.J. Ward-Smith. The use of perforated plates to control the flow emerging from a wide-angle diffuser, with application to electrostatic precipitator design. International Journal of Heat and Fluid Flow, 8 (1987), pp. 124-131. DOI: 10.1016/0142-727X(87)90011-7.
- [4] M.N. Noui-Mehidi, J. Wu and I. Sutalo. Velocity distribution in an asymmetric diffuser with perforated plates. Proceedings of 15th Australasian Fluid Mechanics Conference, the University of Sydney, Australia, 13-17 December 2004.
- [5] A. I. Reshmin, S. Kh. Teplovodskii, V. V. Trifonov. Short round diffuser with a high area ratio and a permeable partition. Fluid Dynamics, 5 (2012), pp. 583–589. DOI: 10.1134/S0015462812050043.

Сведения об авторах.



Юша Владимир Леонидович; доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ. Сфера научных интересов: повышение экономичности и ресурса мобильных компрессорных и технологических установок. E-mail: yusha@omgtu.ru



Васильев Владимир Константинович; доктор технических наук, профессор кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ. Сфера научных интересов: энергоресурсосберегающие технологии низкотемпературной и компрессорной техники.



Шипунова Александра Александровна; аспирант кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ. Сфера научных интересов: повышение эффективности теплообменных аппаратов компрессорных и технологических установок. E-mail: shipunovaa@mail.ru.



Филькин Николай Юрьевич; аспирант кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ. Сфера научных интересов: совершенствование проточной части элементов систем жизнеобеспечения. E-mail: finick@inbox.ru