



ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

CHEMICAL TECHNOLOGY. CONTROL AND MANAGEMENT

2021, №1 (97) pp.05-11. <https://doi.org/10.34920/2020.4.5-10>

International scientific and technical journal

journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/>



Since 2005

TO INCREASING THE ABSORPTION AREA OF COLUMN APPARATUS WITH TUBULAR LATTICE NOZZLES

Nurmukhamedov Habibulla Sagdullaevich¹, Batir Babatulaev², Elbek Mavlanov³, Samukdjani Nigmatjanov⁴

¹Doctor of technical sciences, professor, Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan,
E-mail: has-bek@mail.ru, Phone: +998974009701;

^{2,3,4}Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan.

Abstract. The problem of creating a compact refrigeration zone for absorbers with tubular-lattice nozzles made of pipes with spiral turbulators is discussed. Research has been carried out on the influence of the groove depth h/D and $\alpha/\alpha_{0.21}$ of the step of their placement t/D on the degree of heat transfer intensification α/α_0 in the transition region of the gas-liquid flow. An intensification of heat transfer has been achieved only by increasing the groove depth from $h/D = 0,003$ to $0,095$ and the optimal pitch of the grooves, the intensity of heat transfer is 2 or more times. Research has revealed that it is possible to reduce the number of pipes in tubular-lattice nozzles ~ 2 times, which makes it possible to proportionally reduce the overall dimensions of the refrigerating zone.

Key words: absorber, tubular-lattice packing, turbulizer, heat transfer, dimensions parameters, intensification, depth and placement step.

Аннотация: Спиралсимон турбулизаторли қувурдан иборат қувурсимон-панжарали насадкали абсорбер учун ихчам совитиши зонасини яратиши муаммоси кўриб чиқилган. Газ-суюқлик оқимининг ўтиши соҳасида ариқчалар чуқурлиги h/D ва $\alpha/\alpha_{0.21}$ уларнинг жойлаиши қадами t/D нинг иссиқлик беришининг жадаллаштириши даражаси α/α_0 га таъсири бўйича тадқиқотлар ўтказилган. Иссиқлик беришни жадаллаштиришига фақат ариқчалар чуқурлигини $h/D=0,003$ дан $0,095$ гача ошириши ҳисобига эришилди. Ариқчаларнинг оптимал жойлаиши қадамида иссиқлик тарқалишининг жадаллиги 2 ва ундан кўп марта ошади. Тадқиқотлар шуни кўрсатди-ки, қувурсимон-панжарали насадкалардаги қувурлар сонини 2 мартагача камайтириши, совитиши зонасининг габарит ўлчамларини мутаносиб равишда қисқартириши имконини беради.

Таянч сўзлар: абсорбер, қувурсимон-панжарали насадка, турбулизатор, иссиқлик бериши, иссиқлик узатиши, габарит параметрлари, жадаллаштириши, чуқурлик ва жойлаиши қадами, ариқча (канал).

Аннотация. Обсуждена проблема создания компактной холодильной зоны абсорберов с трубчато-решетчатými насадками из труб со спиральными турбулизаторами. Проведено исследование, посвященное влиянию глубины канавки h/D и $\alpha/\alpha_{0.21}$ шага их размещения t/D на степень интенсификации теплоотдачи α/α_0 в переходной области движения газожидкостного потока. Достигнута интенсификация теплоотдачи только за счет увеличения глубины канавки с $h/D=0,003$ до $0,095$. Оптимальном шаге размещения канавок интенсивность переноса тепла возрастает в 2 и более раз. Исследованиями выявлена возможность снижения количества труб в трубчато-решетчатых насадках в ~ 2 раза, что позволяет пропорционально сократить габаритные размеры холодильной зоны.

Ключевые слова: абсорбер, трубчато-решетчатая насадка, турбулизатор, теплоотдача, теплопередача, габаритные параметры, интенсификация, глубина и шаг размещения, канавок.

Введение.

Кальцинированная сода применяется в химической, газовой, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, черной металлургии, машиностроении, медицине и в ряде других отраслей экономики страны [1-3]. Кальцинированная сода – один из востребованных

химических продуктов и спрос на него во всем мире удерживается на высоком уровне, отмечается нехватка этих продуктов на рынке; цены на них постоянно растут.

Ужесточение существующим в мировой и отечественной практике требований к характеристикам абсорбционных колонн побуждает конструкторов холодильных зон (в том числе и разработчиков колонной аппаратуры) искать оптимальные конструктивные решения и внедрять новые физические принципы, способствующие улучшению показателей тепловой и энергетической эффективности, обеспечению компактности, надежности и других показателей аппаратов и устройств. Эффективность процессов абсорбции в технологии кальцинированной соды напрямую связана с интенсификацией охлаждения рассола и с перемешиванием газовой и жидкой фаз.

Многоплановость вопроса интенсификации конвективного теплообмена предопределяет наличие большого количества путей его решения. Целью процесса интенсификации теплообмена является повышение соотношения между количеством отводимого от поверхности тепла и потерями напора на прокачку теплоносителя. При решении этой задачи учитываются ограничения на рост энергетических затрат, а также на возможности использования определенного теплоносителя и технологическую приемлемость. В связи с этим, простое повышение скорости набегающего потока, приводящее к утонению пограничного слоя, не связанное с быстрым ростом гидродинамического сопротивления, ограничено в своем применении [4].

Наряду с интенсификацией теплообмена, одной из важных проблем является обеспечение эффективное перемешивание газожидкостного потока в межтрубном пространстве трубчато-решетчатых насадок.

Одним из способов воздействия на пограничный слой является нанесение на поверхность теплообмена искусственной шероховатости. Шероховатость всей поверхности нагрева может быть получена с помощью традиционных технологических процессов: механической обработки, объемной штамповки, литья и сварки, а также различных вставок.

На интенсивность процесса теплообмена влияет - форма поверхности канала (цилиндрические, сферические углубления на обтекаемых поверхностях [5,6]), эквивалентный диаметр канала, шероховатость поверхности, компоновка каналов, обеспечивающая оптимальные скорости движения рабочих сред, температурный напор, наличие турбулизирующих элементов в каналах, оребрение и другие конструктивные особенности.

Основными способами интенсификации теплообмена являются [6]: воздействие на микроструктуру потока среды формой поверхности теплообмена; воздействие на микро- и макроструктуру потока дополнительной турбулизацией шероховатостью; увеличение площади поверхности теплообмена со стороны рабочей среды с низким коэффициентом теплоотдачи; механическое воздействие на поверхность теплообмена (вибрация, пульсация и т.д.); воздействие на поток полем (электромагнитным, акустическим); вдув или отсос рабочей среды через проникающую теплоотдающую поверхность; добавка в поток твердых частиц или газовых пузырьков.

В случае выполнения неравенства $(Nu/Nu_0) > (\xi/\xi_0)$ теплообмен растет быстрее, нежели гидравлическое сопротивление, что, естественно, энергетически выгодно [5, 7-9]. Во многих известных работах по интенсификации теплообмена не предсказывается существование этого неравенства.

Причина этого заключается в том, что исходя из аналогии Рейнольдса, предполагалось, что турбулентное число Прандтля равно единице или по крайней мере постоянно во всем потоке, что не соответствует действительности. Обтекая различные шероховатости на поверхности, поток отрывается от них и в результате образуется граница струи. В этих областях должны реализовываться иные закономерности, чем на гладкой поверхности. В частности, величина Прандтля турбулентного, характеризуется соотношением между интенсивностями переноса импульса и тепла, существенно ниже ($Pr_t=0,6-0,7$), чем на гладкой поверхности ($Pr_t=0,9-1,0$). Таким образом, в этих областях осуществляются условия, когда перенос тепла происходит интенсивнее,

чем перенос импульса, что и обеспечивает при определенных условиях выполнение вышеприведенного неравенства.

Одним из первых типов интенсифицирующих поверхностей, обеспечивших в некотором интервале геометрических и режимных параметров отход от аналогии Рейнольдса в пользу теплообмена, явились трубы с кольцевой накаткой, со спиральной накаткой, витые трубы, труба типа «диффузор-конфузор», сферических лунок, закрутка потока и т.д. [7-11].

При накатке на наружной поверхности трубы образуются дискретно расположенные канавки, а на внутренней - кольцевые выступы.

Наиболее полное исследование интенсификации теплообмена при обтекании кольцевых выступов и канавок принадлежит Г.А. Дрейцеру и его коллегам [7-8, 12-15].

Методы исследования и полученные результаты.

Выбор конкретного способа для того или иного случая осуществляется целями и условиями, и основывается на знании типа каналов и ориентированном изменении структуры потока для повышения переноса тепла. В связи с этим особое значение обретает повышение турбулентности газожидкостного потока, однородности температурных и скоростных полей. Для решения вышеназванных задач наиболее приемлимым способом организации движения контактирующих агентов является поперечное обтекание трубчато-решетчатой насадки из спирально-накатанных труб.

Проведены исследования по теплоотдаче при отводе теплоты экзотермической реакции при помощи труб с плавно очерченными турбулизаторами, расположенными по спиральной линии. Для сопоставления полученных экспериментальных результатов также проведены исследования на гладкой трубе и путем сравнения выявлена степень интенсификации теплоотдачи. По ходу комплексных экспериментов надо охлаждать рассол от 36-40°C до 28°C. Охлаждающий агент – вода с температурой 14-16°C. Температура стенки исследуемых образцов труб определялась при помощи хромель-копелевых термопар. Относительная глубина канавок $h/D=0,003-0,095$, шаг их размещения $t/D=0,25-3,0$. Скорость потока рассола варьировалась в интервале чисел Рейнольдса $Re=2500-9800$. Ранее проведенными исследованиями установлено, что подобные теплообменные трубы позволяют существенно интенсифицировать теплоотдачу при течении одно- и двухфазных потоков как внутри, так и снаружи труб [16-18].

Теплофизические свойства воды и рассола можно получить аппроксимированием в диапазоне температур 10-100°C по уравнениям, представленным в работе [19]:

Расход воды и рассола рассчитывается по формуле секундного расхода, а число Рейнольдса, тепловая нагрузка и коэффициент теплопередачи определяются по формулам, приведенным в литературе [7-10, 19].

При многократном перекрестном токе средний температурный напор определяется по формуле [19]:

$$\Delta t_{cp} = \frac{-PR(t_3 - t_4)}{m \ln \left\{ 1 + R \ln(R-1)/R - [(1-PR)/(1-P)]^{\frac{1}{m}} \right\}}, \quad (1)$$

где P, R – безразмерные температурные коэффициенты [13].

Коэффициент теплоотдачи при течении воды в каналах гладких труб вычислялся в переходной области по формуле:

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} \cdot Pr^{0,433} \quad (2)$$

Коэффициент теплоотдачи при течении воды внутри труб со спиральной накаткой определяется по критериальной формуле Ю.М.Бродова [13]:

$$\frac{Nu}{Nu_{гр}} = \left\{ 1 + A \left[\frac{h_o}{t_o} \left(1 - \frac{2h_o}{d_1} \right) \right] - B \left[\frac{h_o}{t_o} \left(1 - \frac{2h_o}{d_1} \right) \right]^2 \right\} \cdot Re_1^{-m(h_o/t^*)^n}, \quad (3)$$

где h_o – глубина канавки, м; t_o – шаг нанесения канавок, м; d_1 – внутренний диаметр трубы, м; $Nu_{г\text{л}}$ – теплоотдачи при течении однофазных теплоносителей внутри гладких труб (вычисляется по формуле (2)).

В формуле (3) параметры профилирования t^* и h_o/t^* вычисляются по зависимостям:

$$t^* = \sqrt{(z_o t_o)^2 + (\pi d_1)^2} \frac{h_o}{t^*} = 0,153 Re_2^{-0,3}. \quad (4)$$

Коэффициенты А, В и степени m , n приведены в табл.1.5 работы [13].

Экспериментальными исследованиями установлено, что рост численных значений относительной глубины h/D приводит к интенсификации теплоотдачи для всех значений шага размещения турбулизаторов (рис.1).

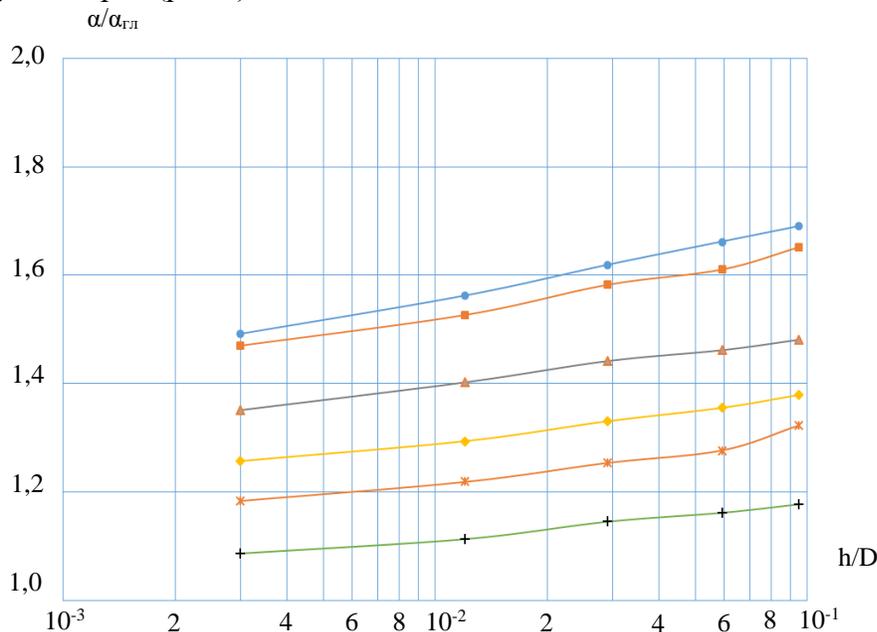


Рис. 1. Влияние относительной глубины h/D спиральных канавок на относительный коэффициент теплоотдачи $\alpha/\alpha_{г\text{л}}$ при омывании аммонизированным рассолом при $Re=2500$.

● - $t/D=0,25$; ■ - $t/D=0,52$; ▲ - $t/D=0,77$;
◆ - $t/D=1,0$; * - $t/D=2,0$; + - $t/D=3,0$.

Влияние шага размещения h/D на интенсивность теплоотдачи однозначно, при этом функция $\alpha/\alpha_{г\text{л}} = f(h/D)$ имеет возрастающий характер. Например, для режима $Re=2500$ и $t/D=0,77$ при $h/D=0,003$ значение интенсивности теплоотдачи $\alpha/\alpha_{г\text{л}}=1,35$, при $h/D=0,029$ величина $\alpha/\alpha_{г\text{л}}=1,44$ и, наконец, при $h/D=0,095$ - $\alpha/\alpha_{г\text{л}}=1,48$. Анализ экспериментальных данных показывает, что с ростом параметра относительной глубины h/D с 0,003 до 0,095 интенсификация теплоотдачи составляет 10%. Сопоставление экспериментальных данных по теплоотдаче с аналогичными данными для гладкой трубы показывает, что трубы со спиральными турбулизаторами эффективней гладкотрубных в 1,35-1,48 раза.

При снижении численных значений шага размещения плавно очерченных канавок до $t/D=0,25$ при $Re=2500$ интенсивность теплоотдачи возрастает. При относительной глубине канавки $h/D=0,003$ значение интенсивности теплоотдачи $\alpha/\alpha_{г\text{л}}=1,49$, при $h/D=0,029$ величина $\alpha/\alpha_{г\text{л}}=1,62$ и, наконец, при $h/D=0,095$ - $\alpha/\alpha_{г\text{л}}=1,7$ раза.

Увеличение скорости газожидкостного потока однозначно приводит к еще большей турбулизации, и соответственно к возрастанию переноса тепла. Повышение числа Рейнольдса от $Re=2500$ до 9800 интенсивность теплоотдачи $\alpha/\alpha_{г\text{л}}$ достигает значений 2 и более. Со снижением

шага размещения степень интенсификации теплоотдачи возрастает, т.к. расстояние между турбулизаторами такое, что полученный импульс турбулентности в предыдущей диафрагме эффективно омывает стенки труб до следующей диафрагмы.

Как показали исследования, вдоль периметра канала по линии выступов формируется система упорядоченных вихрей, ось вращения которых направлена под углом к поверхности канала. Эти устойчивые вихревые структуры могут проникать в глубь потока, осуществляя интенсивный тепломассообмен между пристенным слоем и ядром потока, не вызывая существенного изменения степени турбулентности. Интенсификация переноса тепла при неизменной тепловой нагрузке позволяет существенно снизить необходимую поверхность теплообмена [20], а это, в свою очередь, ведет к пропорциональному сокращению количества теплообменных труб в холодильной зоне (рис.2), и соответственно металлоемкость аппарата снизится (рис.3). Численные расчеты показали, что с ростом диаметра аппарата количество необходимых труб соответственно будет меньше.

Общеизвестно, что уменьшение количества труб, которые обеспечивают заданную производительность по выпуску кальцинированной соды, приводит к пропорциональному снижению металлоемкости холодильной зоны в 2 и более раз.

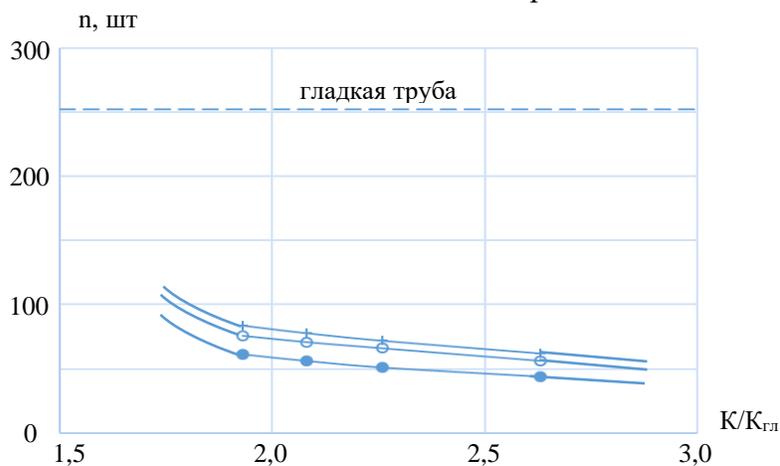


Рис. 2. Влияние безразмерного коэффициента теплопередачи $K/K_{гл}$ на количество труб n в трубчатой решетчатой насадке.

+ - $D_{анн}=1800$ мм; o - $D_{анн}=2000$ мм; • - $D_{анн}=2500$ мм.

Применение труб со спиральными турбулизаторами в канале и плавно очерченными канавками снаружи (наряду с рациональным размещением труб с переменным поперечным сечением в трубной решетке) приводит к интенсификации перемешивания и теплообмена в межтрубном пространстве.

Интенсификация теплопереноса при поперечном обтекании пакета труб, из чередующихся гладких труб и труб с турбулизаторами различного поперечного сечения объясняется тем, что наличие на поверхности нагрева упорядоченной макро шероховатости разрушает вязкий подслой на неровностях элемента, а с другой - воздействием на подслой вихрей, образующихся при срыве потока с плавно очерченных выступов и продвигающихся не только в направлении ядра потока, но и в направлении стенки.

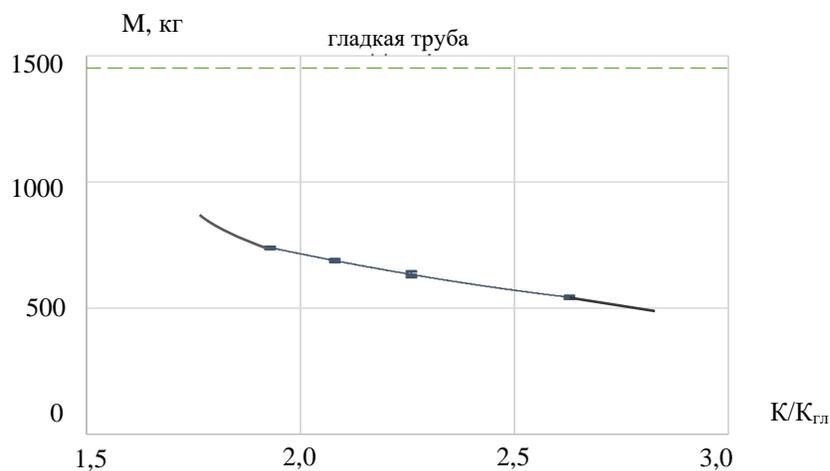


Рис.3. Влияние безразмерного коэффициента теплопередачи K/K_{gl} на металлоемкость трубчато-решетчатой насадки.

■ - насадка из спирально-накатанных труб.

При этом происходит перенос макроскопических объемов теплоносителя из ядра потока к стенке и обратно, возрастает количество выбросов от стенки, стимулирующих, пробуждение турбулентности [7,11,12,13]. Следует подчеркнуть, что полученные в трубчато-решетчатых насадках из труб переменного сечения упорядоченные и организованные вихревые потоки служат источником создания дополнительной турбулентности. Причем, степень турбулентности зависит от соотношения сечений труб различного диаметра и угла расположения пакета труб друг относительно друга. Предложенная конструкция труб с развитой поверхностью обеспечивает строго дозированные и направленные локальные вихревые эффекты в потоке, которые являются функцией геометрии и размеров турбулизаторов. Кроме того, плавно очерченные выступы внутри и впадины снаружи труб приводят к ликвидации застойных зон, характерных для гладких труб.

Заключение.

Резюмируя, следует отметить, что турбулизаторы в виде плавно очерченных выступов внутри и канавок снаружи трубы служат источником возникновения дополнительных турбулентных импульсов эффективно воздействующих на пристенной вязкий подслой жидкости. Надо отметить, что в оптимальной области глубины накатки плавно очерченных канавок интенсификация теплоотдачи приходится на умеренный рост гидравлического сопротивления. Теплообменные трубы со спиральными турбулизаторами технологичны, конструктивно просты и не меняют существующей технологии сборки трубчато-решетчатых насадков, которые отличаются низкой металлоемкостью холодильной зоны, т.е. масса холодильной зоны снижается в 2 и более раз. Но самое основное преимущество подобных трубчато-решетчатых насадков из труб с развитой поверхностью – в том, что при одинаковой тепловой нагрузке можно сократить общее количество холодильных зон.

Эксплуатируемые в производстве кальцинированной соды колонные абсорберы имеют соотношение абсорбционной зоны к холодильной 55:45. Применение результатов данной работы позволит улучшить данное соотношение в пользу абсорбционной зоны и достичь соотношения 65:35.

Следует отметить, что конструкция спирально-накатанной трубы обеспечивает интенсивное перемешивание газожидкостного потока в межтрубном пространстве трубчато-

решетчатого насадка, способствуя не только интенсификации теплопереноса, но и явлений массообмена при контакте газовой фазы с жидкой средой.

References:

1. V.A. Linkevich, *Texnologiya kalsinirovannoy sodi [Soda ash technology]*. Tashkent: GAK «Uzkimyosanoat», 2005, 96 p. (in Russian).
2. B.P. Kondarov, *Obshaya ximicheskaya texnologiya [General chemical technology]*. Moskva: Akademiya, 2005, 336 p. (in Russian).
3. A.I. Leontyev, K.V. Bryankin, *Obshaya ximicheskaya texnologiya [General chemical technology]*. Tambov: TGTU, 2004, 76 p. (in Russian).
4. A. Bergles, *Intensifikatsiya teploobmena [Heat transfer intensification]*. Moskva: Energiya, 1981, 392 p. (in Russian).
5. Y.P. Chudnovskiy, “Intensifikatsiya teploobmena generatsiyey vixrey” [Intensification of heat exchange of vortex generation], avtoref.diss.. kand. texn. nauk., Moskva, 1990, 19 p. (in Russian).
6. R.L. Xagen, A.M. Danak, “Perenos impulsa pri turbulentnom otrivnom obtekanii pryamougolnoy vpadini” [Momentum transfer in the turbulent outflow flow around a rectangular depression], *Prikladnaya mexanika*, vol. 33, no. 3, pp. 189-195, 1966 (in Russian).
7. B.V. Dzyubenko, Y.A. Kuzma-Kichta, L.P. Xolpanov i dr., *Intensifikatsiya teplo- i massobmena v energetike [Intensification of heat and mass transfer in the energy sector]*. Moskva: SNIATOMINFORM, 2003, 232 p. (in Russian).
8. E.K. Kalinin, G.A. Dreyser, I.Z. Kopp, A.S. Myakochin, *Effektivniye poverxnosti teploobmena [Effective heat transfer surfaces]*. Moskva: Energoatomizdat, 1999, 423 p. (in Russian).
9. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhamedov, S.G. Zokirov, *Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari*. Tashkent: Fan va texnologiyalar, 2015, 848 p.
10. Y.V. Svetlov, *Intensifikatsiya gidrodinamicheskix i teplovix protsessov v apparatax s turbulizatorami potoka [Intensification of hydrodynamic and thermal processes in devices with flow turbulators]*. Moskva: Energoatomizdat, 2003, 304 p. (in Russian).
11. Y.F. Gortishov, V.V. Olimpiyev i dr., “Effektivnost promishlenno-perspektivnix intensivatorov teplotdachi” [Efficiency of industrial-perspective heat transfer intensifiers], *Izvestiye AN «Energetika»*, no. 3, pp.17-24, 2002 (in Russian).
12. E.K. Kalinin, G.A. Dreyser, S.A. Yarxo, *Intensifikatsiya teploobmena v kanalax [Intensification of heat transfer in the channel]*. Moskva: Mashinostroyeniye, 1990, 208 p. (in Russian).
13. V.B. Kuntish, A.N. Bessonniy, G.A. Dreyser, I.F. Yegorov, *Primeri raschetov nestandardizovannix effektivnix teploobmennikov [Examples of calculations of non-standardized efficient heat exchangers]*. Sankt-Peterburg: Nedra, 2000, 300 p. (in Russian).
14. B.V. Dzyubenko, G.A. Dreyser, R.I. Yakimenko, “Methodics of Optimum Configuration Choice for Heat Transfer Surfaces of Space Heat Exchangers”, *Proc. of the First Int. Conf. on Aerospace Heat Exchangers Technology (Palo Alto, USA, 1998)*, Amsterdam-London: Elsevier, pp. 369-389, 1998.
15. G.A. Dreyser, “O nekotorykh problemakh sozdaniya visokoeffektivnix trubchatix teploobmennix apparatov” [On some problems of creating high-efficiency tubular heat exchangers], *Novosti teplosnabzheniya*, no. 5, pp.37-52, 2004 (in Russian).
16. E.T. Mavlanov, X.S. Nurmukhamedov, S.G. Zakirov O.SH. Temirov, “Intensivnost teploobmena pri techenii jidkostey v kanalax so spiralnimi turbulizatorami” [The intensity of heat transfer during the flow of liquids in channels with spiral turbulators], *Ximicheskaya texnologiya. Kontrol i upravleniye*, no. 1, pp.28-33, 2016 (in Russian).
17. S.G. Zakirov, E.T. Mavlanov, X.S. Nurmukhamedov, “Intensifikatsiya perenosa tepla pri oxlajdenii rassola v absorberax s trubchato-reshetchatimi nasadkami s razvitoj poverxnostyu” [Intensification of heat transfer during brine cooling in the axial absorber with tubular-lattice nozzles with a developed surface], *Ximprom, Sankt-Peterburg*, no. 3, pp.146-150, 2019 (in Russian).
18. S.G. Zakirov, E.T. Mavlanov, X.S. Nurmukhamedov, “Gidravlicheskoye soprotivleniye pri techenii vyazkix jidkostey v mejtrubnom prostranstve xolodilnix zon absorbsionnix kolonn” [Hydraulic resistance in a solution of viscous liquids in the inter-tube space of the cooling zones of the absorption columns], *Ximicheskaya texnologiya. Kontrol i upravleniye*, no. 2, pp.11-16, 2019 (in Russian).
19. P.I. Bajan, G.YE. Kanevets, V.M. Seliverstov, *Spravochnik po teploobmennim apparatam [Handbook of heat exchangers]*. Moskva: Mashinostroyeniye, 1989, 366 p. (in Russian).
20. B.B. Babatullaev, E.T. Mavlanov, Kh.S. Nurmukhamedov, U.V. Mannanov, U.Kh. Sagdullaev, “Control of the Degree of Intensification and Convective Heat Exchange with Flow of Liquids in pipes with turbulators”, *Chemical technology. Control and management. Special issue*, no. 5-6, pp.43-46, 2020.