

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



***«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XI ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ***

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***

Астана, 2023

**УДК 656+620.9**  
**ББК 39+31**  
**А43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Курмангалиева Ж.Д. Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н., профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Сакипов К.Е.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент.

**А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики:** пути их инновационного решения: XI Международная научно – практическая конференция, г. Астана, 16 марта 2023/Подгот. Ж.Д. Курмангалиева, У.Ш. Кокаев, Т.Т. Султанов – Астана, 2023. – 709с.

**ISBN 978-601-337-844-2**

В сборник включены материалы XI Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 16 марта 2023 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



## ӨНЕРКӘСІПТІК ЖЫЛУАЛМАСТЫРҒЫШ АППАРАТТАРЫНЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЖҰМЫСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Ербатыр Әйгерім Сағынғанқызы

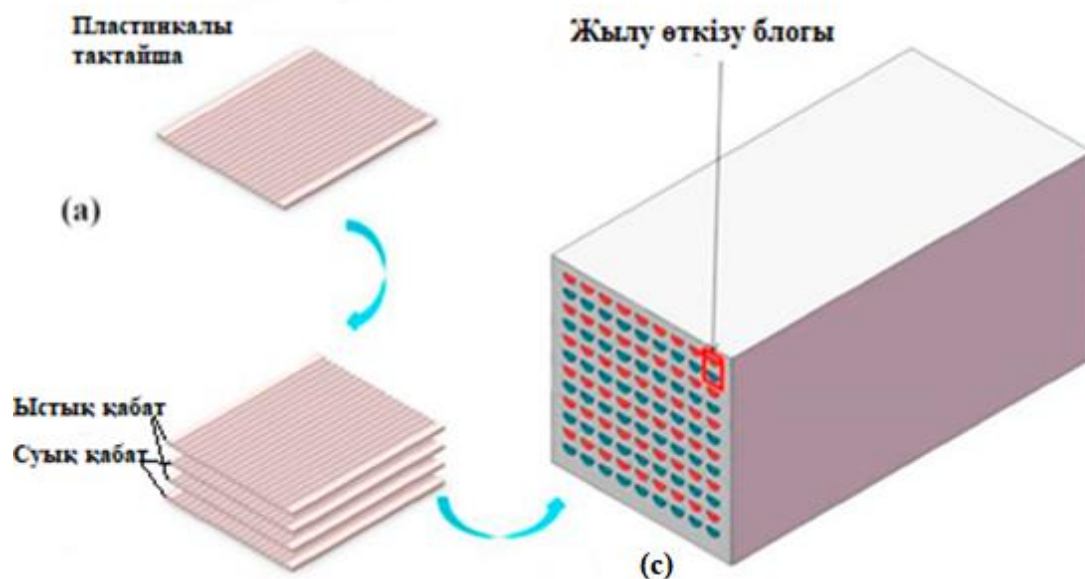
*Yerbatyr\_as@mail.ru*

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ М098 Жылу энергетика-(7М07717) ББТ магистранты,  
Астана, Қазақстан

Саттинова Замира Канаевна

ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, «Электр энергетикасы» кафедрасының  
профессор м.а.

Қазіргі таңда баспа схемалы жылу алмастырғыш аппараттар РСНЕ (Printed circuit heat exchange) Брайтонның суперкритикалық цикілі негізінде жұмыс жасайтын жылу алмастырғыштар есебінде зерттеліп жатыр. РСНЕ модулінің негізгі құрылысы – ағын арналары бар бірнеше ұсақ металл пластинкалардан тұрады. Бұл пластинкалар өз араларында диффузиялық дәнекерлеу арқылы қосылған (1 сурет). Бұл өз кезегінде жылу алмастырғыштың беріктілік қасиетін арттырады, яғни материалдың пластикалық деформациясы толығымен жойылады [1]. РСНЕ ағын арналарының әдеттегі эквивалентті гидравликалық диаметрі 0,5-2 мм [2]. Арнаның көлденең қимасы жартылай дөңгелек, тікбұрышты, дөңгелек немесе эллиптикалық болуы мүмкін [3,4].



1 сурет - Баспа схемалы РСНЕ жылу алмастырғыш схемасы: а) тікелей ағын арналары бар пластинкалы тақтайша, с) тікелей ағын арна типтегі жылу алмастырғышы

РСНЕ жылу алмастырғышы үздіксіз ағын арналары бар және үзіліссіз ағын арналары бар құрылғылар болып екі санатқа бөлінеді. Үздіксіз ағын арналары бар жылу алмастырғыштар: тікелей арна, зигзаг арнасы және толқынды арна болып бөлінеді, ал үзіліссіз ағын арналары бар жылу алмастырғыштар: S-жиекті, толқынды және аэродинамикалық жиекі болып бөлінеді. Жоғарыда айтылған жылу алмастырғыштарды өзара салыстырсақ, тікелей және зигзаг арналы жылу алмастырғыштар диффузиялық дәнекерлеу әдісімен жиналғаннан кейін жоғары құрылымдық беріктікке ие болады. Толқынды арнасы бар жылу алмастырғыш зигзаг арналы жылу алмастырғыштың жетілдірілген нұсқасы ретінде қарастырылуы мүмкін. Өйткені канал арқылы өткен жұмысшы дене ағынының бұзылуы аз, сәйкесінше қысымның төмендеу дәрежесі

де төмен болады. Эксперименттік деректерге сүйінсек қысым шамамен 40-60%-ға төмендеуі мүмкін. Сонымен қатар, ламинарлы су ағыны мен көмірқышқыл газының турбулентті ағыны үшін үйкеліс коэффициенті мен жылу беру корреляциясының екі жиынтығы ажыратылды. Толқынды арналары бар РСНЕ жылу өнімділігі тікелей арналы РСНЕ-мен салыстырғанда 16,4% жақсарғаны белгілі. Бұған қарамастан тікелей арна - бұл РСНЕ-дегі ең қарапайым арна түрі, сонымен қатар РСНЕ-дегі арна конфигурациясының негізгі формасы. Тікелей арнадағы сұйықтық ағыны басқа жұмысшы денемен араласпайтындықтан тікелей арналы РСНЕ қысымның өте төмен айырмашылығын қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар диффузиялық дәнекерлеу арқасында жылу алмастырғыш аппарат тамаша гидравликалық өнімділікті қамтамасыз етеді, жоғары өнімділікке ие, жоғары температура мен қысымға төтеп бере алады, бұл оның қолдану аясын кеңейтеді.

Жылу алмастырғыштардың жылу гидравликалық сипаттамаларын зерттеу барысында олардың өнімділігін кейбір параметрлер бойынша бағалау қажет, ол бағалау объектілері жылу беру сипаттамалары мен гидравликалық сипаттамалар болып табылады.

$Nu$  (Нуссельт саны) және  $j$  әдетте РСНЕ жылу өнімділігін бағалау үшін мақсатты параметрлер ретінде пайдаланылады.  $j$  сұйықтықтағы  $Pr$  (Прандтль саны) орташа өзгеруін есепке алу үшін өзгертілген Стентон саны ( $St$ ) ретінде анықталады. Стентон саны ( $St$ )  $Pr$  сұйықтығына тәуелді болғандықтан,  $0,5 < Pr < 10$  шарты орындарған болса,  $j$  ағымдағы сұйықтыққа тәуелді емес. Алайда,  $j$  арна геометриясының ағын процесіне әсерін көрсете алмайды және ол келесідей анықталады:

$$j = St \cdot Pr^{2/3} = \frac{Nu}{Pr^{1/3} \cdot Re} \quad (1)$$

$Nu$  конвективті жылу берудің өткізгіш жылу берумен байланысы ретінде түсіндірілуі мүмкін, бұл канал геометриясының ағын процесіне әсерін көрсетуі мүмкін. Демек,  $Nu$   $j$  -ге қарағанда күрделі арна геометриясы бар РСНЕ -де жылу беру тиімділігін бағалаудың мақсатты параметрі ретінде қолайлы. Жаһандық  $Nu$  орташа беттік жылу ағыны  $q''$ , гидравликалық канал диаметрі ( $D_h$ ), жылу өткізгіштік ( $\kappa$ ), орташа көлемді температура ( $T_b$ ) және орташа беттік температура ( $T_s$ ) арқылы есептеледі:

$$Nu = \frac{h \cdot D_h}{\kappa} = \frac{q'' \cdot D_h}{\kappa \cdot (T_b - T_s)} \quad (2)$$

Жылу алмастырғыштардың гидравликалық өнімділігіне келетін болсақ, көптеген зерттеушілер  $f$ -ны қысымды жоғалтудың репрезентативті коэффициенті ретінде жиі пайдаланады.  $f$  ламинарлы ағындағы арналардың геометриялық пішініне қатты тәуелді, бірақ турбуленттілікке әлсіз тәуелділігі бар көлем бірлігіне қабырғаның сдысу кернеуінің ағынның кинетикалық энергиясына қатынасы ретінде анықталады. Сонымен қатар,  $f$  ағын күйіне, сұйықтықтың физикалық қасиеттеріне, фазалық жағдайларға және ағын түрлеріне де әсер етеді. Ол келесідей анықталады:

$$f = \frac{\tau_w}{\rho u_m^2 / 2g_c} \quad \text{немесе} \quad f = \frac{P_x - P_w}{0,5 \cdot \rho u_m^2} \quad (3)$$

Кейбір ағын жағдайларында қысымның төмендеуін білдіру үшін  $f$  пайдалану үлкен қателіктерге әкеледі. Құбырлар тобындағы сұйықтық ағынының мысалында, беттік үйкелістің қысымның төмендеуіне әсері шамалы болған кезде, қысымның ұзындыққа пропорционалды төмендеуі үшін ағынның бірегей ұзындығын анықтау мүмкін емес. Бұл геометрияға келетін болсақ, Эйлер саны ( $Eu$ ) динамикалық жылдамдық басына қатысты қысымның төмендеуін

стандарттау көрсеткіші болғандықтан, қысымның төмендеуі  $f$  орнына  $E_u$  орташа мәнімен көрсетіледі,

$$E_u = \frac{p_k - p_{ш}}{\rho u_m^2 / 2g_c} \quad (4)$$

мұндағы  $p_k$  және  $p_{ш}$  - сәйкесінше кіріс және шығыс статикалық қысымдар;

$\rho$  және  $u_m$  - сәйкесінше жұмыс сұйықтығының орташа тығыздығы мен жылдамдығы.

Сәйкесінше тиімділік нақты жылу берудің жылу алмастырғыштағы мүмкін болатын ең жоғары физикалық жылу тасымалдауға қатынасы ретінде анықталынады:

$$\eta = \frac{T_{\text{ыстық,к}} - T_{\text{ыстық,ш}}}{T_{\text{ыстық,к}} - T_{\text{суық,к}}} \quad (5)$$

Жылу берудің жоғары тиімділігінің, қысымға және жоғары температураға төзімділіктің, құрылысының қарапайымдылығы арқасында жылу алмастырғыштардың бұл түрі жеткілікті тиімді екендігіне және оны жылу орталықтары мен басқа да өнеркәсіп сала жүйелерінде қолдану керек екендігіне сенімдіміз. Мысалы, үздіксіз ағын арналары бар РСНЕ ең жақсы кешенді жылу және гидравликалық сипаттамаларға ие, бірақ құрылысы жағынан оларды жасау қиын және қысым өзгеруіне төзімділігі аз. Сондықтан құрылымның беріктігін, техникалық жетілуін және өндіріс құнын ескере отырып, жартылай дөңгелек көлденең қимасы бар тікелей арналы РСНЕ қолданыстағы жылу алмасу жүйесі үшін ең жақсы таңдау болып табылады. Сонымен қатар, РСНЕ жақсы гидравликалық өнімділікке ие, бұл жоғары қысымның төмендеуі жағдайларына сәйкес келеді.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Liao G., Li Z., and Zhang F. A review on the thermal-hydraulic performance and optimization of compact heat exchangers. // Energies. - vol. 14, 2021.
2. Xin F, Ma T, Chen YT, Wang QW. Study on chemical spray etching of stainless steel for printed circuit heat exchanger channels. Nucl Eng Des 2019;341:91–9.
3. Aneesh AM, Sharma A, Srivastava A, Chaudhury P. Effects of wavy channel configurations on thermal-hydraulic characteristics of Printed Circuit Heat Exchanger (PCHE). Int J Heat Mass Tran 2018;118:304–15.
4. Li Q, Flamant G, Yuan XG, Neveu P, Luo LG. Compact heat exchangers: a review and future applications for a new generation of high temperature solar receivers. Renew Sustain Energy Rev 2011;15:4855–75.

УДК 536.25

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗА И ПЕРЕНОС ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОМЕЩЕНИИ

**Ерғалиева Ағлен Мирасқызы**

*aglen.37@mail.ru*

Магистрант ГОП М098 (7М07117) – Теплоэнергетика

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан

В настоящее время особую актуальность приобретает вопрос проектирования систем вентиляции, задачей которой является поддержание воздуха в чистом виде, а также максимально быстрое снижение концентрации токсичного вещества в производственном