

**Универзитет у Београду
Машински факултет**

**ТОПЛОТНЕ ОПЕРАЦИЈЕ
И АПАРАТИ**

Део 1: Рекуперативни размењивачи топлоте

**Бранислав М. Јаћимовић
Србислав Б. Генић**

2022.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Проф. др Бранислав М. Јаћимовић, дипл. инж. маш.
Проф. др Србислав Б. Генић, дипл. инж. маш.

ТОПЛОТНЕ ОПЕРАЦИЈЕ И АПАРАТИ
- III укупно издање -

Рецензенти:

Проф. др Франц Коси, ред. проф. у пензији
Проф. др Дорин Лелеа, Машински факултет Универзитета Политехника у Темишвару
Проф. др Дејан Радић, Универзитет у Београду - Машински факултет

Издавач:

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
Ул. Краљице Марије бр.16, Београд
тел. (011) 3370-760, факс. (011) 3370-364
www.mas.bg.ac.rs

За издавача:

Декан, др Владимир Поповић, ред. проф.

Уредник:

др Милан Лечић, ред. проф.
Председник комисије за издавачку делатност
Машинског факултета у Београду

Тираж: 200 примерака

Штампање одобрила:

Комисија за издавачку делатност Машинског факултета у Београду
и
Декан Машинског факултета Одлуком бр. 44/2021 од 28.12.2021.

Штампа: "Планета-принт" Београд
www.planeta-print.rs

Београд, 2022. године

ISBN 978-86-6060-108-9

Предговор

Поновљено издање књиге *Топлотне операције и апарати - Део 1: Рекуперативни размењивачи топлоте* у односу на претходно издање има минималне измене које се тичу исправљених штампарских и правописних грешака, као и осавремењавање неколико једначина за прорачуне коефицијенат прелаза топлоте и коефицијента трења при струјању кроз цеви и струјању око оребрених цеви на основу тренутног стања светских и наших истраживања ових феномена.

Захваљујемо се колегама на указаним грешкама из претходног издања.

Јануар 2022.

Аутори

Предговор трећем издању

У односу на време у коме смо писали друго издање књиге наша сазнања о топлотним операцијама и апаратима су се даље проширила кроз научно-истраживачки и практични инжењерски рад. Наш теоријски и експериментални рад у претходном периоду је обухватио више типова размењивача топлоте (плочасти, оребрени, итд.), о чему смо обавештавали научно–стручну јавност кроз већи број чланака објављених у најцењенијим светским часописима. Са друге стране са домаћим и иностраним привредним субјектима смо у протеклих неколико деценија обавили низ послова:

- димензионисање размењивача (више од 800 појединачних размењивача);
- конструисање размењивача (више од 100 појединачних размењивача);
- испитивање перформанси размењивача према EN 305 и EN 1148 кроз рад акредитоване лабораторије (више од 120).

На описани начин дошли смо до нових сазнања, па ново издање књиге о топлотним операцијама и апаратима садржи значајне измене у односу на претходна издања од којих су најважније следеће.

1 Теоријски део у вези методологије прорачуна топлотних перформанси размењивача је значајно модификован и проширен.

2 Прорачунске процедуре за прорачун интензитета прелаза топлоте и супстанције и пада притиска су ажуриране у складу са сопственим истраживањима и на основу прегледа савремене литературе.

3 Ново издање садржи пригодне рачунске примере, највећим делом базиране на конкретним проблемима са којима смо се сретали у инжењерској пракси, у којима је извршена и процена трошкова израде размењивача топлоте.

4 С обзиром на недостатак литературе из области вишефазних струјања у нашој земљи дат је кратак преглед који је у функцији текста о кондензаторима и испаривачима.

Књига је у основи и даље намењена студентима Модула за процесну технику и заштиту животне средине Машинског факултета Универзитета у Београду, али и студентима сродних усмерења (термотехника, термоенергетика, итд.) или факултета који имају одговарајућа усмерења (технолошки, пољопривредни, итд.). Са друге стране и даље смо остали на становишту да књигу треба приредити тако да је и инжењери набројаних дисциплина могу користити у току своје каријере, па смо прикупили обиље практичних препорука и других података. У оба случаја сматрали смо да читалац поседује основна знања из фундаменталних дисциплина, као што су пре свих термодинамика, механика флуида и транспорт топлоте и супстанције. На крају сваког поглавља дат је преглед коришћене литературе као путоказ читаоцу за самостално проширивање знања.

Захваљујемо се колегама на бројним сугестијама и дискусијама које су нам помогле у форматизовању књиге, а посебно се захваљујемо рецензентима проф. др Францу Косију и проф. др Дејану Радићу са Машинског факултета Универзитета у Београду и проф. др Дорину Лелеи са Машинског факултета Универзитета Политехника у Темишвару, који су савесним прегледом рукописа и инвентивним сугестијама допринели квалитету књиге.

Август 2016.

Аутори

Предговор другом издању

Друго издање књиге *Топлотне операције и апарати* има поднаслов *Део 1: Рекуперативни размењивачи топлоте*. У односу на прво издање у овом делу књиге се не налазе поглавља о орошавајућим и регенеративним размењивачима топлоте, као ни поглавља о упаравању и кристализацији.

Измене које смо у тексту направили су проистекла из наших искустава везаних за димензионисање, конструисање, експлоатацију и испитивања размењивача топлоте. Захваљујемо се бројним колегама и предузећима која су финансијски помогла издавање ове књиге, као и рецензентима проф. др Францу Косију са Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и проф. др Градимиру Илићу са Машинског факултета Универзитета у Нишу.

Новембар 2004.

Аутори

Предговор првом издању

Топлотни и дифузиони апарати чине посебну групу апарата без којих се савремени живот не би могао замислити. Њихова примена је веома широка, како у процесној техници, тако и у термотехници и термоенергетици. Велики број типова и разноврсност примене ових апарата наметнули су потребу да се систематски прати развој овог дела технике и то како пројектовања, тако и различитих конструкционих решења и одржавања апарата у експлоатационом периоду.

Са развојем наставе на Машинском факултету Универзитета у Београду почело је проучавање топлотних и дифузионих операција и апарата кроз поједине предмете, да би 1959. године био уведен предмет Технолошки апарати. Даљим развојем наставе на групи за процесну технику оформљен је предмет Технолошки и дифузиони апарати (1973) и на крају Топлотни и дифузиони апарати (1977) у оквиру кога се свеобухватно третира проблематика из ове области.

Професор др Бранислав Ђаковић, дипл. маш. инж., је поставио основни план и програм по којима се топлотни и дифузиони апарати и данас изучавају на Машинском факултету у Београду. Савременим приступом настави он је оставио печат на генерације студената који су стекли широко знање из ове области. Утицај професора Ђаковића, изражен кроз основни концепт излагања ове материје, препознатљив је и у овој књизи. Настава се и даље унапређује и осавременује, при чему важну улогу у том процесу има истраживачки рад (фундаментална, развојна и примењена истраживања).

Резултат последње етапе развоја и унапређивања наставе је књига "Топлотне операције и апарати", која обухвата основне топлотне операције као што су грејање, хлађење, кондензација, испаравање, упаравање и кристализација, као и одговарајуће топлотне апарате (размењиваче топлоте).

Књига је конципирана тако да поред теоријских основа самих процеса и апарата садржи и велики број практичних примера и препорука из праксе и намењена је како инжењерима као помоћ у свакодневном раду (пројектовање, конструисање и одржавање апарата), тако и студентима за савладавање основа из ове области. Сматрамо да је овакав приступ оправдан, јер је домаћа литература прилично сиромашна управо подацима из праксе, иако велики број домаћих предузећа ради у овој области технике.

Систематизација материје је извршена према важећим светским критеријумима, при чему смо сматрали да читалац поседује основна знања из фундаменталних дисциплина као што су термодинамика, механика флуида, пренос топлоте и/или супстанције, отпорност материјала, итд.

Уводни део књиге се односи на методологију прорачуна топлотних операција и апарата, а затим се за сваку посебан тип излажу специфичности термодинамичког и струјног прорачуна и дају смернице за конструисање и одржавање. Избор појединих врста апарата за које је дат детаљнији опис, био је условљен потребом да се да квалитетан преглед у целој области и да се обухвате најчешће примењивани типови које производи домаћа индустрија.

Контактни размењивачи топлоте, због својих специфичности спадају у дифузионе апарате и нису разматрани у овој књизи.

Извори који су коришћени при изради ове књиге обухватају класичну и савремену литературу у овој области, а наравно и сопствена искуства стечена кроз дугогодишњи рад. На крају сваког поглавља дат је преглед коришћене литературе која може да користи као путоказ читаоцу за самостално проширивање знања.

С обзиром на обим и сложеност материје коју обухвата проблематика топлотних и дифузионих операција и апарата дошли смо до закључка да је погодно извршити поделу ове материје у два дела. Надамо се да ћемо ускоро завршити рад на књизи под називом "Дифузионе операције и апарати" и на тај начин уз пратеће збирке задатака заокружити ову област процесне технике.

Захваљујемо се свима који су помогли стварање ове књиге, а посебно рецензентима, професору др Слободану Ристићу, дипл. маш. инж. и доценту др Францу Косију, дипл. маш. инж., који су савесним прегледом рукописа и инвентивним сугестијама допринели квалитету књиге, као и Миодрагу Вулићу, маш. инж., који је на високо професионалном нивоу обрадио презентоване дијаграме и слике.

Октобар 1992.

Аутори

Садржај

1	Топлотне операције, топлотни апарати и радни медијуми	
1.1	Класификација топлотних операција	1-1
1.2	Класификација топлотних апарата	1-3
1.2.1	Класификација размењивача топлоте према намени	1-4
1.2.2	Класификација размењивача топлоте према функционално техничким решењима	1-5
1.2.3	Класификација размењивача топлоте према начину протицања радних медијума и шеми њиховог струјања кроз апарат	1-5
1.2.4	Класификација размењивача топлоте према форми површине за размену топлоте	1-7
1.2.5	Размењивачи топлоте за топлотне операције са посредним преносником топлоте	1-9
1.3	Радни медијуми у топлотним операцијама	1-11
2	Рекуперативни размењивачи топлоте	
2.1	Цевасти рекуперативни размењивачи топлоте	2-2
2.1.1	Размењивачи топлоте цев–у–цев	2-2
2.1.2	Добошаста размењивачи топлоте	2-3
2.1.3	Размењивачи топлоте са оребреним цевима	2-6
2.1.4	Орошавајући размењивачи топлоте	2-7
2.1.5	Размењивачи топлоте потопљеног типа	2-8
2.1.6	Размењивачи топлоте са цевном змијом	2-9
2.2	Листасти рекуперативни размењивачи топлоте	2-10
2.2.1	Размењивачи топлоте са двоструким плаштом	2-10
2.2.2	Плочасти размењивачи топлоте	2-10
2.2.3	Спирални размењивачи топлоте	2-12
2.2.4	Ламеласти размењивачи топлоте	2-13
2.2.5	Компактни размењивачи топлоте	2-14
2.3	Остали размењивачи топлоте	2-16
2.3.1	Графитни размењивачи топлоте	2-16
2.3.2	Размењивачи топлоте са електричним загревањем	2-17
2.4	Оребрене површине за размену топлоте	2-18
2.5	Избор размењивача топлоте према економским и техничким критеријумима	2-22
2.5.1	Основни технички критеријуми за избор типа размењивача топлоте	2-22
2.5.2	Процена трошкова размењивача топлоте	2-25
2.6	Размењивачка станица	2-26
3	Методологија прорачуна топлотних перформанси стационарних рекуперативних размењивача топлоте	
3.1	Примена упрошћених модела струјања флуида код стационарних рекуперативних размењивача топлоте	3-4
3.2	Топлотне перформансе стационарних рекуперативних размењивача топлоте при размени топлоте без промене фаза	3-9
3.2.1	Размењивач топлоте са супротносмерним током и клипним струјањем оба флуида	3-9
3.2.2	Размењивач топлоте са истосмерним током током и клипним струјањем оба флуида	3-33
3.2.3	Размењивач топлоте са идеалним мешањем топлијег и клипним струјањем хладнијег флуида	3-41
3.2.4	Размењивач топлоте са клипним струјањем топлијег и идеалним мешањем хладнијег флуида	3-46

3.2.5	Размењивач топлоте са идеалним мешањем оба флуида	3-51
3.2.6	Добошаста размењивач топлоте са клипним струјањем оба флуида, једним пролазом флуида кроз међуцевни простор и парним бројем пролаза флуида кроз цеви	3-54
3.2.7	Размењивач топлоте са унакрсним током флуида при чему оба флуида струје каналисано	3-55
3.2.8	Размењивач топлоте са унакрсним током флуида при чему хладнији флуид струји каналисано кроз цеви, а топлији флуид каналисано са мешањем после сваког реда цеви	3-55
3.2.9	Размењивач топлоте са унакрсним током флуида при чему топлији флуид струји каналисано кроз цеви, а хладнији флуид каналисано са мешањем после сваког реда цеви	3-57
3.2.10	Поређење топлотних перформанси размењивача топлоте са различитим моделима струјања флуида	3-58
3.2.11	Дијаграми топлотних перформанси размењивача топлоте	3-66
3.2.12	Топлотни параметари спрегнутих размењивачких секција	3-74
3.2.13	Примери топлотних перформанси размењивача топлоте који се састоје од већег броја размењивачких секција	3-79
3.3	Топлотне перформансе стационарних рекуперативних размењивача топлоте при размени топлоте са променом фаза	3-92
3.3.1	Размењивач топлоте са кондензацијом топлијег флуида и клипним струјањем хладнијег флуида	3-93
3.3.2	Размењивач топлоте са кондензацијом топлијег флуида и идеалним мешањем хладнијег флуида	3-99
3.3.3	Размењивачи топлоте са испаравањем хладнијег флуида	3-100
3.3.4	Размењивач топлоте са испаравањем хладнијег флуида и идеалним мешањем топлијег флуида	3-106
3.3.5	Размењивачи топлоте са кондензацији топлијег и испаравањем хладнијег флуида	3-108
3.4	Ефикасност размењивача топлоте	3-109
3.4.1	Термодинамичка ефикасност размењивача топлоте	3-109
3.4.2	Релативна топлотна ефикасност размењивача топлоте при једнофазном струјању	3-112
3.4.3	Апсолутна топлотна ефикасност размењивача топлоте при једнофазном струјању	3-113
3.4.4	Топлотна ефикасност размењивача топлоте код којих један од флуида мења фазу	3-113
3.5	Методологија прорачуна стационарних рекуперативних размењивача топлоте код којих се коефицијент пролаза топлоте значајно мења	3-116
3.5.1	Прорачун стационарних рекуперативних размењивача топлоте са линеарном променом коефицијента пролаза топлоте у функцији температура флуида	3-120
3.6	Димензионисање и контролни прорачун стационарних рекуперативних размењивача топлоте	3-121
3.6.1	Процедуре димензионисања и контролног прорачуна стационарних рекуперативних размењивача топлоте са једнофазним струјањем оба флуида	3-122
3.6.2	Процедуре димензионисања и контролног прорачуна стационарних рекуперативних кондензатора	3-123
3.6.3	Процедуре димензионисања и контролног прорачуна стационарних рекуперативних испаривача	3-124
3.6.4	Процедуре димензионисања и контролног прорачуна стационарних рекуперативних испаривача	3-124

4	Коефицијент пролаза топлоте код рекуперативних размењивача топлоте	
4.1	Коефицијент пролаза топлоте када су флуиди раздвојени равном површином	4-2
4.2	Коефицијент пролаза топлоте када су флуиди раздвојени цевима	4-7
4.3	Коефицијент пролаза топлоте за оребрене површине	4-12
4.3.1	Контактни отпори провођењу топлоте код оребрених површина	4-15
4.3.2	Ефикасност ребра	4-17
4.3.3	Површина оребрења	4-18
4.4	Оријентационе вредности коефицијената пролаза топлоте код рекуперативних размењивача топлоте	4-22
4.5	Прљање површина за размену топлоте	4-26
4.5.1	Математички модели формирања запрљања	4-28
4.5.2	Упрощени математички модел промене коефицијента пролаза топлоте услед запрљања у функцији времена	4-31
4.6	Оријентационе вредности фактора запрљања	4-34
4.6.1	Процена фактора запрљања на основу временског периода између два чишћења	4-36
4.6.2	Експериментално одређивање фактора запрљања у функцији времена	4-37
4.6.3	Утицај запрљања на пад притиска	4-37
4.7	Економски аспект прљања размењивача топлоте	4-38
4.7.1	Економски аспект запрљања при димензионисању размењивача топлоте	4-39
4.7.2	Економски аспект запрљања у са гледишта континуитета рада	4-39
4.7.3	Структура трошкова услед запрљања размењивача топлоте	4-40
4.8	Карактеристичне температуре површина за размену топлоте	4-41
5	Размењивачи топлоте цев–у–цев	
5.1	Прелаз топлоте при струјању флуида кроз цеви	5-4
5.1.1	Ламинарни режим струјања	5-5
5.1.2	Турбулентни режим струјања	5-6
5.2	Прелаз топлоте у ануларном простору	5-7
5.3	Пад притиска при струјању флуида	5-8
5.3.1	Пад притиска услед трења при струјању кроз цеви	5-8
5.3.2	Пад притиска услед трења при струјању кроз ануларни простор	5-9
5.3.3	Пад притиска услед локалних отпора	5-9
5.4	Двофазни ток у цевима – опште напомене	5-19
5.4.1	Двофазни режими струјања мешавине паре (гаса) и течности у цевима	5-22
5.4.2	Пад притиска при струјању мешавине течности и паре у цевима	5-25
6	Добошасте размењиваче топлоте	
6.1	Типизација добошастих размењивача топлоте	6-2
6.1.1	Добошасте размењиваче топлоте са непокретним цевним плочама	6-2
6.1.2	Добошасте размењиваче топлоте са U–цевима	6-4
6.1.3	Добошасте размењиваче топлоте са покретном задњом комором	6-5
6.1.4	Добошасте размењиваче топлоте са потопљеним цевним снопом	6-6
6.2	Конструкционе карактеристике добошастих размењивача топлоте	6-8
6.2.1	Предње и задње коморе	6-8
6.2.2	Цеви и цевни снап	6-10
6.2.3	Цевна плоча	6-14
6.2.4	Омотач	6-17
6.2.5	Број пролаза флуида кроз цеви	6-19
6.2.6	Одређивање броја цеви	6-21
6.2.7	Шеме струјања флуида кроз међуцевни простор	6-23
6.2.8	Преграде у међуцевном простору	6-26

6.2.9	Цевни прикључци	6-34
6.3	Опште препоруке за димензионисање и оперативни проблеми код добошастих размењивача топлоте	6-38
6.3.1	Размештај флуида са стране цеви и међуцевног простора	6-38
6.3.2	Пад притиска и брзина струјања	6-39
6.3.3	Вибрације цеви	6-41
6.3.4	Оперативни проблеми код добошастих размењивача топлоте	6-41
7	Добошаста размењивача топлоте са струјањем флуида без промене фаза	
7.1	Прелаз топлоте при једнофазном струјању кроз цеви	7-1
7.2	Једнофазно струјање у међуцевном простору добошастих размењивача топлоте	7-7
7.3	Геометријски параметри међуцевног простора	7-9
7.4	Прелаз топлоте при једнофазном струјању кроз међуцевни простор	7-12
7.4.1	Коефицијент прелаза топлоте при опструјавању идеалног цевног снопа	7-13
7.4.2	Корекциони фактори за прорачун коефицијента прелаза топлоте при струјању кроз међуцевни простор	7-14
7.5	Пад притиска при једнофазном струјању кроз цеви	7-16
7.6	Пад притиска при једнофазном струјању кроз међуцевни простор	7-17
7.6.1	Корекциони фактори за пад притиска у међуцевном простору	7-20
7.7	Упростићена процедура за израчунавање коефицијента прелаза топлоте и пада притиска	7-20
8	Добошаста кондензатори	
8.1	Подела и основне карактеристике добошастих кондензатора	8-1
8.1.1	Хоризонтални размењивачи са кондензацијом у међуцевном простору	8-1
8.1.2	Хоризонтални размењивачи са кондензацијом у цевима	8-2
8.1.3	Вертикални размењивачи са кондензацијом у међуцевном простору	8-2
8.1.4	Вертикални размењивачи са кондензацијом у цевима	8-2
8.2	Прорачун топлотних перформанси добошастих кондензатора	8-2
8.2.1	Средња температурска разлика	8-2
8.2.2	Прелаз топлоте при кондензацији код добошастих размењивача топлоте	8-4
8.2.3	Прелаз топлоте при кондензацији на вертикалним цевима	8-5
8.2.4	Прелаз топлоте при кондензацији у вертикалним цевима	8-7
8.2.5	Прелаз топлоте при кондензацији на снопу хоризонталних цеви	8-9
8.2.6	Прелаз топлоте при кондензацији унутар хоризонталних цеви	8-17
8.2.7	Хлађење и кондензација прегрејане паре и кондензација влажне паре	8-24
8.2.8	Хлађење кондензата	8-25
8.2.9	Утицај некондензујућих гасова на интензитет размене топлоте при кондензацији	8-27
8.3	Пад притиска у добошастим кондензаторима	8-28
8.4	Основни критеријуми при избору типа добошастих кондензатора	8-33
9	Добошаста испаривачи	
9.1	Подела и основне карактеристике добошастих испаривача	9-1
9.1.1	Испаривачи са потопљеним цевним снопом	9-1
9.1.2	Испаривачи са природном циркулацијом	9-3
9.1.3	Испаривачи са принудном циркулацијом	9-6
9.1.4	Испаривачи постављени унутар технолошког апарата	9-7
9.1.5	Остали типови испаривача	9-7
9.2	Прорачун топлотних перформанси добошастих испаривача	9-8
9.2.1	Средња температурска разлика при кључању код добошастих размењивача топлоте	9-9
9.2.2	Прелаз топлоте при кључању у великој запремини	9-9

9.2.3	Прелаз топлоте при кључању са интензивном циркулацијом двофазне мешавине у међуцевном простору	9-12
9.2.4	Прелаз топлоте при кључању са интензивном циркулацијом двофазне мешавине у цевима	9-14
9.3	Пад притиска у испаривачима	9-16
9.4	Основни критеријуми при избору доброшастих испаривача	9-16
9.5	Димензионисање испаривача са потопљеним цевним снопом	9-19
9.5.1	Димензионисање сепарационог простора	9-20
9.5.2	Број и пречник прикључака са стране омотача за увођење и одвођење флуида	9-21
9.6	Димензионисање термосифонских испаривача	9-27
9.6.1	Димензионисање вертикалних термосифонских испаривача	9-30
9.6.2	Димензионисање хоризонталних термосифонских испаривача	9-35
9.7	Димензионисање испаривача са принудном циркулацијом	9-36
9.8	Димензионисање интерних испаривача	9-36
10	Размењивачи топлоте са оребреним цевима	
10.1	Примена размењивача топлоте са оребреним цевима	10-1
10.2	Конструкционе карактеристике размењивача топлоте са оребреним цевима	10-1
10.2.1	Цеви	10-1
10.2.2	Оребрење	10-4
10.2.3	Увођење и одвођење флуида који протиче кроз цеви	10-5
10.2.4	Струјање гасова кроз међуцевни простор	10-5
10.2.5	Кондензатори за расхладне уређаје у домаћинству	10-6
10.3	Топлотни параметри размењивача топлоте са оребреним цевима	10-6
10.4	Прелаз топлоте и пад притиска при попречном опструјавању оребрене цевне површине	10-7
10.4.1	Кружна и завојна ребра за размењиваче са троугластим распоредом цеви	10-9
10.4.2	Равна ламеласти ребра за размењиваче са троугластим распоредом цеви	10-10
10.4.3	Аналогија преноса количине кретања и преноса топлоте	10-10
11	Ваздушни хладњаци	
11.1	Оправданост примене ваздушних хладњака	11-1
11.2	Конструкционе карактеристике ваздушних хладњака	11-2
11.2.1	Цеви и цевни сноп	11-5
11.2.2	Коморе за увођење, одвођење и скретање топлијег флуида	11-7
11.2.3	Постављање ваздушних хладњака	11-9
11.2.4	Вентилатори за ваздушне хладњаке	11-10
11.3	Избор прорачунских температура ваздуха	11-13
11.4	Топлотни параметри ваздушних хладњака	11-15
11.5	Прелаз топлоте и пад притиска код ваздушних хладњака са стране процесног флуида	11-18
11.6	Прелаз топлоте и пад притиска са стране ваздуха код ваздушних хладњака	11-18
12	Плочасти размењивачи топлоте	
12.1	Конструкционе карактеристике плочастих размењивача топлоте	12-1
12.1.1	Типови, величине и материјали плоча	12-4
12.1.2	Заптивачи	12-8
12.1.3	Оквир размењивача и анкери	12-8
12.2	Карактеристичне конфигурације струјања флуида код плочастих размењивача топлоте	12-9
12.2.1	Струјање у једном пролазу	12-9
12.2.2	Струјање у више пролаза са једнаким бројем пролаза оба флуида	12-10
12.2.3	Струјање у више пролаза са различитим бројем пролаза флуида	12-10

12.2.4	Дистрибуција флуида код плочастих размењивача топлоте	12-11
12.2.5	Могућност комбинација плоча са различитим угловима шара	12-11
12.3	Топлотни параметри плочастих размењивача топлоте	12-14
12.4	Коефицијент прелаза топлоте при једнофазном струјању код плочастих размењивача топлоте	12-14
12.5	Пад притиска при једнофазном струјању код плочастих размењивача топлоте	12-16
13	Спирални размењивачи топлоте	
13.1	Конструкционе карактеристике спиралних размењивача топлоте	13-2
13.1.1	Основне величине и материјали спирала	13-2
13.1.2	Заптивање канала између спирала	13-3
13.1.3	Основне геометријске карактеристике	13-5
13.2	Карактеристичне конфигурације струјања флуида код спиралних размењивача топлоте	13-7
13.3	Топлотни параметри спиралних размењивача топлоте	13-10
13.4	Прелаз топлоте код спиралних размењивача топлоте	13-11
13.5	Пад притиска код спиралних размењивача топлоте	13-13

Прилози

П-1	Графички симболи за размењиваче топлоте	
П-2	Означавање добашастих размењивача топлоте према стандарду ТЕМА	
П-3	Топлотна проводност материјала за израду размењивача топлоте	

