

**ПОБОЉШАЊЕ РАДА СИСТЕМА ПРОЦЕСНОГ И  
СКЛАДИШНОГ ГРЕЈАЊА У ФАБРИЦИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ  
МАРГАРИНА**

**IMPROVEMENT OF SYSTEM FOR PROCESS AND STORAGE HEATING IN  
PLANT FOR MARGARINE PRODUCTION**

**Србислав Генић,**  
Машински факултет Универзитета у Београду, [sgenic@mas.bg.ac.rs](mailto:sgenic@mas.bg.ac.rs),

**Бранислав Јаћимовић,**  
Машински факултет Универзитета у Београду, [bjacimovic@mas.bg.ac.rs](mailto:bjacimovic@mas.bg.ac.rs),

**Никола Будимир,**  
Иновациони центар Машинског факултета у Београду, [nbudimir@mas.bg.ac.rs](mailto:nbudimir@mas.bg.ac.rs),

**Марко Јарић,**  
Иновациони центар Машинског факултета у Београду, [mjaric@mas.bg.ac.rs](mailto:mjaric@mas.bg.ac.rs),

**Милош Ивошевић,**  
Машински факултет Универзитета у Београду, [mivosevic@mas.bg.ac.rs](mailto:mivosevic@mas.bg.ac.rs),

**Мирјана Стаменић,**  
Машински факултет Универзитета у Београду, [mstamenic@mas.bg.ac.rs](mailto:mstamenic@mas.bg.ac.rs),

***Апстракт:** За процес производње маргарина од изузетне важности је могућност одржавања температуре маргарина у предвиђеном опсегу. У ту сврху користи се топла вода из топлотне подстаннице у оквиру постројења, која се цевоводима допрема до свих потрошача (резервоара, апарата, цевовода за транспорт масти и сл.). Уочено је да током производње долази до извесних потешкоћа које су проузроковане недеовољном загрејаношћу маслаца, што посебно долази до изражаја у зимском периоду због већих топлотних губитака. Имајући то у виду, овај рад има за циљ да прикаже принцип утврђивања и отклањања уочених недостатака на поменутом систему процесног и складишног грејања.*

***Кључне речи:** процесно грејање; складишно грејање; топлотни губици*

***Abstract:** In the process of margarine production it's very important to maintain the temperature of margarine within the prescribed range. For this purpose the hot water from the heat substation within the plant is used, and then delivered to all consumers (tanks, apparatus, pipelines for the transport of fats, etc.). It was noted that during the production there are certain difficulties caused by insufficient butter temperature, which is particularly evident in the winter because of higher heat losses. With that in mind, this paper aims to show the principle of identifying and removing the identified deficiencies in the process and storage heating system.*

***Key words:** process heating; storage heating; heat losses*

## I. Увод

Процес производње маргарина захтева значајну количину топлоте. Један њен део користи се за постизање одговарајућих температура у процесним апаратима. Други њен део користи се за загревање маргарина који се налази у цевоводима којима се транспортује између појединих апарата и до резервоара. Трећи део топлоте користи се за одржавање довољно високе температуре у резервоарима за складиштење полазне сировине и финалног производа. За потребе грејања користи се топла вода из топлотне подстаннице, која се налази у оквиру постројења. За загревање воде користи се водена пара.

Током вишедеценијског рада постројења, долазило је до извесних корекција тј. промена на постројењу које су проузроковале одступање од почетног (пројектом предвиђеног) стања, што се негативно одразило на систем процесног и складишног грејања. Уочено је да током производње долази до извесних потешкоћа које су изазване недовољном загрејаношћу маргарина, што посебно долази до изражаја у зимском периоду због већих топлотних губитака. Као што је случај код већине постројења, негативане ефекте постојећих неправилности у извесној мери је могуће умањити вештим манипулисањем рада постројења. У овом случају такав приступ није дао жељене резултате, па се морало приступити систематском утврђивању и уклањању недостатака. У ту сврху ангажована је акредитована лабораторија за процесну технику, енергетску ефикасност и заштиту животне средине са Машинског факултета у Београду. Отклањање поменутих недостатака обухватило је сагледавање рада читавог постројења (прорачун потребних количина топлоте неопходних за одвијање процеса производње, као и хидраулички прорачун цевних мрежа са циљем утврђивања падова притиска по појединим деоницама и балансирања цевних мрежа).

Због немогућности да се прикажу све појединости током обављања поменутог посла, овај рад има за циљ да прикаже принцип утврђивања и отклањања уочених недостатака на конкретном систему процесног и складишног грејања.

## II. Опис рада постројења, утврђивање недостатака и њихово отклањање

Постројење за производњу маргарина се састоји из неколико већих функционалних целина које садрже: 8 складишних танкова, 6 призматичних складишних танкова, 20 процесних посуда са двоструким плаштом. Наведена опрема је међусобно повезана цевоводима за транспорт маргарина током процеса производње. Ови цевоводи су направљени у виду размењивача топлоте цев-у-цев тј. састоје се из две коаксијално постављене цеви. Маргарин се транспортује кроз унутрашњу цев, док кроз простор између спољашње и унутрашње цеви струји грејни флуид. У овом раду пажња је усмерена на следеће целине производног погона:

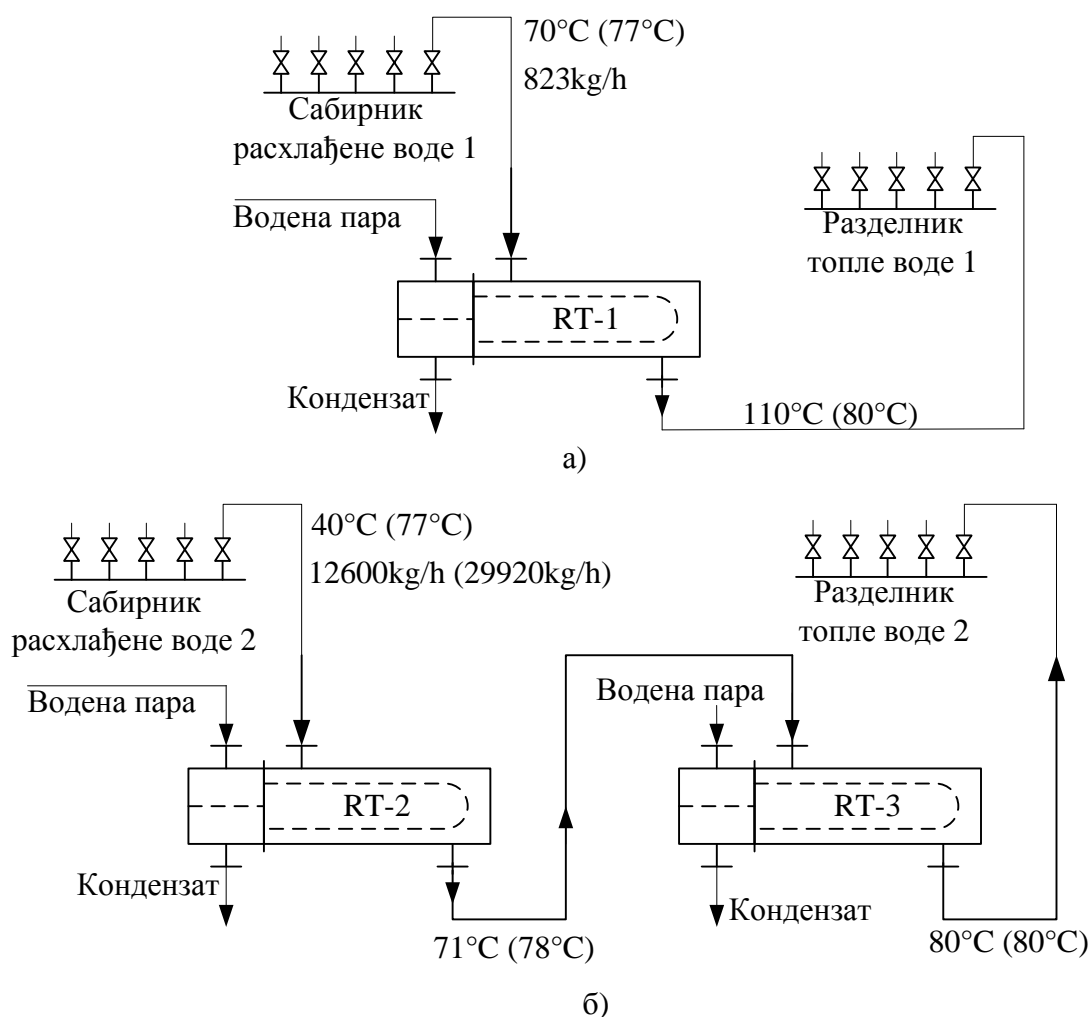
- топионица, хидрирница, рафинерија (загревање врши размењивач 1 – слика 1а);
- спољашњих резервоара (загревање врше размењивачи 2 и 3 – слика 1б).

Одређивање потребних количина топлоте за несметано функционисање система први је и основни корак у решавању овог и сличних проблема.

Топлотни губици апарата и резервоара ( $\dot{Q}_{gub}$ , kW) се прорачунавају узимајући у обзир:

- количине радних флуида у апарату (резервоару), као и њихове протоке у складу са техничком документацијом;
- температурске режиме флуида у апаратима (резервоарима) који су стриктно усвојени у складу са захтевима технолошког процеса;

- грејни флуид је вода чија се температура мења у опсегу  $70 \div 90^\circ\text{C}$  ;
- коефицијент пролаза топлоте и пад притиска са стране грејне воде су израчунати у складу са методологијом приказаном у [1].



**Слика 1** Шематски приказ топлотне подстанције и припадајућих размењивача

Након утврђивања топлотних губитака апарата (резервоара) одређује се проток воде ( $\dot{m}_v$ , kg/s) који може да обезбеди потребну количину топлоте

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}_{gub}}{c_{pv} \cdot (t_{vp} - t_{vk})} \quad (1)$$

где су:

- $c_{pv}$ , kJ/(kg · K) - специфични изобарски топлотни капацитет воде;
- $t_{vp} = 90^\circ\text{C}$  - температура воде на разделнику;
- $t_{vk} = 70^\circ\text{C}$  - температура воде на сабирнику.

Топлотни губици на цевоводу се одређују према изразу

$$\dot{Q}_{gub} = \pi \cdot D_c \cdot L_c \cdot k \cdot \Delta t \quad (2)$$

где су:

- $D_c$ , m - спољашњи пречник цевовода, односно изолације;
- $L_c$ , m - дужина деонице;
- $k$ , W/(m<sup>2</sup>K) - коефицијент пролаза топлоте;
- $\Delta t$ , °C - температурска разлика воде и околног ваздуха.

Приликом одређивања топлотних губитака на поједином цевоводу треба водити рачуна о следећем:

- да ли је у питању цевовод који се налази у отвореном или затвореном простору;
- да ли је цевовод изолован или није.

Додатни проток воде који је потребно обезбедити како би се надоместио топлотни губитак на посматраном цевоводу у околни простор се такође одређује према изразу (1). Једноставним сабирањем свих топлотних губитака (потребних протока воде) добија се количина топлоте (проток воде) коју је потребно доставити потрошачима. Прегледом постојеће техничке документације, као и прегледом потрошача (апарата, резервоара, цевовода) на лицу места утврђено је да укупни захтеви за топлотом износе  $\dot{Q}_{gub,uk} = 1330 \text{ kW}$  [2].

Након утврђивања топлоте коју је неопходно достављати потрошачима, потребно је утврдити реалне могућности постројења. У ту сврху извршена су мерења одговарајућих протока и температура. Протоци флуида су мерени ултразвучним мерилем KROHNE UFM610P или волуметријском методом (тамо где је мерење ултразвучним мерилем било неизводљиво). Мерна места су бирана тако да очитане вредности буду погодне за постављање материјалног и топлотног биланса. При томе се водило рачуна да се не омета производни процес фабрике. Температуре су мерене контактним термометром (а вредности су проверавана и термометрима који су већ уграђени на постројењу). Измерене вредности (вредности приказане на слици 1 у заградама) указују на то да је топлота која се допремала потрошачима значајно испод потребних вредности, што је посебно изражено код RT-1. До ових одступања превасходно долази услед великих запрљања на површинама за размену топлоте, те се као једино решење намеће замена постојећих добошастих размењивача топлоте са новим.

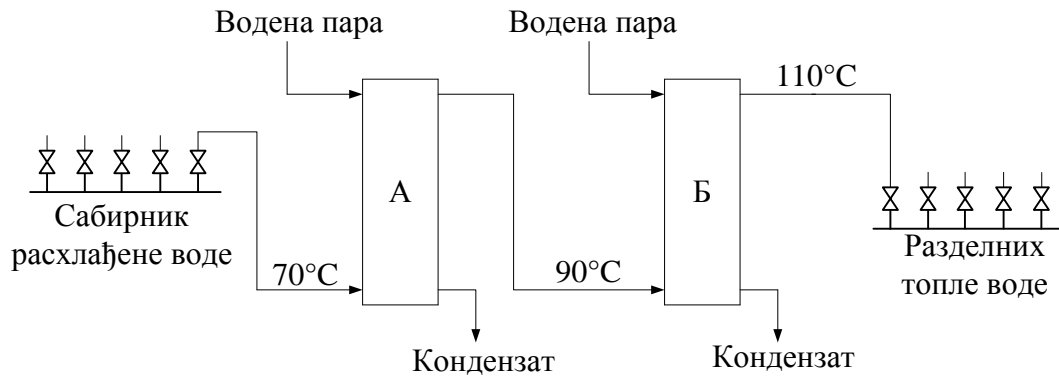
Табела 1

Размењивач	Топлотна снага, kW	
	Измерено	Номинално
RT-1	2,9	38,3
RT-2	37,3	452
RT-3	70,4	132
Укупно	110,6	622,3

Поред тога, у складу са доступном техничком документацијом проверена је снага посматраних размењивача и при номиналном (пројектном) радном режиму. Ове вредности су такође приказане на слици 1. Утврђено је да и при номиналним радним условима снага размењивача није довољна (табела 1), и да је потребно вршити корекције у топлотној подстанци.

У односу на досадашње стање извршене су ситне корекције у температурским режимима, у договору са технолозима који воде рад постројења. Наиме, ново решење предвиђа да сви размењивачи раде у температурском режиму 70/110°C (а не у два режима 70/110°C и 40/80°C). Ова корекција радних режима је оправдана јер полазне силовине као и финални производи могу да буду изложени тим температурама без после-

дица по квалитет финалног производа. Ограничење које је у том смислу неопходно испоштовати је да температуре не буду више од 120°C јер тек при таквим условима може доћи до формирања нежељених једињења у финалном производу. Такође, ова измена температурског решења омогућава и једноставније (јефтиније) финално решење проблема. Тачније, рамењивачи RT-1, RT-2 и RT-3 могу се заменити са два нова редно постављена плочаста рамењивача топлоте А и Б (слика 2).



**Слика 2** Шематски приказ предложеног решења

Предложени су рамењивачи произвођача TRACO тип LSL-1 са по 50 плоча, који обезбеђују по 665 kW сваки, при температурском режиму са стране воде 70/110°C и при протоку воде 28,67 t/h (слика 2). За потребе грејања се користи сувозасићена водена пара притиска 4 bar чија потрошња износи 996 kg/h. Приближна цена једног рамењивача износи 6800€ [2] [3].

### III. Закључак

У раду је дат кратак осврт на принцип утврђивања недостатака на систему процесног и складишног грејања у постројењу за производњу маргарина где је потреба за ефикасним грејањем веома изражена. У кратким цртама приказан је начин утврђивања потрошње топлоте, и активности на проналажењу адекватног решења. Финално решење не мора бити идентично тренутном, али свакако мора задовољити захтеве технолошког процеса.

### IV. Литература

- [1] **Јаћимовић, Б., С. Генић**, *Топлотне операције и апарати, део 1: рекуперативни рамењивачи топлоте*, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, Србија, 2004.
- [2] **Генић, С., Б. Јаћимовић**, *Студија реконструкције постојећег стања система за процесно и складишно грејање у фабрици Дијамант а.д. у Зрењанину*, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, Србија, 2014.
- [3] **Генић, С., Б. Јаћимовић**, *Економске анализе за потребе процесног инжењерства*, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд, Србија, 2014.