

Бојана Б. Проданић, Александар И. Јокић, Золџан З. Заварџо

Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија

Рационализација потрошње енергије у Индустрији шећера Републике Србије

Стручни рад

UDC: 664.12:621.8.037

BIBLID: 0350-218X, 35 (2009), 1, 29–35

Суочене са сџиалним ѓроменама у цени конзумног шећера на свејџском ѓржишџу изазване великим вишковима шећера ѓроизведеног из шећерне ѓрске, као и са ѓорасџом цене енерџенатџа, фабрике шећера на бази шећерне реџе морају да раде на консџианџном ѓовећању енерџејске ефикасности. Евројска индустџрија шећера одмакла је у смањњу ѓоѓрошње ѓојлојне енерџије и она сада износи исѓод 1 MJ/kg реџе. Сџџуација у индустџрији шећера Србије, сџецифична је због заџворености ѓржишџа ѓоком 90-џих ѓодина, ѓако да су срџске фабрике шећера заосџајале у развоју. Реконсџрукцијом ѓосџојеђих каџациџеџа након ѓриватџизације, индустџрија шећера у Србији ѓосџиже значајне ушџеде у ѓоѓрошњи енерџије. Током вишеѓодишњих измена у ѓенолошким шемама ѓроизводње осџварене су значајне ушџеде, ѓако да се сада ѓросечна ѓоѓрошња енерџије кређе око 1 MJ/kg реџе. Током ревитџализације ѓроцеса ѓроизводње, биџне ѓромене доживела је оѓџарна сџаница која је и најѓиџнија за ѓоѓрошњу енерџије. Применом ѓредуџаравања, које се корисџи у већини евројских шећерана, ѓоком уѓушћавања реџког сока ѓосџиџнуџа је ѓовећана енерџејска ефикасности, уз исџовремено обезбеђивање сџабилног рада шећеране ѓоком камџање.

Кључне речи: индустџрија шећера, оѓџарна сџаница, енерџејска ефикасности

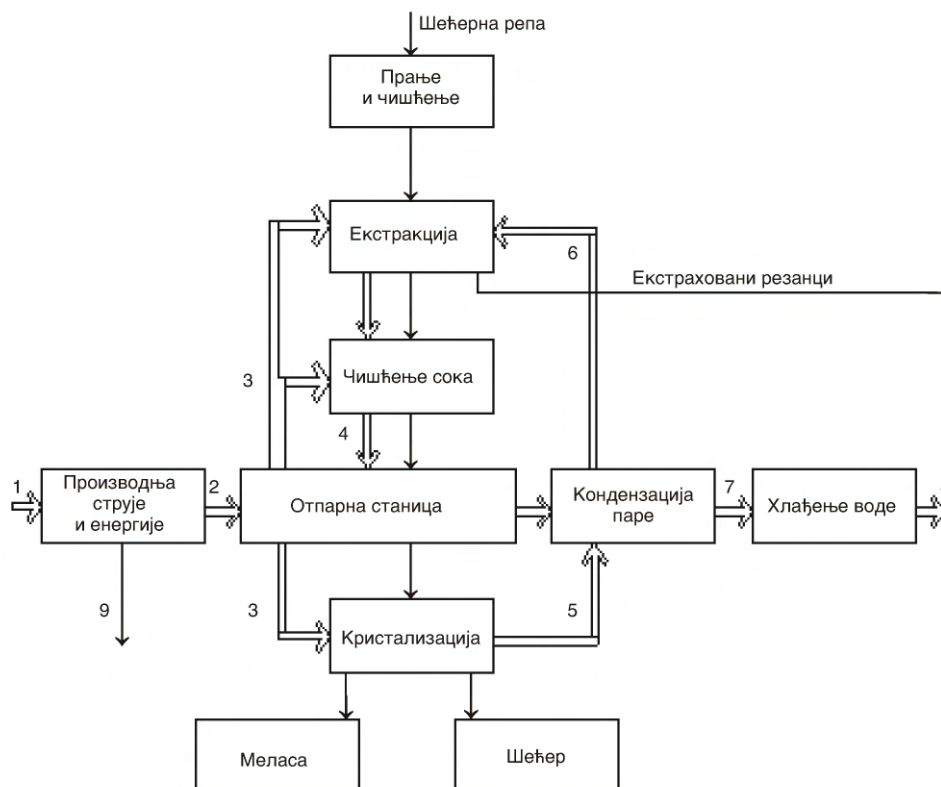
Увод

До сада су, у оквиру Пројекта побољшања енерџетске ефикасности у индустрији шећера, обухваћене шећеране у Црвенки, Жабљу, Пеђинцима и Ковачици. Оне су достигле ниво потрошње енергије у гориву за производњу шећера од око 1 MJ/kg репе. У односу на раније стање, када су имале од 1,2–1,5 MJ/kg репе, ово је знатно побољшање. За даља побољшања потребне су значајне инвестиције у технологији, опреми и аутоматизици. У кампањи 2007. године спроведене су сличне активности и у шећерани у Ковачици. Према пројекту ова шећерана може постићи потрошњу од

0,8 MJ/kg репе јер су уложена велика средства у опрему и аутоматизацију. У 2007. години није постигнут пројектовани резултат, али се он очекује 2008. године када се отклоне грешке на опреми које су уочене. У шећерани „Сремска Митровица”, за кампању 2007. године, урађен је пројект побољшања енергетске ефикасности у сарадњи са Технолошким факултетом у Новом Саду. Пројектом предвиђена потрошња енергије у гориву је око 1 MJ/kg репе. У шећерани „Сента”, у оквиру њиховог концерна СФИР, ради се на побољшању енергетске ефикасности уз примену концепције лагерована густог сока. Овај концепт се делимично разликује од концепта примењеног у осталим шећеранама Србије. На тај начин све активне шећеране, изузев шећеране у Бачу обухваћене су пројектом побољшања енергетске ефикасности.

Развој отпарне станице у индустрији шећера

Улога отпарне станице у фабрици шећера приказана је на сл. 1. Главни кораци у производњи шећера приказани су од врха до дна шеме, а кораци трансформације енергије приказани су слева на десно.



Слика 1. Шематски приказ масених и енергетских протока у фабрици шећера

- (1) – гориво, (2) – репурна пара, (3) – секундарне паре, (4) – загрејан сок,
 (5) – пара, (6) – шойла вода, (7) – шойла вода са кондензације,
 (8) – губијак шойлоше, (9) – електрична енергија

Енергетски најзахтевнији процеси су екстракција, чишћење сока, упаравање и кристализација. Отпарна станица повезује део фабрике окарактерисан ниским концентрацијама сока са кристализацијом шећера из концентрованих сирупа. Полазне и крајње концентрације сока у отпарној станици одређују развод паре која може да се користи за грејање појединих корака процеса производње шећера. Топлотна енергија се доводи паром из котловнице. Потрошња енергије у фабрикама шећера зависи од индивидуалних потрошњи сваке од фаза производње и ефикасности трансформације енергије. Главне структурне особине отпарне станице су:

- број степена упаравања,
- распоред токова, и
- површине за размену топлоте сваког од упаривача.

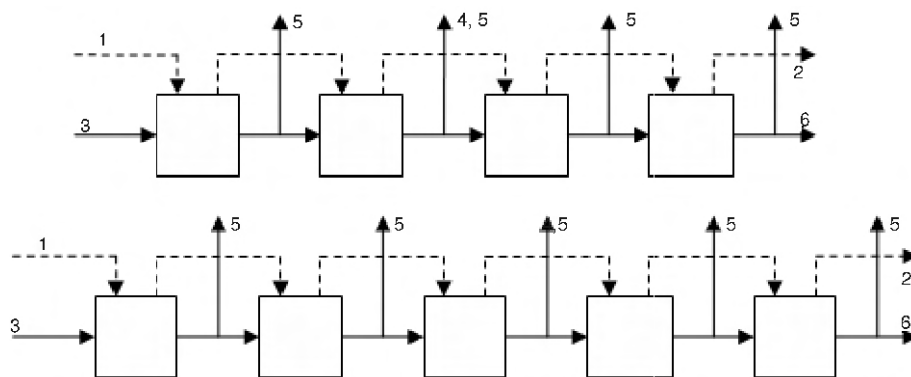
Тенденција развоја отпарне станице је усвајање таквих структурних особина отпарне станице да би се испунили захтеви економичне производње шећера као и високе енергетске ефикасности. Један од основних захтева је да концентрација сока на излазу отпарне станице (густи сок) буде што виша јер се на тај начин троши мање енергије у процесу кристализације, а и могуће је током кристализације применити технологије које осигуравају висок квалитет шећера уз ниску потрошњу енергије.

Температурни опсег у коме ради отпарна станица ограничен је температуром сока. Да би се избегло нарушавање квалитета сока (боја и рН вредност) температура ретког сока на улазу у отпарну станицу не треба да прелази 128 °С. С друге стране, да би се избегло неконтролисано формирање кристала у густом соку, на излазу из отпарне станице температура не треба да буде нижа од 90 °С. Овај релативно узан температурни опсег дели се на интервале који одговарају појединим степенима отпарне станице. У напреднијим отпарним станицама које имају шест или седам степена упаравања просечни температурни интервал је 6–7 К. Међутим, како се повишење тачке кључања мења од 0,5 К у првом упаривачу па чак и до 7 К у последњем, ефективни температурни интервал износи свега 4–5 К. За упариваче са природном циркулацијом ова разлика није довољна за интензиван пренос топлоте, те се стога морају користити упаривачи са танким филмом. Постоје три типа ових упаривача:

- падајући филм, пренос топлоте у цевима,
- падајући филм, пренос топлоте на плочама, и
- растући филм, пренос топлоте на плочама.

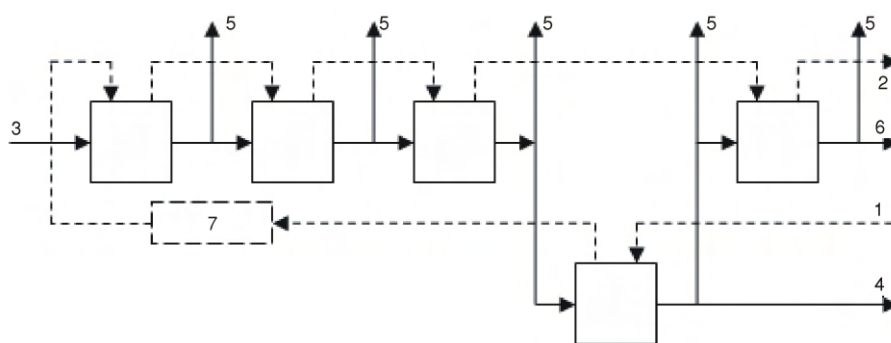
Упаривачи са падајућим филмом могу да раде и при температурној разлици од 3–4 К и тада је могуће користити улазну температуру ретког сока око 121–122 °С. На тај начин добија се густи сок бољег квалитета, што омогућава ефикасну кристализацију. Ефикасност енергетске трансформације у термалном систему под утицајем је интеракције отпарне станице и кристализације. Кључни захтев је да пара за кристализаторе буде обезбеђена са отпарног степена ближег последњем. Ипак, температура засићења загревне паре не сме бити нижа од лимитирајуће температуре карактеристичне за одређени тип кристализатора. У том смислу истосмерни проток паре и сока је непогодан за високе концентрације у густом соку због повишења тачке кључања у последњим степенима упаравања, што за последицу има нижу температуру засићења паре у односу на температуру сока. Овај проблем може да се превазиђе комбиновањем истострујног и противструјног протицања у отпарној станици, применом

такозваног предупаравања ретког сока у једном или два последња степена из којих сок одлази у први упаривач, а затим у преостале степене. Овакво вођење процеса омогућава добијање секундарних пара са вишим температурама засићења у финалним упаривачима и тако побољшава енергетску ефикасност. Током година, бројне фабрике су користиле четворостепену или петостепену истострујну отпарну станицу (сл. 2).



Слика 2. Шематски приказ истострујне вишестепене отпарне станице
 (1) – рејки сок, (2) – зусији сок, (3) – рејурна пара, (4) – пара за кристализацију,
 (5) – пара за друге загреваче, (6) – пара за кондензацију

Услед ниске енергетске ефикасности овај тип отпарне станице је неекономичан при постојећим ценама енергената. У шећеранама са оваквим отпарним станицама енергетска ефикасност може да се повећа употребом пара са четвртог тела за загревање кристализатора. Ипак, температура засићења секундарне паре четвртог тела је нешто изнад 100 °С, мада може бити и нижа. Овај проблем могуће је превазићи употребом четвртог тела за предупаравање сока што отвара могућност одржавања температуре засићења секундарне паре на 102–104 °С. На сл. 3 приказана је шема која примењује овај принцип. За примену шеме у пракси је неопходно користити упаривач



Слика 3. Шематски приказ отпарне станице са предупаравањем сока у четвртм телу
 (1) – рејки сок, (2) – зусији сок, (3) – рејурна пара, (4) – пара за кристализацију, (5) – пара
 за друге загреваче, (6) – пара за кондензацију, (7) – загревање сока после предупаравања

че са танким филмом, посебно у трећем и наредним телима где би за упариваче са природном циркулацијом биле потребне велике загревне површине [1].

Због постојања великих вишкова шећера на светском тржишту нове инвестиције у производњу шећера из шећерне репе су ретке. Ипак, економски фактори приморавају фабрике шећера на јевтинију производњу, те су стога ретрофит инвестиције често неопходне. Након утврђивања потребе за ретрофитом неопходна је оптимизација инвестиције за максимално искоришћење постојећих производних капацитета. Ретрофит дизајн базира се на примени постојећих отпарних тела. Пројектовање је отежано услед постојања ограничења у расположивом простору у који треба поставити нову опрему са мрежом ценовода. Додатне потешкоће изазива потреба за истовременом реконструкцијом мреже размењивача топлоте. Примери ретрофит дизајна могу се наћи у литератури [2–4].

Специфичности индустрије шећера у Србији

Потрошња топлотне енергије у фабрикама шећера зависи од нивоа технологије, уграђене опреме и коректности вођења технолошког процеса. Индустрија шећера Србије се у том погледу значајно разликује од шећерана у Западној Европи јер је највећи део технолошке и машинске опреме уграђен у току седамдесетих година прошлог века док су западноевропске шећеране имале континуиран развој. Друга велика разлика између ове две индустријске гране је дигестија репе и технолошки квалитет репе. Политика производње „јефтине репе” седамдесетих и осамдесетих година, као и тотални крах пољопривреде деведесетих година, довеле су до тога да је почетком 2000. године производња поларизационог шећера по хектару била два пута мања од европске, а дигестија за 3–6 јединица нижа. То је значајно утицало и на потрошњу топлотне енергије потребне током производње шећера из шећерне репе. Приватизација индустрије шећера је почела 2001. године и може се рећи да је сада завршена јер су све шећеране које су у 2006. години радиле, приватизоване у оквиру три концерна: СУНОКО (Nordzucker-MK Group), СФИР и ШЕЋЕР-ШЕФЕР (SHAEFFER). О финансијској ситуацији шећерана и стању опреме при приватизацији најбоље говори чињеница да је концерн МК Group купио шећеране у Бачу, Пећинцима и Ковачици за 3 \$ по шећерани (уз обавезу да им покрије финансијске губитке и да прихвати социјални програм).

Преласком фабрика у приватно власништво престала је њихова обавеза да достављају своје техничке и технолошке параметре које постижу у кампањи и преко којих се по јединственој методологији могу упоређивати. Од 2005. године, шећеране своје техничке параметре (количина прерађене репе, искоришћење сировине, специфичну потрошњу енергије за производњу шећера и сувих резанаца и др.) третирају као интерне податке о којима евиденцију води искључиво концерн, што је иначе пракса у Западној Европи. Дакле, не постоји механизам (нити договор) по коме би све фабрике дале на увид своје техничке податке, већ то зависи од политике концерна.

Свакако да шећерански концерни имају највећи мотив за повећање енергетске ефикасности својих фабрика која често пресудно утиче на економичност производње шећера. С друге стране, оне воде рачуна о исплативости инвестиција и нерадо

улазе у инвестиције које не могу да се врате за краће од две године. На крају, и сваки концерн има своју политику инвестирања. У таквим условима, Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије (МНТР) је у циљу побољшања енергетске ефикасности у индустрији шећера 2003. године финансирало израду идејног решења оптимизовања потрошње енергије у производњи шећера, применом пинч (*pinch*) методе, при чему је као конкретна фабрика узета шећерана у Црвенки. Циљни резултат је био постизање потрошње од 1000 MJ/t репе уз минималне инвестиције.

У 2005. години МНТР је финансирало Технолошки факултет у Новом Саду да изврши праћење потрошње енергије по појединим фазама технолошког процеса у шећерани „Жабал” да би се уочиле фазе процеса са повећаном потрошњом енергије у односу на пројектом предвиђену. И овде је циљна потрошња енергије била постизање 1000 MJ/t репе јер је процењено да то одговара нивоу уграђене технологије и опреме. Потрошња енергије у фази праћења се кретала од 1059 MJ/t репе (у почетку кампање) до 1156 MJ/t репе (на крају кампање). О резултатима праћења је урађен детаљан Елаборат у коме је приказано у којим фазама процеса је повећана потрошња енергије и шта је потребно инвестирати да се она смањи. Ове препоруке су прихваћене од стране фабрике и потрошња енергије у шећерани „Жабал” у 2006. години је смањена на око 1000 MJ/t репе.

Концерн СУНОКО је у 2006. години, од фирме ИПРО (IPRO-Braunschweig), наручио пројект повећања капацитета шећеране „Пећинци” на 6500 t репе по дану, перспективно на 8000 t репе по дану, што уствари представља удвостручавање капацитета. Пројектант је предвидео измену технологије и опреме у сировом делу фабрике (станице екстракције сока и чишћења сока) и значајно повећање капацитета опреме у осталом делу фабрике (нова отпарна тела, нове центрифуге, нови вакуум-апарати, нови плочасти размењивачи топлоте). Резултат би била потрошња технолошке паре од 24,12% на репу, што одговара приближно потрошњи од 790 MJ/t репе, у гориву. МНТР Србије је финансирало Технолошки факултет у Новом Саду у 2006. години за праћење и анализу потрошње паре по овом пројекту. Током пројекта добијени су следећи резултати:

- | | |
|-----------------------------|---|
| – 15. октобар 2006. године | 30,75% паре на репу (око 1012 MJ/t репе), |
| – 26. октобар 2006. године | 32,60% паре на репу (око 1104 MJ/t репе), |
| – 15. новембар 2006. године | 31,87% паре на репу (око 980 MJ/t репе). |

Ови резултати су за око 30% виши од резултата који су предвиђени пројектом. Анализа ових резултата по технолошким станицама је у току, али се може констатовати да су основни недостаци: смањен капацитет због честих механичких кварова на опреми, сви сегменти технологије нису радили коректно (нпр. плочасти измењивачи топлоте), дисконтинуитет у производњи због честих механичких кварова. Свакако да ће инвеститор уклонити ове недостатке за наредну кампању и зато би било корисно да се идентична мерења изведу и у наредној кампањи, после детаљног ремонта опреме.

Закључак

Иако су одговорност и трошкови производње у индустрији шећера Србије пребачени на приватни капитал, Република Србија је заинтересована за побољшање енергетске ефикасности у шећеранама као великим потрошачима енергије па самим тим и великим потенцијалним загађивачима околине. До 2004. године, шећеране су

достављале своје техничке податке о раду по јединственој методологији која је омогућавала да се могу упоређивати и могао се пратити њихов развој. У Европи оваква пракса не постоји, а и подаци који се објављују у стручној литератури нису урађени по јединственој методологији. Израда упоредних резултата за индустрију шећера је корак напред у њеном развоју, а био би посебно интересантан за шећеране у Србији које у наредном периоду очекује интензиван развој.

Литература

- [1] Urbaniec, K., The Evolution of Evaporator Stations in the Beet-Sugar Industry, *Journal of Food Engineering*, 61 (2004), 4, 505-508
- [2] Urbaniec, K., Jackowska, W., Woch, H., Reconstruction of Sugar Factory Krasnystaw (in Polish), *Gazeta Cukrownicza*, 105 (1997), 10, 181-185
- [3] Morgenroth, B., Daschmann, H., Niepoth, K., Abker, G., Schulze, B-Ch., Die neue Platten-Fallfilmverdampfungsstechnik in der Zuckerfabrik Hohenau – Technische Abwicklung und Betriebsergebnisse, *Zuckerindustrie*, 123 (1998), 8, 597-606
- [4] Urbaniec, K., Zelewski, P., Klemes, J., Application of Process Integration Methods to Retrofit Design for Polish Sugar Factories, *Zuckerindustrie*, 125 (2000), 4, 244-247

Abstract

Rationalization of Energy Consumption of Sugar Industry in Republic of Serbia

by

Bojana B. PRODANIĆ, Aleksandar I. JOKIĆ, and Zoltan Z. ZAVARGO

Faculty of Technology, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

Continuous alteration of sugar price in the world market, due to great surplus of sugar produced from sugar cane, as well as increase of fuel prices has led to continuous increase in energy efficiency of sugar factories that use sugar beet as raw material. European sugar industry has been leader in this area so nowadays energy consumption of most European sugar plant is under 1 MJ/kg beet. Sugar industry in Serbia did not follow this trend because the closed market during 90's. Reconstruction of existing production capacities following privatization of Serbian sugar industry has led to the considerable savings in energy and energy consumption today is around 1 MJ/kg beet. During revitalization of production capacities mayor changes were done in evaporation plant that is the most important part of sugar production considering energy efficiency. The implementation of pre-evaporation as well established method used in European countries, increased energy efficiency as well as stable production process during the campaign.

Key words: *sugar industry, evaporation plant, energy efficiency*