# Vysoké učení technické v Brně



IMS - Modelování a simulace

2018/2019

**Model a simulace výroby řepkového oleje**

Roman Janík (xjanik20) Brno, 30. října 2017

Karel Klečka (xkleck04)

Obsah

[Vysoké učení technické v Brně 1](#_Toc500367244)

[1 Úvod 3](#_Toc500367245)

[1.1 Zdroje informací 3](#_Toc500367246)

[1.2 Autoři 4](#_Toc500367247)

[1.3 Ověřování validity modelu 4](#_Toc500367248)

[2 Fakta 4](#_Toc500367249)

[2.1 Model destilační kolony 4](#_Toc500367250)

[2.2 Kvas 5](#_Toc500367251)

[2.3 1. destilace 6](#_Toc500367252)

[2.4 2. destilace 6](#_Toc500367253)

[2.5 Výsledné produkty 7](#_Toc500367254)

[2.6 Spotřeba zemního plynu 7](#_Toc500367255)

[2.7 Poruchy 8](#_Toc500367256)

[3 Koncepce 8](#_Toc500367257)

[3.1 Model 8](#_Toc500367258)

[3.2 Optimalizace pomocí regulace teploty lutru 8](#_Toc500367259)

[4 Experimenty 9](#_Toc500367260)

[4.1 Zvýšení teploty lutru 9](#_Toc500367261)

[4.2 Přidání dalšího kotle 10](#_Toc500367262)

[5 Zdroje 10](#_Toc500367263)

1 Úvod

Tato technická zpráva vznikla jako součást řešení projektu IMS. Zabývá se vytvořením modelu SHO (systému hromadné obsluhy) a simulací výroby řepkového oleje. Cílem práce je na základě modelu destilační kolony ukázat možné optimalizace výrobního procesu, konkrétně automatickou regulací výkonu chladiče dosáhnout vyšší teploty destilátu a tím zkrátit dobu destilace v druhém stupni kolony. Hlavní předpokládanou výhodou této optimalizace je úspora času a energií. Další optimalizací je po předpokládaném urychlení druhého stupně přidání dalšího surovinového kotle, destilační kotel by vypálil lutr dostatečně rychle, aby mohli běžet oba surovinové kotle najednou bez prostojů v činnosti destilačního kotle.

1.1 Zdroje informací

Jako zdroje informací jsme použili dostupné materiály ze slajdů k přednáškám a demonstračním cvičením předmětu IMS.

Dále jsme čerpali z internetových zdrojů uvedených na konci dokumentu. Význačným zdrojem je díl Slunečnicové a řepkové oleje z pořadu Jídlo s.r.o. na internetové televizi Stream.cz.

1.2 Autoři

Na práci se podíleli Roman Janík a Karel Klečka.

1.3 Ověřování validity modelu

Výsledky simulace přibližně odpovídají reálným datům z pěstitelské pálenice. Čas který je potřeba pro každou část destilačního procesu je zjištěn pozorováním a použit i s daným rozptylem v modelu.

2 Fakta

2.1 Model destilační kolony

Model destilační kolony se skládá z následujících důležitých částí (části jsou seřazeny ve stejném pořadí v jakém jimi kvas/lutr/destilát prochází):

• Bečky

• Čerpadlo na kvas

• Zásobník kvasu před prvním kotlem

• Surovinový kotel

• Surovinový chladič

• Lihoměr

• Teploměr

• 2 zásobníky na lutr

• Destilační kotel

• Destilační chladič

• Lihoměr

• Teploměr

• Lihové měřidlo

• Zásobník na výsledný destilát

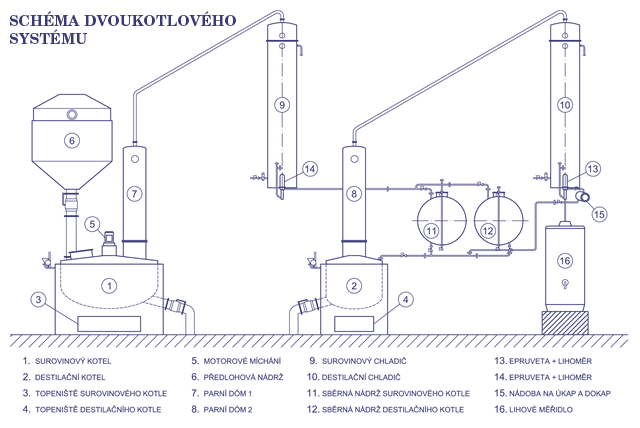


Schéma destilační kolny obr.1, zdroj [1]

2.2 Kvas

Data o destilační koloně naměřená osobním/zprostředkovaným pozorováním:

Vstupní surovinou destilační kolony je kvas, zpravidla ovocný. Kvas je produkt procesu kvašení, při kterém kvasinky přeměňují cukry na alkohol. Kvašením lze vyrobit nápoj s maximální koncentrací alkoholu zhruba 15% [2]. Destilováním se dosáhne vyššího podílu alkoholu v nápoji.

Přibližné rozdělení typů ovoce ve kvasech:

Jablka – 40 %

Švestky – 25 %

Hrušky, třešně, višně, rybíz a jiné – 35 %

Čerpadlo na kvas je schopné přečerpat 250 l kvasu za 50 s – 5 min. Záleží na hustotě kvasu. Jablka jsou nejhustší, hroznové víno (takřka mošt) je nejméně husté. Jedná se o čerpadlo na 380 V, jeho příkon je 3 kW.

2.3 1. destilace

Kvas je přečerpán do zásobníku nad surovinovým kotlem. Zásobník na kvas má objem 250 l. Surovinový kotel má objem 250 l. Přečerpání kvasu ze zásobníku do kotle trvá 1 minutu (provádí se samospádem).  
Nahřátí kvasu v kotli na destilační teplotu trvá 70 – 90 min podle toho jak moc je kotel zaplněn. Po dně kotle rotují lopatky, které zabraňují připálení kvasu. Kotle jsou vybaveny plynovým hořákem. Surovinový kotel se musí naplnit minimálně 120 l kvasu, aby nedošlo k propálení dna.

Kotel zahřívá kvas nad teplotu varu alkoholu, která je 78,3 °C [3]. Kotel se zahřívá na destilační teplotu 80 °C. Výsledné páry putují do chladiče. Surovinový chladič má objem 200 l. Teplota chladící vody v chladiči je 12 – 15 °C. Voda se čerpá z podzemního vrtu. Na chlazení par ze surovinového kotle se spotřebuje asi 1500 l vody za jeden cyklus při plném zaplnění surovinového kotle. Kondenzací par v surovinovém chladiči vzniká destilát – lutr. Surovinový kotel a lutr z něj vytékající se zastavuje, jakmile klesne obsah alkoholu v lutru na přibližně 5 %. To je za 45 – 60 min od začátku destilace (destilace začíná až po nahřátí kvasu na destilační teplotu). Délka destilace závisí na množství kvasu a ovoci, ze kterého se skládá. Lutru vyteče ze surovinového chladiče 50 – 80 l o teplotě 15 – 18 °C. Vedlejší produkt destilace jsou tzv. výpalky, tedy zbytky kvasu po destilaci v kotli, kterých je zhruba 170 – 200 l. Vypuštění výpalků trvá 0,5 – 1 min.

Lutr je zachytáván do dvou zásobníků, kde každý má objem 160 l.

2.4 2. destilace

Druhá destilace probíhá v destilačním kotli. Opětovná destilace je nutná k odstranění nežádoucích látek, jako je metanol [4]. Dostatek lutru pro naplnění destilačního kotle se nastřádá po dvou bězích surovinového kotle. Pak se lutr samospádem přepustí ze zásobníků do menšího destilačního kotle o objemu 120 l. Přepuštění 60 l lutru trvá 1,5 min, naplnění destilačního kotle tedy trvá 3 min. Minimální množství destilovaného lutru je 15 l.

Nahřívání druhého - destilačního kotle trvá 25 – 40 min. Na začátku destilace se asi 1 l destilátu vypustí do jímky, jedná se o nakyslou tekutinu (tzv. úkap), která by zkazila chuť výsledného destilátu. Destilace v destilačním kotli se nechá běžet tak dlouho, dokud úroveň alkoholu v destilátu vytékajícího z destilačního chladiče neklesne na 35 %, to je přibližně za 40 – 50 min. Zbytek z destilačního kotle se vypustí do jímky (tzv. dokap).

Destilační chladič spotřebuje při jednom cyklu 250 – 400 l vody, podle množství destilátu z destilačního kotle. Jeho objem je 200 l.

2.5 Výsledné produkty

Destilát ještě musí protéct přes lihové měřidlo. Nakonec vyteče 18 - 22 l destilátu s obsahem alkoholu 60 – 64 %. Destilát je ještě naředěn podle přání zákazníka na požadované procento alkoholu demineralizovanou vodou. Ředění trvá 10 – 15 min. Demineralizovaná voda je z pitné vody vyráběna pomocí reverzní osmózy.

Výpalky z kotlů, jsou vypouštěny do jímky. Když je již jímka plná, vyváží se cisternou na pole, které pěstitelské pálenici patří. Výpalky tedy slouží jako dobré hnojivo. „Palírna“ zvažuje vyřízení licence, aby mohla alkoholické výrobky dodávat do spotřební sítě. K tomuto účelu vlastní 10 ha zemědělské půdy pro výsadbu švestkových sadů. Výpalky je možné použít i na zkrmení hospodářským zvířatům.

2.6 Spotřeba zemního plynu

Spotřeba zemního plynu většího – surovinového kotle je 9,6 m3/h při zahřívání kvasu na destilační teplotu, při destilování pak jen 8 m3/h. U menšího – destilačního kotle jsou nároky na plyn při zahřívání lutru 8 m3/h, při destilaci 5,4 m3/h. U surovinového kotle je při spotřebě 9,6 m3/h plynu uváděn výkon 96 kW.

Kotle, chladiče i veškeré potrubí je vyrobeno z mědi.

2.7 Poruchy

Jednou za 4 – 5 let dojde k prodření dna surovinového kotle. Po jeho dně rotují lopatky, a když kvas obsahuje drobné kamínky nebo tvrdé pecky, dno se odírá. Stěny chladiče jsou z poměrně tenké mědi a také dochází k jejich poškození. Chladič začne protékat a musí se vyměnit také přibližně jednou za 4 – 5 let.

3 Koncepce

3.1 Model

Model je vytvořen z faktů zjištěných pozorováním. Z modelu jsou vypuštěny zanedbatelné doby přesunu mezi kotli a bečkami s kvasem. Dále informace, které nejsou pro účely simulace důležité jako např. objem vody chladičů.

3.2 Optimalizace pomocí regulace teploty lutru

Na výstup destilačního chladiče se přidá elektrický teploměr. Automatický systém bude průtok studené vody chladičem regulovat tak, aby měl lutr vytékající z chladiče teplotu 27 – 30 °C. Teď funguje chladič tak, že ochlazuje lutr co nejvíce, tedy na 15 – 18 °C. Teplotu vyšší než 30°C nemůžeme použít, protože by mohlo docházet k rychlému odpařování alkoholu z lutru do zásobníků před destilačním kotlem. Díky vyšší teplotě lutru se zkrátí doba potřebná pro jeho ohřev na destilační teplotu (80 °C) a tím dojde ke snížení spotřeby plynu.

Teoretickou úsporu lze vypočítat podle následujícího vzorce:

E – Energie potřebná k ohřevu vody [J]

m – hmotnost ohřívané látky [kg]

c – měrná tepelná kapacita látky []

t1 – teplota na kterou chceme látku ohřát [°C/°K]

t2 – teplota látky před začátkem zahřívání [°C/°K]

Přestože neznáme hmotnost ani měrnou tepelnou kapacitu kvasu ani lutru, můžeme vypočítat rozdíl mezi energiemy potřebnými pro ohřátí stejného množství kvasu/lutru, při různých počátečních teplotách. Jako teploty, se kterými budeme počítat si zvolíme střed intervalu, ve kterém se teplota bude určitě nacházet. Hmotnost a měrnou tepelnou kapacitu zvolíme 1.

Pro stávající řešení je tedy:

Pro optimalizovaný systém chlazení lutru:

Úspora energie při nahřívání lutru na destilační teplotu v destilačním kotli by teoreticky měla být .

4 Experimenty

4.1 Zvýšení teploty lutru

Ve vstupních datech pro simulaci systému jsme upravili čas, potřebný pro nahřátí lutru na destilační teplotu. Odhad o kolik se tato doba zkrátí vlivem vyšší teploty lutru jsme přibližně vypočetli z toho, o kolik by se měla zvednout teplota. Teplota by měla stoupnout o 37,5 %. V simulaci jsme tedy čas zkrátili o 37,5 %. Nové hranice doby pro destilaci vychází na 53,125 – 56,25 minut.

4.2 Přidání dalšího kotle

Zkusili jsme přidat další surovinový kotel, protože díky kratší době destilace v destilačním kotli to lze zvládat. Níže jsou uvedená data z výsledků simulací:

**Simulace stávajícího systému v průběhu 16 hodin**

Vydestilovano alkoholu celkem: 43.4989

Vydestilovano alkoholu prumerne: 21.7495

Vyprodukovano vypalku celkem: 946.68

Sporteba destilacniho kotle celkem: 7.62721

Sporteba destilacniho kotle prumerne: 1.9068

**Simulace stávajícího systému s vyšší teplotou lutru v průběhu 16 hodin**

Vydestilovano alkoholu celkem: 44.0816

Vydestilovano alkoholu prumerne: 22.0408

Vyprodukovano vypalku celkem: 946.097

Sporteba destilacniho kotle celkem: 7.62721

Sporteba destilacniho kotle prumerne: 1.9068

5 Zdroje

1. video Slunečnicové a řepkové oleje  
   https://www.stream.cz/jidlo-s-r-o/10005480-slunecnicove-a-repkove-oleje [19:10]
2. Lis HLO-01 EKONOM  
   <http://www.filtrex.cz/cs/produkty/hlo-01-ekonom.html>
3. Peringer P. SIMLIB/C++  
   <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
4. Online nástroj na tvorbu diagramů  
   <https://www.draw.io/>
5. video Rostlinný olej - Jak se vyrábí rostlinný olej  
   <https://www.jaksetodela.cz/video/1131/rostlinny-olej-jak-se-vyrabi-rostlinny-olej>