

Висновки. Запропонована узагальнена модель безперервного процесу утворення азотно-кальцієво-гумінових твердих композитів, яка дозволяє оцінювати потужність внутрішнього джерела нових центрів грануляції та визначати механізм їх утворення.

Застосування моделі дозволяє визначати відповідну зміну технологічних параметрів для забезпечення стійкої кінетики утворення органо-мінеральних композитів із заданими властивостями.

Література:

1. Корнієнко Я.М. Математичне моделювання безрециклового процесу грануляції у псевдозрідженому шарі. // Наукові вісті НТУУ “КПІ” – 2000. - № 2. - С. 38 – 41.
2. Пат. 4465 Україна, МКП С05 G 1/00. Спосіб виготовлення гранульованих органомінеральних добрив. / Я.М. Заграй, Я.М. Корнієнко (Україна). – № 93121640; Заявл. 21.05.93; Опубл. 27.12.94, Бюл. №6-1. - 14 с.
3. Kornienko Y. Mathematical Modeling of Continuous Formation Of Multilayer Humic-Mineral Solid Composites / Y. Kornienko, R. Sachok, V. Rayda, O. Tsepka // "Chemistry & chemical technology". – vol.3, №4. – 2009, С. 335–338

УДК 536.24:620.92

МЕТОД РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ З ПАРКОМ РЕЗЕРВУАРІВ

Ткаченко С.Й., д-р техн. наук, професор, Дишлюк С.В., аспірант,
Пішеніна Н.В., канд. техн. наук
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Запропоновано метод формування вхідної інформації для раціоналізації використання вторинної теплової енергії в системі з парком резервуарів за умов різного рівня невизначеностей. Виконана апробація запропонованого методу на прикладі технологічної системи вироблення гліцерину-дистиляту. Показано спосіб використання внутрішнього потенціалу теплоти в теплотехнологічній системі без залучення первинних енергоносіїв.

Suggested a method for forming source information for efficiency promotion of using secondary heat energy in system of storage tanks in conditions with different levels of uncertainties. Approbation of the method performed with an example of technological system of producing glycerol. Technic of using heat inner potential in heat technology system without usage of primary energy carriers was shown.

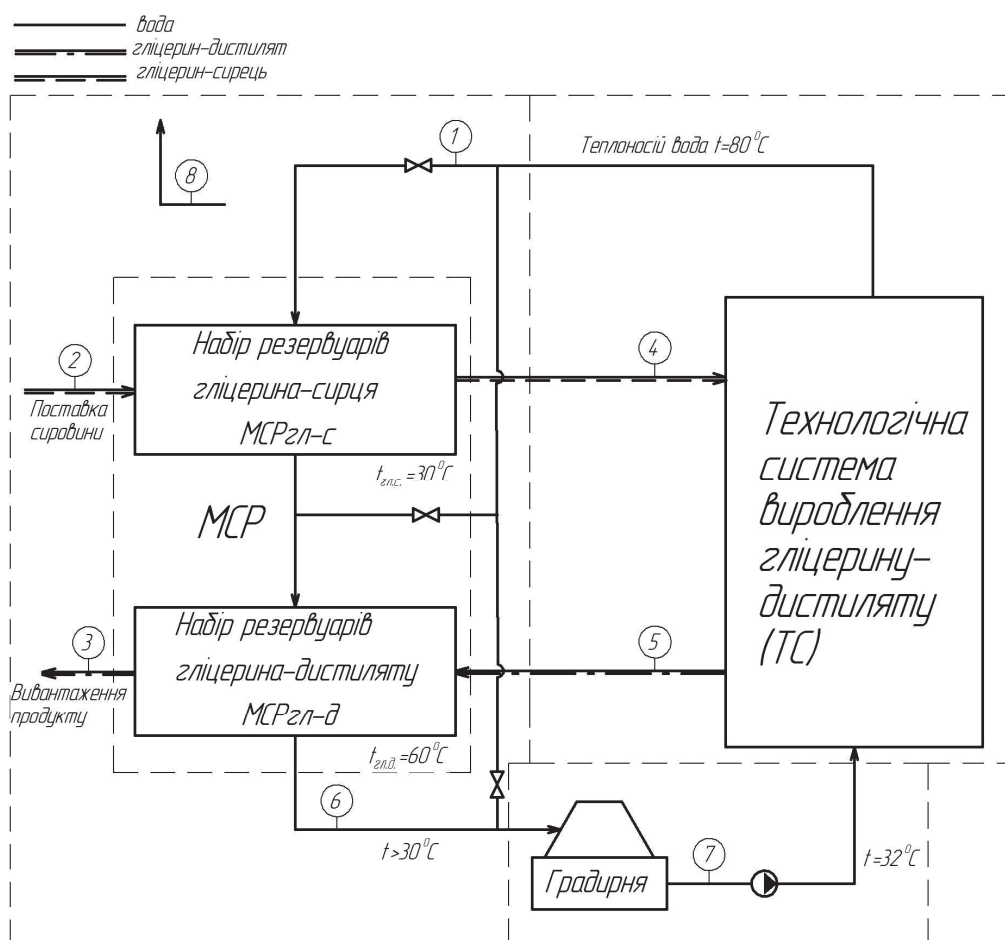
Ключові слова: система резервуарів, гліцерин-дистилят, гліцерин-сирець, детермінована інформація, невизначена інформація, нагрівання, термостабілізація, експериментально-розрахунковий метод.

Вступ. Парк резервуарів являє собою ємнісне обладнання технологічного та міжопераційного призначення. В резервуарах технологічного призначення проходять біохімічні, фізико-технічні, теплові та гідродинамічні процеси. В резервуарах міжопераційного призначення, якими є накопичувачі та вирівнювачі, термостабілізуються та зберігаються речовини до наступного технологічного етапу. Особливо часто ємнісне обладнання використовують у харчовій промисловості, а саме: молочній, олієсиродільній, олієжировій, плодоовочевій, спиртовій та лікєро-горілчаній, пиво безалкогольний, дріждевий, м'ясний. У даній роботі розглядається технологічна система вироблення гліцерину-дистиляту.

Сформулювати вхідні умови – найскладніша задача синтезу теплотехнологічної системи. Методи вирішення задач визначаються рівнем достовірності інформації [1]. За властивостями достовірності вхідну інформацію можна розділити на детерміновану, ймовірнісну, ймовірнісно-невизначену та власне невизначену. Детермінована інформація задається єдиним значенням відповідного показника. До ймовірнісної інформації відносимо величини для яких відомі закони і параметри розподілу. Ймовірнісно-невизначена інформація є по суті статистичною, але для неї невідомі параметри та закони розподілу. Власне невизначена інформація не має властивостей статистичної стійкості та задається варіантами ймовірних значень без вказівок ймовірностей окремих значень. Для цього і проаналізована вхідна інформація для системи резервуарів. Властивості інформації визначають співвідношення методів евристико-еволюційного підходу і традиційних методів математичного моделювання. Тому метою роботи є формування та аналіз вхідної інформації для раціоналізації використання вторинної теплової енергії в системі з

парком резервуарів за умов різного рівня невизначеностей та розробка методу раціоналізації використання вторинної теплової енергії в системі з парком резервуарів.

Постановка задачі, методи та засоби розв'язання задачі. Розглянемо одну із принципів схем теплотехнологічної системи вироблення гліцерину-дистилляту (рис. 1).



1 – вода з технології; 2 – гліцерин-сирець; 3 – гліцерин-дистиллят; 4 – гліцерин-сирець;
5 – гліцерин-дистиллят; 6 – вода після парку резервуарів; 7 – вода після градирні;
8 – втрати теплоти в навколишнє середовище.

Рис. 1 – Принципова схема теплотехнологічної системи вироблення гліцерину-дистилляту. Поток в системі

Вона складається із технологічної системи вироблення гліцерину-дистилляту (ТС), міжопераційної системи резервуарів (МСР) з гліцерином-сирцем і гліцерином-дистиллятом, та системи градирень. Система вироблення гліцерину-дистилляту є відокремленою, в сенсі нашого дослідження вхідної інформації, а отже дані щодо теплових і матеріальних балансів цієї системи будуть вважатися як детерміновані. Для МСР гліцерину-сирця потрібно дотримуватись обмеження за температурою для відправлення сировини на переробку. Для МСР гліцерину-дистилляту встановлено рекомендовану температуру для вивантаження готового продукту споживачам. Градирня застосовується для зниження температурного рівня технологічної води, яка повернеться до технології виготовлення гліцерину-дистилляту. Температура технологічної води повинна бути фіксована $t = 32^{\circ}\text{C}$. Принципова схема (рис. 1) показує лише модель роботи системи і використовується для попереднього аналізу.

У МСР з гліцерином-сирцем та гліцерином-дистиллятом процес відбувається в два етапи: нагрів середовища в кожному резервуарі здійснюється до потрібної температури; досягнута температура витримується певний час (термостабілізація). Через постійну зміну температури зовнішнього повітря задача ускладнюється.

Критерієм якості системи (моделі) виступає температура технологічної води, що надходить на градирню (рис. 1, позиція 7).

Отже, в системі (рис. 1) є резерв теплової енергії у технологічній воді, що подається на градирню – «бросова теплота». Її потрібно використати для нагрівання сировини. Невизначеність системи створюється у період, коли обсяги постачання сировини і відпуск готової продукції нерівномірні, непередбачені і неузгоджені між собою. Відповідно, якщо в системі не використати «бросову теплоту», тоді потрібна потужність градирні у різних ситуаціях різко змінюється, що зменшує енергоефективність системи. В умовах невизначеностей вхідної інформації, багатоваріантності режимів постачання-відпуску сировини і готової продукції потрібно: утилізувати бросову теплоту і розвантажити градирню, мати змогу проаналізувати яку теплову потужність можна використати для організації приймання сировини, не виходячи за рамки використання «бросової теплоти».

За умов нерівномірного постачання на підприємство гліцерину-сирцю і за умов нерівномірного відвантаження готової продукції гліцерину-дистиляту, міжопераційна система резервуарів повинна забезпечувати рівномірну подачу гліцерину-сирцю в цех і рівномірний відбір гліцерину-дистиляту з цеху заданих параметрів.

Розглянута організація роботи парку резервуарів у такому варіанті: гліцерин-сирець надходить у відповідні резервуари з температурою, з якою він подається в технологічний процес, гліцерин-дистилят – з температурою, з якою відбувається його відвантаження. Передбачається термостабілізація для підтримки вказаних температур в резервуарах.

Запропоновано метод раціоналізації використання вторинної теплової енергії в системі з парком резервуарів. Аналізування об'єкта і потоків маси, теплоти та рівнів достовірності інформації в цьому об'єкті дозволив нам сформувати такі моделі, методи та підходи розв'язання поставленої задачі. Вони полягають у наступному:

1) Формуємо фрагменти функціональної схеми, котрі дозволяють виконати аналіз теплових балансів і сформувати умови, які відповідають раціональній системі в аспекті енергоефективності. Запропонований метод аналізу балансів відрізняється від існуючого тим, що під час аналізу до уваги не приймається топологія теплотехнологічної системи, а лише процеси термостабілізації, нагріву і охолодження з комплексом параметрів, які характеризують теплотехнологічні режими.

2) Перший рівень ідеалізованої моделі: забезпечується рівномірна подача гліцерину-сирцю в цех і рівномірний відбір гліцерину-дистиляту з цеху з заданими параметрами; відповідно до рівномірної подачі та відбору з цеху гліцерину, здійснюється зовнішня подача та відбір гліцерину із системи резервуарів.

3) Другий рівень ідеалізованої моделі: за умов зовнішнього нерівномірного постачання гліцерину-сирцю і нерівномірного відвантаження гліцерину-дистиляту забезпечується рівномірна подача гліцерину-сирцю в цех і рівномірний відбір гліцерину-дистиляту з цеху з заданими параметрами. Зовнішні вхідні і вихідні потоки гліцерину-сирцю і гліцерину-дистиляту невизначені і залежать від багатьох факторів технічного і нетехнічного характеру. Передбачено в разі технологічної потреби використання резервуарів з готовою продукцією (гліцерином-дистилятом) в якості акумуляторів теплової енергії одержаної гліцерином-дистилятом від технологічної води. Для другого рівня ідеалізації моделі, так як і для першого рівня, аналіз теплових і матеріальних балансів парку резервуарів проводиться без врахування обмежень, які можуть накласти реальні можливості апаратурно-схемних рішень.

Основні дослідження. Реалізацію запропонованого методу показано на прикладі принципової схеми теплотехнологічної системи вироблення гліцерину-дистиляту (рис. 1). Складено ідеалізовану модель організації матеріальних і теплових потоків, що дало змогу сформувати проект-гіпотезу системи резервуарів.

Поділ системи на підсистеми та елементи для її розрахунку дозволив отримати інформацію про потоки маси, теплоти та рівні достовірності інформації (табл. 1), що дало змогу визначити методи розв'язання конкретних задач. Якщо для детермінованої інформації можна застосувати традиційні методи математичного моделювання, то для нижчих рівнів достовірності інформації це є неможливим.

Розглянемо ідеалізовану ситуацію. Режим роботи парку резервуарів усталений. В резервуарах гліцерину-сирцю температура встановлена $t_{г.с.}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$, гліцерину-дистиляту – $t_{г.д.}=60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплота води, яка виходить з цеху $G_{в}=2,5\text{ кг/с}$, $t_{в}=80\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрачається на термостабілізація в резервуарах, тобто на компенсацію втрат теплоти в навколишнє середовище і на підігрів гліцерину-сирцю перед подачею в резервуари (взимку від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, влітку від $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Подача гліцерину-сирцю в цех з $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для розрахунку теплових балансів за традиційними залежностями ми повинні знати теплофізичні властивості (ТФВ) рідин, які приймають участь у процесах. Так як гліцерин-сирець не має визначених ТФВ [2,3], ми застосували експериментально-розрахунковий метод (ЕРМ) [4,5]. Після проведення експерименту вдалося визначити модельну рідину для гліцерину-сирцю, що дозволило використовувати її ТФВ для розрахунку тепловтрат резервуарів.

Таблиця 1 - Потоки маси, теплоти та інформації

№ потоку (рис. 1)	Робоче тіло, теплота	Параметри робочого тіла	Рівні достовірності інформації
1	Вода з технології	$G=\text{const}; t=\text{const}.$	Детермінована
2	Гліцерин-сирець	$G=\text{var}; t=\text{var}.$	Власне невизначена
		Теплофізичні властивості невідомі	Власне невизначена
3	Гліцерин-дистилят	$G=\text{var};$	Власне невизначена
		$t\approx\text{const}$	Детермінована
4	Гліцерин-сирець	$G=\text{const}; t=\text{const}.$	Детермінована
		Теплофізичні властивості невідомі	Власне невизначена
5	Гліцерин-дистилят	$G=\text{const}; t=\text{const}.$	Детермінована
6	Вода після парку резервуарів	$G=\text{const};$	Детермінована
		$t=\text{var}.$	Власне невизначена
7	Вода після градирні	$G=\text{const}; t=\text{const}.$	Детермінована
8	Втрати теплоти в навколишнє середовище	$Q_{\text{втр}}=\text{var}; t_{\text{зовн}}=\text{var};$	Ймовірно-невизначена
		$t_{\text{вн}}=\text{var}$	Власне невизначена

Першочергова стаття витрат теплоти технічної води це нагрів гліцерину-сирцю перед технологією та нагрів гліцерину-дистиляту після технології для відвантаження споживачу. Приймаємо, що середня температура гліцерину-сирця що постачання взимку становить 0 °С, а влітку – 15 °С. За відомими залежностями визначаємо теплову потужність на підігрів гліцерину-сирця та гліцерину-дистилята, кВт:

$$Q_{\text{нагр}} = \varphi G C_p \Delta t, \quad (1)$$

де φ – коефіцієнт запасу;

G – масова витрата гліцерину, кг/с;

C_p – питома теплоємність гліцерину, кДж/кг·°С;

Δt – різниця температур між гріючим та нагріваемим теплоносієм, °С.

Теплова потужність для нагріву гліцерину-сирцю взимку перед технологією від 0 °С до 30 °С становить 50,2 кВт. Теплова потужність для нагріву гліцерину-сирцю перед технологією влітку від 15 °С до 30 °С становить 25,1 кВт. Теплова потужність для нагріву гліцерину-дистиляту після технології від 40 °С до 60 °С становить 27,5 кВт. Теплова потужність, яка відбирається від потоку технологічної води за умов зниження її температури від 80 °С до 32 °С становить 502 кВт. Теплова потужність, яка відбирається від потоку технологічної води за умов зниження її температури від 80 °С до 65 °С становить 157, 1 кВт. Теплова потужність, яка відбирається від потоку технологічної води за умов зниження її температури від 65 °С до 32 °С становить 314,2 кВт.

Теплова потужність градирні:

$$Q_{\text{град}} = G_v \cdot C_v \cdot (t'_{\text{гр}} - t''_{\text{гр}}),$$

де $t'_{\text{гр}}$ – температура води, що надходить на градирню,

$t''_{\text{гр}}$ – температура води, яка виходить з градирні, $t''_{\text{гр}} = 32$ °С.

Розрахунок втрат теплоти в навколишнє середовище від резервуарів:

$$Q_{\text{втр}} = k F \Delta t, \quad (2)$$

де $Q_{\text{втр}}$ – втрати теплоти в навколишнє середовище, кВт;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа поверхні резервуарів через які відбуваються втрати теплоти;

Δt – різниця температур між гліцеином (дистилятом або сирцем) та навколишнім середовищем.

Розраховується потужність теплових втрат від резервуарів окремо для кожної доби, для цього визначається середньодобова температура повітря. Гліцерин-дистилят знаходиться в 3-х резервуарах з об'ємом: 80, 600, 2000 м³; а гліцерин-сирець у 2-х – 600 і 2000 м³. Це по-перше дає вихідну інформацію для прийняття рішення щодо модернізації огороджувальних конструкцій, а по-друге напрацьовується база даних, яку можна використовувати для прогнозування втрат.

На рисунку 2 наведені теплові потужності (перший рівень ідеалізованої моделі) у принциповій схемі ТТС вироблення гліцерину-дистиляту. Теплота, яка відбирається від потоку технологічної води за умов зниження її температури від 80 °С до 32 °С, Q_1 , кВт. Теплота, яка відбирається від потоку технологічної води за умов зниження її температури від 80 °С до 65 °С, Q_2 , кВт. Теплота, яка відбирається від потоку технологічної води за умов зниження її температури від 65 °С до 32 °С, Q_3 , кВт. Теплота, яка потрібна на термостабілізацію гліцерину-дистиляту, $Q_{2.1}$, кВт. Теплота, яка потрібна на підігрів гліцерину-дистиляту

після технології від 40 °С до 60 °С, Q2.2, кВт. Теплота, яка потрібна на термостабілізацію гліцерину-сирцю, Q3.1, кВт. Теплота, яка потрібна на підігрів гліцерину-сирцю перед технологією, Q3.2, кВт.

Розглянемо варіант за умов нерівномірного постачання сировини на підприємство і відвантаження готової продукції. Наприклад, гліцерин-сирець надходить в найхолодніший день січня 2014-го року. Тоді, виходячи із залишків теплової потужності технологічної води, теплову обробку (доведення гліцерину-сирцю від 0 °С до 30 °С) однієї залізничної цистерни, згідно балансових розрахунків, можна здійснити за час, який не перевищує 3 години. В разі потреби можливо використати для теплової обробки гліцерину-сирцю також акумульовану теплоту в резервуарі з гліцерином-дистилятом (об'єм резервуара 2000 м³, заповнений на 50 %). Згідно розрахунків, середня температура в резервуарі знизиться на 1 °С, а поновити температуру можливо за рахунок залишків теплоти технологічної води за 14 годин.

В найхолодніший день липня 2014 року теплову обробку однієї залізничної цистерни можливо здійснити за одну годину, використовуючи залишки теплоти технологічної води. А у разі використання резервуара з гліцерином-дистилятом, як акумулятора теплоти, поновити температуру в резервуарі-акумуляторі можливо за 4,5 години.

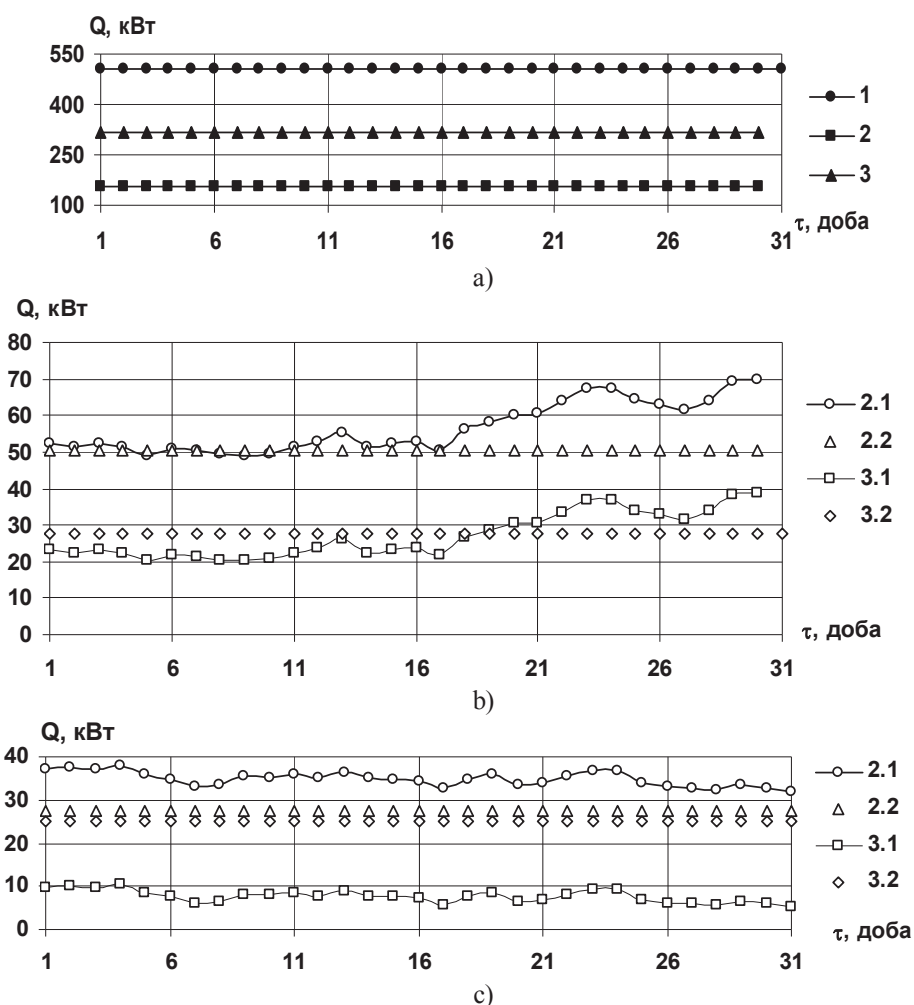


Рис. 2 – (а) – резерв теплової потужності у системі; (b) і (c) споживання теплової потужності на потреби МСР в січні 2014 р і в липні 2014 р [6], відповідно; 1 – Q1, 2 – Q2, 3 – Q3. 2.1 – Q2.1, 2.2 – Q2.2, 3.1 – Q3.1, 3.2 – Q3.2

У даному випадку резервуари з гліцерином-дистилятом $t=60$ °С доцільно використовувати як акумулятори теплової енергії для нагріву гліцерину-сирцю за умов його нерівномірної поставки на підприємство.

За запропонованою методикою аналізу нерівномірне відвантаження готової продукції споживачам в практичному аспекті суттєво не відіб'ється на теплових балансах системи «парк резервуарів – цех по переробці – градирня – парк резервуарів» за календарний рік.

Висновки.

1. Запропоновано метод раціоналізації використання вторинної теплової енергії в системі з парком резервуарів.

2. В результаті дослідження запропонованого методу встановлено, що в теплотехнологічній системі можемо забезпечити потреби міжопераційної системи резервуарів тільки теплою технологічної води, не використовуючи первинні енергоносії.

Література.

1. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок / Л. С. Попырин – М.: Энергия, 1978. – 416 с.
2. И. М. Товбин Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий / Товбин И.М., Файенберг Е.Е. –М.:Пищевая промышленность, 1965 г. – 515 с.
3. Д.Л. Рахманкулов Физические и химические свойства глицерина / Д.Л. Рахманкулов, Б.Х. Кисманов, Р.Р. Чанышев. – М.: Химия, 2003 – 199 с.
4. Ткаченко С. Й. Методи та засоби зниження невизначеностей оцінювання інтенсивності теплообміну в складних сумішах / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна, Т. Ю. Румянцева // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування . - 2014. - № 12. - С. 116-126. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vcpiet_2014_12_21.pdf
5. Ткаченко С.Й. Функціональні етапи та обладнання біогазової технології в системах різного рівня потужностей/ С.Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна, Т. Ю. Румянцева // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2014. – № 2. – С. 220 – 225.
6. <http://meteo.ua/ua/archive/71/vinnitsa>

УДК 612.461.2

ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ

Ульєв Л.М., д-р техн. наук, проф., Яценко О.О., аспірант,
Шпилька В.М., студент

Національно технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Мета даного проекту полягає в дослідженні процесу виробництва карбаміду до грануляції. Результати вивчення технологічної схеми та регламенту дозволяють визначити технологічні потоки, котрі необхідні для початку проектування теплової інтеграції процесу.

The aim of this project was to investigate the process of production of urea. As a result, the technological scheme and the regulation were studying. The technological streams were determined. The streams will be used during thermal integration process.

Ключеві слова: карбамід, грануляція, енергоспоживання, пінч-аналіз, сіткова діаграма.

Вступ. Потенціал цивілізації постійно розвивається, завдяки чому чисельність населення людства росте. Основним ресурсом, що забезпечує умови існування та розвитку сучасної цивілізації, стала енергія, за допомогою якої забезпечується не тільки виробництво продуктів харчування, але й задовольняються інші потреби людини.

В ХХІ ст. екстенсивне використання сільськогосподарських земель дозволяло забезпечувати продуктами харчування приблизно 1 млрд. жителів планети. Сьогодні чисельність населення Землі зростає більш, ніж у 6 разів, і забезпечення людей харчуванням зараз і в майбутньому неможливе без інтенсивної обробки сільськогосподарських земель. Це потребує використання мінеральних добрив, що забезпечують високі та стійкі врожаї. До основних елементів, які необхідні для забезпечення життєдіяльності рослин, відносять азотисті сполуки.

Карбамід використовують в виробництві комплексних добрив, карбоаммофосфатів, карбамідно-формальдегідних добрив, для виготовлення сухих тукоsumішей, у невеликій ступені для очистки відходних газів виробництві нітрофоски[1]. У промисловості карбамід застосовується у вигляді карбамідно-формальдегідних полімерів у виробництві пластичних мас, синтетичних клеїв, а також при отриманні складів для просочення тканин з метою підвищення їх міцності, для обробки паперу з метою поліпшення її механічних властивостей і т. д [2]. Карбамід широко застосовується також для технічних цілей. Для приготування продуктів її конденсації з формальдегідом. Карбамід знайшов застосування у фармацевтичній промисловості для приготування заспокійливих і снодійних. Його використовують при виготовлен-