

УДК 378.147

**В.С. Бойко, к.т.н. доц, К.О. Самойчук, д.т.н., проф.,
В.Г. Тарасенко, к.т.н, доц.**

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК, РОБОЧИХ АПАРАТІВ І МАШИН ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. В матеріалах даної статті розглянута методика проведення розрахункових робіт в лабораторних та практичних роботах, курсових і дипломних проектах, в яких необхідно скласти технологічні схеми, провести їх аналіз та вибір оптимальних параметрів для подальших розрахунків конструкцій машин.

Ключові слова: методика, інженерний аналіз, технологічна схема, кінематичний розрахунок, машина, конструкція.

Постановка проблеми. Актуальність інженерного аналізу особливо важлива при вивченні дисциплін «Процеси і апарати» і «Розрахунок і конструювання машин і апаратів». Якщо дисципліна «Процеси і апарати» вивчає основні закони промислової технології, матеріальний і тепловий баланси, рушійну силу і кінетичні закономірності, то на практичних заняттях з дисципліни РКМА безпосередньо виконується складання необхідних технологічних схем заданих машин або цілих технічних установок, вибір і розрахунок їх основних параметрів, визначається технологічна і економічна доцільність.

Аналіз інженерних конструкцій машин і апаратів сприяє вивченню пристрої і принципу роботи машини і апарату, теоретичних основ даного процесу, а також визначає класифікацію машин і знайомить з характеристиками найбільш поширеного в харчовій промисловості обладнання.

Оскільки ознайомитися з усіма видами обладнання переробних виробництв не представляється можливим через дефіцит часу, відведеного на вивчення даної теми, рекомендується забезпечити студентів широким спектром навчальних посібників: навчальними плакатами, різними схемами обладнання і процесів, довідковими таблицями, технічними агрегатами, вузлами і деталями технологічних машин і апаратів. Особливу увагу треба приділити демонстрації навчальних і виробничих відео-роликів, відеофільмів, що дають інформацію про конструктивні особливості і принцип дії розроблюваного обладнання. Треба відзначити, що в даний час майже кожна навчальна лабораторія має широкоформатний телевізійний екран.

Використання креслень і навчальних плакатів типових видів обладнання, технологічних, кінематичних, гідравлічних та інших принципів схем робить навчальний процес більш доступним для засвоєння.

Знання, набуті студентами при виконанні розрахункових схем, визначенні раціональних показників з подальшим їх інженерним аналізом з метою отримання оптимальних параметрів технологічного процесу, дозволяють їм не тільки детально вивчити конструкцію машини або механізму, методику його розрахунку, а й намітити основні шляхи їх вдосконалення або модернізації. Особливо це важливо в подальшому при курсовому і дипломному проектуванні і що особливо важливо - при виконанні магістерської роботи.

Однак в процесі виконання і захисту розрахункових робіт і проектів, з'ясовується, що студенти недостатньо підготовлені до складання принципів схем машин, апаратів або технологічних установок, проведення їх аналізу, в результаті якого отримують початкові параметри розрахунку. У методиці проведення розрахункової роботи не передбачені економічні розрахунки показників, за допомогою яких можна було б провести порівняльний аналіз розробляється машини і існуючих прототипів. Відсутні рекомендації, якими повинні користуватися студенти при складанні різних принципів схем, їх аналізу і вибору необхідних параметрів для подальшого розрахунку.

Формування цілей статті. Основними завданнями даної статті є: надати елементи методики інженерного аналізу принципів схем виробничих машин і апаратів. Дати приклади вибору основних параметрів розроблюваних машин і алгоритм їх розрахунку. Розробити методику економічного розрахунку для можливості вирішення ефективності експлуатації машини або апарату, який в подальшому бути основою оптимізації процесу, або машини при порівняльному розрахунку за кількома варіантами.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для складання технологічної схеми сушильної установки з киплячим шаром, розробляється технологія сушіння даними способом, який передбачає два потоки – матеріал і газ (рис.1)

Перший потік:

- надходження газу і повітря в топкову камеру;
- нагрів повітря до технологічної температури сушіння;
- подача повітря до сушильної камери;
- виведення і очищення відпрацьованого повітря.

Другий потік:

- завантаження бункера сирим матеріалом;
- подача сирого матеріалу до сушильної камери;
- виведення висушеного продукту з камери;
- транспортування сухого продукту.

На підставі технології сушіння вибираються апарати, машини, обладнання, з яких збирається сушильна установка (рис.1).

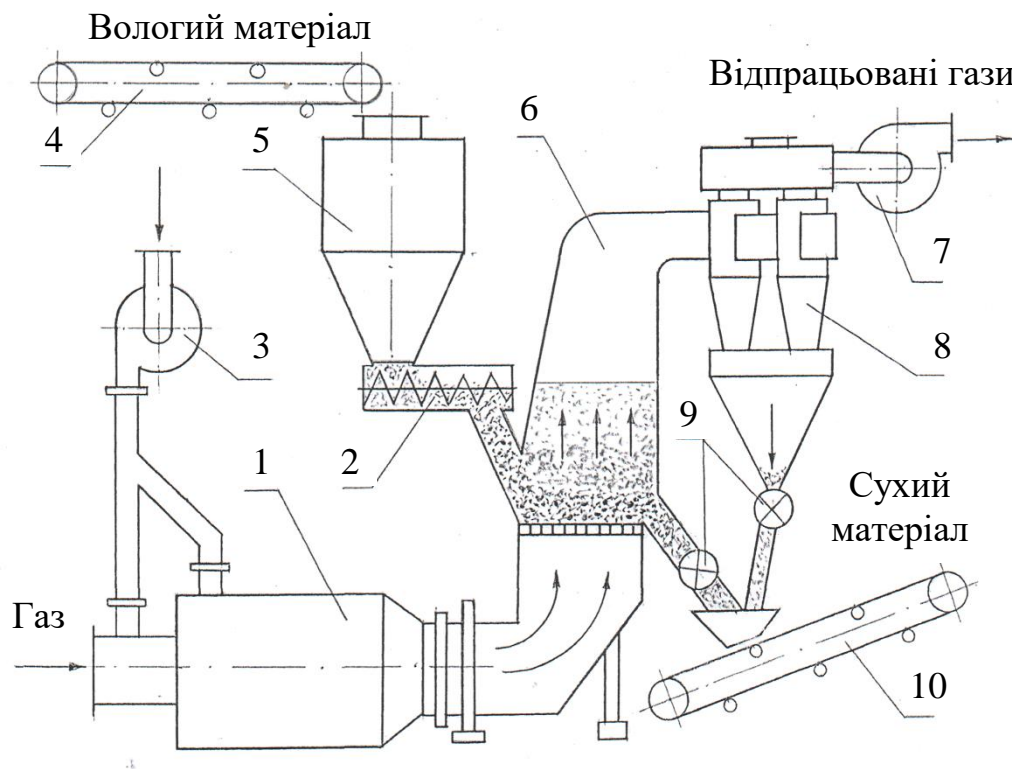


Рис. 1. Технологічна схема сушарки з киплячим шаром:

1 – топка газова; 2 – шнековий живильник; 3 – вентилятор; 4 – транспортер стрічковий; 5 – бункер; 6 – сушильна камера; 7 – вентилятор витяжний; 8 – батарейний циклон; 9 – секторні затвори; 10 – конвеєр розвантажувальний.

Для розглянутої сушильної установки визначають або розраховуються основні показники технологічного процесу: продуктивність, витрата повітря, перепад тиску в сушильній частині, робоча швидкість повітря для створення киплячого шару, температура нагріву матеріалу, габаритні розміри.

Продуктивність розроблюваної сушильної установки повинна бути вище номінальної продуктивності технологічної лінії, де встановлена сушарка, інакше заданий виробіток продукції на даній ділянці не буде досягнутий. Таким чином, продуктивність Π , на яку повинен бути розрахований апарат, визначають наступним чином

$$\Pi = \frac{G_T + \sum G_{\Pi}}{\tau_B - \sum \tau_3}, \text{ (кг/год)} \quad (1)$$

де G_T – необхідна кількість продукції, кг; $\sum G_{\Pi}$ – сума можливих втрат продукції, кг; τ_B – час видачі продукції, год; $\sum \tau_3$ – експлуатаційні втрати часу.

Отримана продуктивність є початковою для розрахунку всіх інших параметрів апарату. Для визначення конструктивних параметрів зазвичай використовують величину об'ємної продуктивності W ($\text{м}^3/\text{с}$), яка знаходиться з відношення:

$$W = G / \rho, \quad (2)$$

де G – масова продуктивність, кг/с; ρ – щільність або насипна маса продукту, кг/м³.

Знаючи об'ємну продуктивність W і сумарний час $\sum \tau$, витрачений на завантаження, обробку і вивантаження робочої камери апарату, визначається її місткість V (м³)

$$V = W \cdot \sum \tau . \quad (3)$$

Отриману місткість коректують, множачи її на відповідний коефіцієнт, що враховує певні поправки (на запас обсягам камери, розширення або спінювання продукту, нерівномірний його розподіл), а потім визначають габаритні розміри камери апарату, задаючись її формою і деякими розмірами, виходячи з конструктивних міркувань.

У разі необхідності проведення кінематичного розрахунку складається кінематична машини, на якій зображені всі елементи приводу, починаючи від електродвигуна до робочих органів, їх сполуки та взаємного положення (рис. 2).

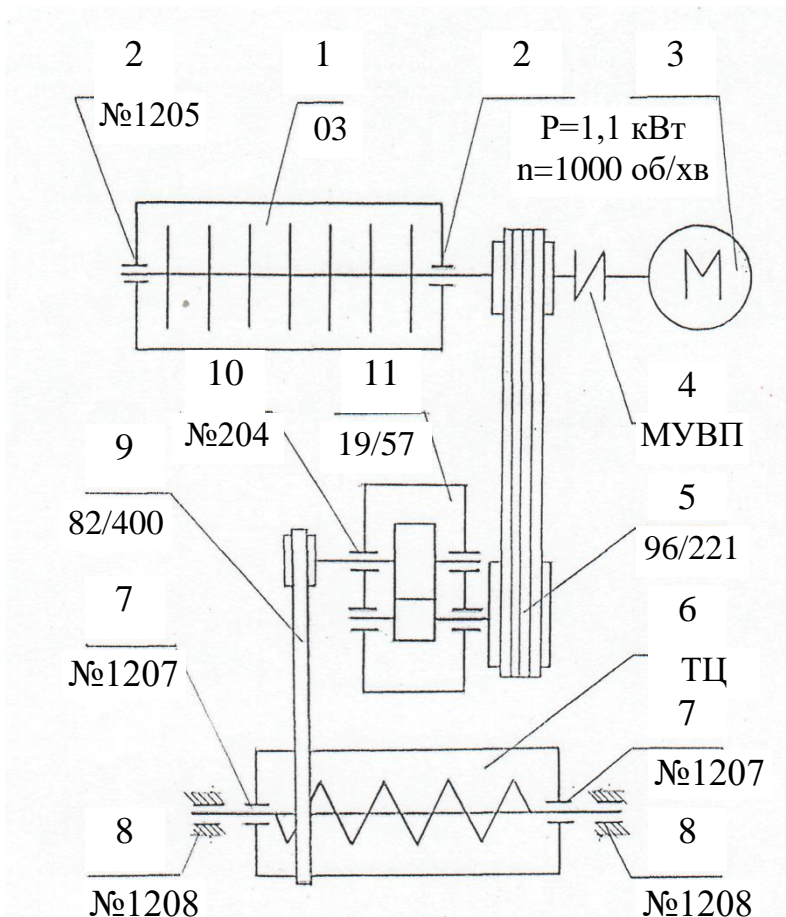


Рис. 2. Кінематична схема зерноочисного агрегату:

1 – зернообивальна машина ЗОН-0,5; 2 – підшипник шариковий №205; 3 – електродвигун А02-22-6; 4 – муфта МУВП; 5 – клинопасова передача (тип ремня В); 6 – трієр циліндричний; 7 – шариковий підшипник №1207; 8 – шариковий підшипник №1208; 9 – пасова передача с плоским ремнем 40-3-Б-80-В; 10 – шариковий підшипник №204; 11 – редуктор циліндричний.

Слід звернути увагу на взаємодію окремих робочих органів між собою, спрямоване на виконання певних технологічних операцій, і відобразити це на кінематичній схемі. Елементи схеми можна виконувати без дотримання масштабу. Однак бажано дотримуватися взаємне положення і співвідношення між їх розмірами. При кінематичному розрахунку приводу машини потрібно визначити всі основні кінематичні параметри і вказати ці дані на кінематичній схемі. Рекомендується проводити кінематичний розрахунок передавальних механізмів за наступною методикою.

а) Визначається загальне передавальне відношення $i_{об}$ від вала електродвигуна, який має частоту обертання $n_{эд}$, до валу, на якому кріпиться провідна ланка виконавчого механізму $n_{вз}$

$$i_{об} = n_{эд} / n_{вз} . \quad (4)$$

б) Розподілити загальне передавальне число всієї кінематичного ланцюга приводу між окремими передавальними механізмами, які складають цей кінематичний ланцюг

$$i_{об} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n . \quad (5)$$

в) Визначаються параметри кожного передавального механізму:

– для зубчастих і ланцюгових передач – $i_{зп} = z_{вм} / z_{вд}$;

– для пасових передач – $i_{рп} = D_{вм} / D_{вд}$;

де $z_{вм}$ і $z_{вд}$ – відповідно число зубів веденої і ведучої шестерні; $D_{вм}$ і $D_{вд}$ – відповідно діаметри веденого і ведучого шківів.

г) Визначаються частоти обертання валів кожного з передавальних механізмів кінематичного ланцюга:

– для зубчастих і ланцюгових передач – $i_{зп} = n_{вд} / n_{вз}$;

– для пасових передач – $i_{рп} = n_{вд} / n_{вм}$.

д) Визначається для варіантів максимальні і мінімальні значення передавальних відносин і частоту обертання вихідного вала.

е) Визначається швидкість переміщення поступально рухомих передавальних механізмів.

Розрахунок тепло- і масообмінних апаратів виконується за рекомендованою методикою, яка трохи відрізняється від попередньої.

Для розрахунку наприклад, перегінних колон, попередньо визначається: найменування розподіляється системи і складових її компонентів; концентрацію легколеткого компонента (етанолу) в бражці, дистиляту і кубовому залишку; характер роботи колони – безперервний або періодичний; продуктивність колони. На підставі отриманих даних складається технологічна схема ректифікаційної установки із зазначенням основних технологічних параметрів і напрямків потоків бражки, пара, води, дистиляту (рис.3). Відповідно до позначеннями для потоків ректифікаційної колони, зазначеними на схемі, складається матеріальний баланс колони, який має такий вигляд

$$G_B + G_D + G_F = G_K + G_P + D , \quad (6)$$

де G_B , G_D , G_F , G_K , G_P , D – відповідно кількість потоків бражки, дистиляту, флегми, кубового залишку, парів, що виходять з колони гріючої пари.

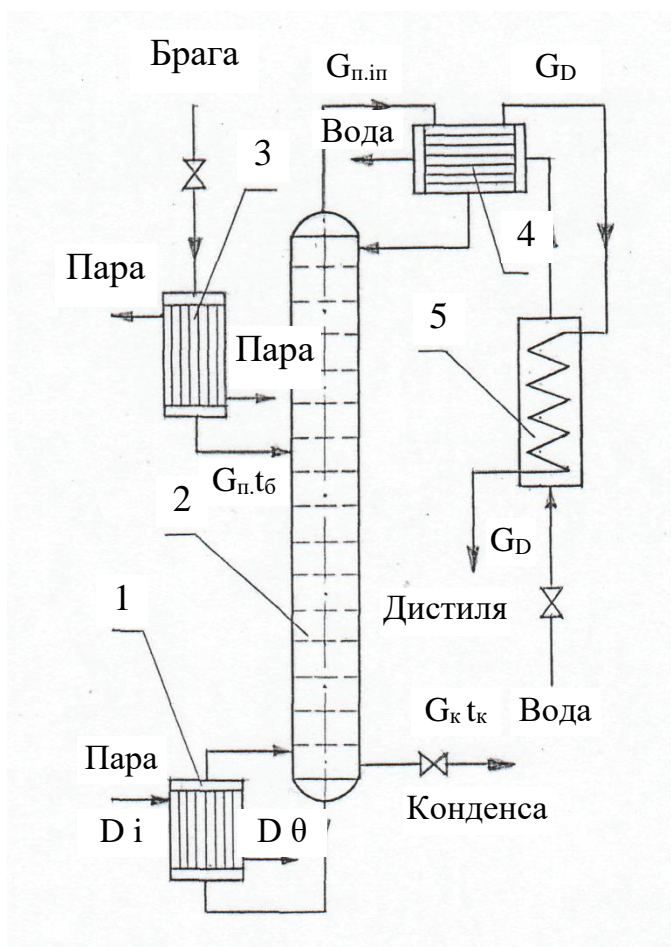


Рис. 3. Схема ректифікаційної установки безперервної дії:

1 – установка для кип'ятіння; 2 – колонна ректифікаційна; 3 – підігрівач вихідної суміші; 4 – дефлегматор; 5 – конденсатор.

Матеріальний баланс дефлегматора визначається за рівнянням:

$$G_{\Pi} = G_{\Phi} + G_D \quad (7)$$

Флегмовое число R знаходять як відношення кількості флегми, яка утворюється, G_{Φ} до кількості отриманого дистиляту

$$R = G_{\Phi} / G_D \quad (8)$$

Тепловий баланс ректифікаційної колони складається для колони періодичної дії на τ годин перегонки однієї партії, для колони безперервної дії на одну годину роботи

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_{o.c}, \quad (9)$$

де Q_1, Q_2, Q_3 – тепло, принесене відповідно бражною, гріючою парою, флегмою; $Q_4, Q_5, Q_6, Q_{o.c}$ – відповідно тепло, яке виноситься парою, кубовим залишком, конденсатом і в навколишнє середовище.

З рівняння теплового балансу визначається витрата гріючої пари, що витрачається на ректифікацію.

Конструкторський розрахунок студенти виконують для визначення геометричних параметрів колони. Висоту колони розраховують залежно від кількості тарілок і відстані між ними. Потрібно знати, що відстань між

тарілками береться за дослідними даними, так, воно повинно бути взаємопов'язане зі швидкістю руху парів. Треба, щоб при русі від рівня рідини до вище розміщеної тарілки винесена парою частка рідини втратила кінетичну енергію. Для розрахунку діаметра колони аналітично визначається її площа поперечного перерізу. Рекомендована методика економічного розрахунку дає можливість вирішити економічні основи експлуатації апаратів хоча б у першому наближенні.

В економічному розрахунку визначається: вартість амортизації і ремонту C_k ; вартість пара на випаровування флегми C_{II} ; вартість амортизації і ремонту дефлегматора C_d ; вартість води, що витрачається на конденсацію парів флегми C_v ; вартість амортизації і ремонту приміщення C_3 .

Сумарна річна вартість установки для перегонки

$$C = C_k + C_d + C_{II} + C_v + C_3. \quad (10)$$

Оптимальні умови дистиляції будуть в тому випадку, коли ця вартість буде мінімальною при порівняльному розрахунку поділу визначеної суміші при незмінній продуктивності і концентрації суміші, але при різних флегмових числах.

Висновки. Запропонована методика виконання окремих частин розрахункових робіт, проведення інженерного аналізу принципів схем технологічних установок дозволить підвищити якість виконання практичних робіт і значно покращить доступність засвоєння матеріалу, що вивчається. Рекомендована методика економічного розрахунку дає можливість вирішити економічні завдання експлуатації машин і апаратів, а також буде основою оптимізації процесу або машини при порівняльних розрахунках за кількома варіантами.

Список використаних джерел.

1. Самойчук К.О., Бойко В.С., Олексієнко В.О. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних та харчових виробництв. Підручник / За редакцією Самойчука К.О. К: Проф. Книга 2020. 428 с.

2. Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Ломейко О.П. Процеси і апарати харчових виробництв. Підручник. Мелітополь видавничо-поліграфічний цент «Лух» 2020. 329 с.

3. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Підручник / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. Вінниця: Нова книга 2001. 576 с.

Boiko V., Samoichuk K., Tarasenko V. Methodology of engineering analysis of principle schemes of technological installations, food equipment

Summary. The materials of this article consider the method of calculation work in laboratory and practical works, course and diploma projects, in which it is necessary to make technological schemes, their analysis and selection of optimal parameters for further calculations of machine designs.

Key words: methodology, engineering analysis, technological scheme, kinematic calculation, machine, construction.