

Література

1. Яцюк А.И. Новый абразивный инструмент для шлифования древесины. ДАН УССР. – 1961, № 11. – С. 35-39.
2. Яцюк А.И. Новый способ механической обработки древесины. – Львов: Высшая школа, 1975. – 253 с.
3. Грицышин С.И. Потай А.А. Особенности шлифования-калибрования плит из стеблей хлопчатника абразивными цилиндрами. Совершенствование технологии и оборудования лесопильно-деревообр. производств. Тез. докл. к научно-техн. конф. 21-25 сент. – Архангельск, 1992. – С. 39-40.
4. Кійко О.А., Грицюк Ю.І. Порівняльна оцінка кінематичних особливостей роботи жорстких та еластичних шліфувальних інструментів у деревообробці// Наук. вісник УкрДЛТУ: 36. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 9.13. – С. 113-122.

УДК 519.853

Проф. К.І. Янгурський, канд. техн. наук;

доц. І.В. Атаманова, канд. техн. наук;

доц. В.М. Фаст, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ ТЕПЛОФІЗИЧНОГО СИНТЕЗУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Запропоновано процедури прийняття рішень, які дають змогу проводити моделювання й аналіз теплових режимів технічних систем на різних рівнях конструкторської ієрархії з врахуванням способу охолодження без логічного обмеження на кількість рівнів.

*Prof. K.I. Yangyrskuy, doc. I.V. Atamanova,
doc. V.M. Fast – NU "L'viv's'ka Politekhnik"*

Project decision optimization for problems of thermophysical synthesis of technical systems

The decision-making procedures for thermal regime modelling and analysis are proposed. These procedures allow to optimize the thermal subsystem models for different levels of design hierarchy accounting for the way of cooling free of constraints on level quantity.

Досягнення в галузі мініатюризації електронних засобів (ЕЗ) поряд зі істотним зменшенням малогабаритних параметрів конструкцій призводить до збільшення питомої об'ємної потужності тепловиділення, що викликає складну проблему забезпечення нормальних теплових режимів ЕЗ. Ефективність сучасних методів забезпечення теплових режимів значною мірою залежить від прийнятих проектних рішень, зокрема від раціонального (оптимального) розміщення складових частин конструкцій, що являє собою основу теплофізичного проектування, спрямованого на формування (пошук) оптимального температурного поля.

Сучасні електронні комплекси і системи з конструктивної точки зору характеризуються впорядкованою структурою з ієрархічною підлеглистю складових частин. Звичайно розглядаються три основні ієрархічні рівні: перший – електронні засоби у вигляді конструктивно завершених модулів (ЕЗ-1), другий – блоки та прилади (ЕЗ-2), третій – шафи, стояки, пульти (ЕЗ-3).

Таким чином, розглядається задача розроблення математичних методів пошуку оптимальних проектних рішень з врахуванням багаторівневого

характеру об'єкта проектування, який визначається його конструктивною ієрархією.

Загальним для кожного рівня конструктивної ієрархії є розв'язання сукупності ідентичних задач прийняття конструктивних рішень зі забезпечення теплофізичних параметрів електронних засобів. Таку сукупність задач можна подати у вигляді багаторівневої системи прийняття рішень (рис. 1), яка дає змогу звести розв'язання загальної глобальної задачі забезпечення теплофізичних параметрів до розв'язку ряду частинних, більш простих задач. Аналіз схеми забезпечення теплових режимів ЕЗ показує, що на кожному рівні ієрархії локальна задача забезпечення теплових режимів формується як задача прийняття рішень.

На першому рівні ієрархії вирішується одна з основних задач – розрахунок теплового поля ЕЗ на основі розробленої теплової моделі конструкції.

Моделювання теплового режиму проводиться на основі послідовного використання теплових і математичних моделей, які відповідають різним рівням конструкторської ієрархії. На будь-якому з рівнів ієрархії задача аналізу полягає у визначенні тих характеристик температурних полів підсистем даного рівня, які необхідні для знаходження конструктивних параметрів, що відповідають цьому рівню. Внутрішня структура підсистем враховується через їх узагальнені інтегральні характеристики, які залежать від конструктивних параметрів даного рівня. Підставою для використання такого підходу є те, що особливості внутрішньої структури підсистем неістотно впливають на характеристики їх температурних полів, які використовуються при проектуванні на даному рівні.



Рис. 1. Багаторівнева схема прийняття рішень

Моделювання теплового режиму проводиться поетапно з поступовим переходом від верхнього рівня ієрархії, який містить групу приладів, до нижнього, який має у своєму складі найпростіші підсистеми – окремі елементи, які неможливо розділити, не порушуючи їх цілісності. На початку з мінімально допустимим ступенем деталізації розглядається вся система в цілому. На цьому етапі визначаються осереднені характеристики температурних полів тіл або групи тіл і потоків теплоносіїв. У випадку, коли на першому етапі обмежуються аналізом тільки середньооб'ємних та середньоповерхневих температур тіл, середньовитратних температур теплоносіїв, їх розрахунок проводиться на основі моделей з зосередженими параметрами [1].

Часто для деяких тіл, груп тіл або потоків теплоносіїв виникає необхідність розглядати одновимірні розподіли характерних температур (розподіл по довжині осереднених в поперечному перерізі температур). У цьому випадку застосовуються одновимірні моделі. Наступні етапи полягають у визначенні окремих частин системи з метою більш детального аналізу їх температурних полів. При цьому частина об'єкта, яка розглядалася на попередньому етапі як область з ефективними параметрами, на наступному етапі може аналізуватися як підсистема, яка має складну внутрішню структуру. У граничні умови на поверхнях, які виділяють підсистему, підставляються визначені раніше осереднені значення теплових потоків або температур оточуючих тіл та теплоносіїв. Таким чином враховується взаємодія підсистеми, що розглядається, з іншими підсистемами.

Для реалізації цих етапів аналогічно, як і на першому етапі, застосовуються моделі з зосередженими параметрами або одновимірні моделі. Для збільшення ступеня деталізації опису теплового режиму для деяких компонентів системи розглядаються багатовимірні температурні поля і проводиться аналіз на основі багатовимірних моделей.

Загальна схема поетапного розрахунку впливає із принципів системного аналізу і математичної теорії складних систем і розглядає процедури агрегування і декомпозиції. При агрегуванні проводиться укрупнення початкової повної математичної моделі для розрахунку осереднених характеристик. Процедура декомпозиції полягає у виділенні групи компонентів з системи і побудовою моделі для більш детального аналізу. При проведенні агрегування (укрупнення) повної математичної моделі реалізуються такі процедури:

- спрощення форм реальних досліджуваних областей із збереженням деяких інтегральних характеристик (площ, об'ємів, периметрів, деяких характерних розмірів);
- перехід від підсистеми із складною внутрішньою структурою, яка містить елементи з різними теплофізичними властивостями до квазіоднорідної області з ефективними теплофізичними властивостями;
- заміна складних просторово-часових розподілів внутрішніх теплових впливів більш простими;
- зниження розмірності рівнянь, що описують тепловий режим окремих підсистем і елементів шляхом застосування операцій осереднення.

При проведенні декомпозиції на границі виділеної підсистеми проводиться заміна просторових розподілів локальних значень температур оточуючих тіл і теплоносіїв або теплових потоків цих тіл осередненими значеннями. Так, під час визначення температурного поля $T_i(x, y, z, \tau)$ i -го тіла замість строгого завдання граничних умов третього роду, які описують його теплообмін на границі поверхні $S_{i,n}$ з оточуючими тілами ($j = \overline{1, J}$)

$$\left[\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial n} + \sum_j \alpha_{ij} \cdot T_i \right]_{\Gamma_{i,n}} = \sum_j (q_{ij} + \alpha_{ij} \cdot T_j) \quad (1)$$

використовуються наближені значення умов виду

$$\left[\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial n} + \sum_j \alpha_{ij} \cdot T_i \right]_{\Gamma_{i,n}} = \sum_j (\langle q_{ij} \rangle + \alpha_{ij} \cdot \langle T_j \rangle) \quad (2)$$

в яких $\langle T_j \rangle$, $\langle q_{ij} \rangle$ – осереднені по ділянці границі $S_{i,n}$ значення температур T_j і теплових потоків q_{ij} :

$$\langle f \rangle = \frac{1}{S_{i,n}} \int_{S_{i,n}} f(x, y, z, \tau) |_{\Gamma_{i,n}} dS; \quad f = T_j, q_{ij}. \quad (3)$$

Відмінність наближених граничних умов (2) від точних умов (1) полягає в тому, що дійсні просторові розподіли $q_{ij}(x, y, z)$, $T_j(x, y, z)$ замінені на постійні для даної ділянки границі середні значення $\langle q_{ij} \rangle$, $\langle T_j \rangle$. Ці середні значення густини теплових потоків і температур оточуючих тіл визначаються на попередньому етапі моделювання.

В основі використання перелічених прийомів побудови спрощених моделей лежить принцип місцевого впливу.

Таким чином, вихідні дані для рішення задачі аналізу містяться у множинах $X_0 = \{x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}\}$ (за умови першого входження на перший рівень) і $X_k^{(i)} = \{x_{k1}^{(i)}, x_{k2}^{(i)}, \dots, x_{km}^{(i)}\}$ (при наступних входженнях на цей рівень). Елементами цих множин є значення теплофізичних параметрів елементів і матеріалу конструкції, геометричні параметри і характеристики конструктивного рішення. Результат розв'язання задачі аналізу температурного поля – числові значення розподілу температури відповідно до локального розташування елементів в об'ємі конструкції $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, де n – кількість елементів. З їх допомогою визначається показник температурного стану ЕЗ. Критерієм рішення задачі теплофізичного проектування є забезпечення значення показника температурного стану, який задовольняє умовам ТЗ.

У випадку невиконання вказаної умови розв'язання загальної задачі передається на другий рівень ієрархії, де вирішуються задачі оптимального розміщення джерел тепловиділення в об'ємі конструкції. Вихідні дані для задачі цього рівня містяться у двох множинах: $T^{(1)} = \{T_1^{(1)}, T_2^{(1)}, \dots, T_n^{(1)}\}$ – множина локальних температур (n – кількість елементів) і $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_s\}$ – множина параметрів місцезнаходження елементів ЕЗ (s – кількість параметрів).

Задача оптимального розміщення джерел тепловиділення формується таким чином: в області R_T необхідно здійснити розміщення джерел тепловиділення, які мають визначені геометричні і енергетичні характеристики таким чином, щоб визначених умов критерій оптимальності набув екстремального значення.

У загальному випадку об'єкт теплофізичного проектування представляє собою обмежену область трьохвимірною евклідового простору, в середині якого розташовуються складові елементи системи (як дискретні джерела фізичного поля, так і елементи, на яких розміщуються джерела поля). У зв'язку з цим виникає питання про рівень деталізації проєктованого об'єкта. Оскільки ЕЗ можуть містити велику кількість джерел температурного поля, за перший рівень деталізації приймається етап розміщення "неподільних" джерел температурного поля, тобто таких джерел, які при розміщенні зберігають задані фізичні і геометричні характеристики.

Наступні рівні деталізації системи містять елементи, які були синтезовані на попередніх рівнях і які, в свою чергу, являються джерелами тепловиділення. В загальному випадку рівні деталізації синтезованого об'єкта зв'язані міжрівневими прямими і зворотними зв'язками [2].

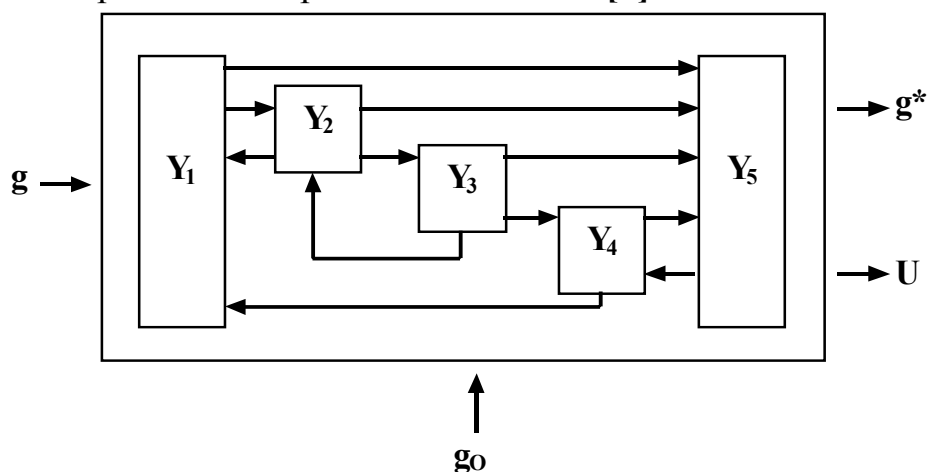


Рис. 2. Схема потоків інформації при компоновальному синтезі

На рис. 2 наведено схему синтезу системи, яка представляється у вигляді п'ятирівневої структури. Вхідною є інформація g_0 та g . Інформація g_0 містить незмінну у процесі синтезу об'єкта інформацію: оператор основної рівняння крайової задачі, крайові умови, величини, які обмежують поведінку фізичного поля в об'єкті, фізичні характеристики матеріалів, інформацію про області заборони, допустимих віддалях між носіями джерел, носіями та областями заборони, границею області і носіями джерел і т.д. Вхідна інформація g є змінною в процесі синтезу об'єкта. Вона перетворюється відповідно до задачі геометричного проєктування. Внаслідок рішення цієї задачі за заданими обмеженнями на компоненти вектора геометричної інформації g визначаються просторова форма об'єкта, його метричні характеристики і параметри розміщення джерел тепловиділення. Вихідна інформація g на кожному рівні деталізації синтезованого об'єкта може перетворюватись повністю або частково. Оскільки синтез об'єкта здійснюється не тільки за вектором геометричної інформації про об'єкт, а і за вектором U , який характеризує стан об'єкта, то вихідною інформацією буде вектор U .

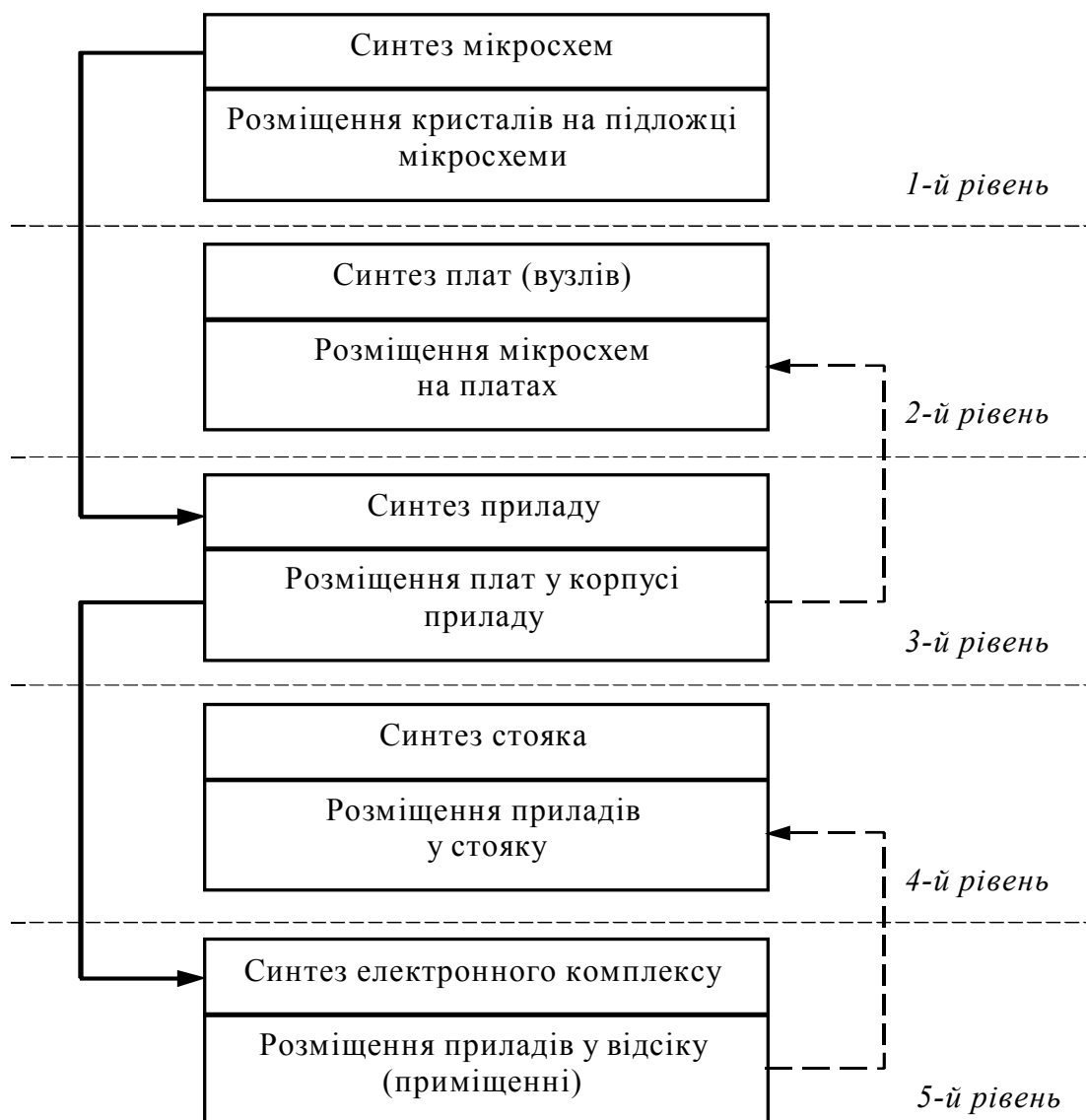


Рис. 3. Основні етапи компоновочного синтезу технічного комплексу

На рис. 3 наведено основні етапи компоновочного синтезу електронного пристрою, конструктивно виконаного у вигляді стояка.

На першому рівні здійснюється синтез мікросхем шляхом раціонального розміщення кристалів на підкладці. При цьому ставиться задача отримання такого розміщення кристалів, які являються в процесі функціонування мікросхеми джерелами тепла, щоб результуюче температурне поле мікросхеми задовольняло наперед заданим обмеженням. Другий рівень передбачає розміщення мікросхем на платах.

Як джерела тепла виступають мікросхеми, які мають в загальному випадку різні тепловиділення. Безпосередньо з мікросхем можуть збиратися блоки. У цьому випадку можливий перехід з першого на третій рівень деталізації. Місцезнаходження блоків у стояку висуває вимоги до його габаритних розмірів, форми і т.п. У зв'язку з цим другий і третій рівні деталізації зв'язані зворотним зв'язком, що дає змогу в процесі синтезу пристрою уточнювати геометричні параметри плат і пристрою в цілому.

Для четвертого і п'ятого рівнів також простежується зворотний зв'язок, призначення якого аналогічно зворотному зв'язку між третім та другим

рівнями. Четвертий рівень деталізації передбачає раціональне розміщення блоків у стояки з врахуванням обмежень на температурне поле стояка.

Перехід від i -го до $i+1$ -го рівня деталізації пов'язаний з внесенням у модель даних про попередні синтезовані елементи об'єкта.

Результати оптимізаційної задачі формують два нових вектори:

- $X_k^{(2)} = \{x_{k1}^{(2)}, x_{k2}^{(2)}, \dots, x_{ks}^{(2)}\}$ – вектор місцезнаходження елементів i ;
- $T^{(2)} = \{T_1^{(2)}, T_2^{(2)}, \dots, T_n^{(2)}\}$ – вектор температур, який формується за результатами оптимізації й аналізу температурного поля.

Їх елементи є вихідними даними для рішення задач (другого входження) на першому рівні ієрархії. У випадку незадоволення умовам базового критерію рішення задачі передається на третій рівень ієрархії.

На третьому рівні використовуються сучасні методи теплофізичного проектування ЕЗ, які забезпечують тепловідвод шляхом примусового охолодження та іншими способами (радіатори, вентилятори, теплообмінники, теплові труби і т.п.). Одним з ефективних і дешевих методів забезпечення теплового режиму є повітряне охолодження. Найпростіший варіант його реалізації – наскрізне продування холодним повітрям шаф та стояків. Системи повітряного охолодження можуть мати довільну конфігурацію, але складаються з типових ланок, до яких належать:

- ланки для роздачі повітря: повітроводи з суцільною перфорацією грані, повітроводи з дискретною перфорацією грані;
- ланки для транспортування повітря: прямі ділянки повітроводів без перфорації, коліна, двійники, теплостоки.

Враховуючи обмежену кількість типових ланок, локальних мереж повітроподачі, при вирішенні задачі синтезу їх конструктивних параметрів, можна скористатись принципом декомпозиції. Суть його полягає в розбивці всієї системи подачі повітря на окремі ланки, для яких створені математичні моделі, і почерговому розрахунку кожної ланки. Розрахунок повинен починатись з останньої роздавальної по ходу повітря ланки, для якої задаються витрати повітря вздовж грані. Результати розрахунку кожної попередньої ланки стають вхідними даними для синтезу параметрів наступної ланки.

Для реалізації даної ідеї необхідно мати набір математичних моделей синтезу геометричних параметрів повітроводів різного конструктивного виконання. При моделюванні повітроводів використовується метод К.К. Бауліна: вести розрахунок за статичними тисками. Цей шлях є простішим і отримав загальне визначення. Базовим рівнянням руху газу (в даному випадку – повітря) є рівняння Бернуллі:

$$p_{1\text{надл.}} + \alpha_1 \frac{\rho W_{1\text{сер.}}^2}{2} = p_{2\text{надл.}} + \alpha_2 \frac{\rho W_{2\text{сер.}}^2}{2} + \Delta p,$$

де: $p_{1\text{надл.}}$, $p_{2\text{надл.}}$ – надлишковий тиск в перетині 1 та 2 повітроводу; $W_{1\text{сер.}}$, $W_{2\text{сер.}}$ – середня швидкість повітря у відповідних перерізах повітровода; α_1 , α_2 – коефіцієнт Коріоліса відповідних перетинів повітроводу; $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ при рівномірному полі швидкостей у поперечному перетині; Δp – питомі втрати повітря, механічної енергії та втрати тиску на тертя.

При аналітичному дослідженні коротких повітроводів приймаються такі припущення:

- коефіцієнт витрат по всій довжині щілини, яка розраховується або для всіх отворів повітроводу приймається постійним;
- поля швидкостей у поперечних перетинах повітроводу приймаються рівномірними (коефіцієнти Кореоліса та Буссінекса рівні одиниці);
- втрати на тертя дорівнюють нулю.

Основу загального алгоритму синтезу локальних систем повітроподачі його становлять незалежні блоки розрахунку окремих ланок. Вибір конкретної ланки для розрахунку здійснюється користувачем, виходячи з принципу, описаного вище. Вихідні дані по розрахунку кожної ланки накопичується і одночасно стають вхідними даними для розрахунку наступної ланки. Результатом роботи алгоритму є конструктивні параметри всіх складових ланок локальної системи та її сумарний аеродинамічний опір. Останній визначає величину статичного тиску який необхідно створити на вході системи повітророзподілу. По величині тиску, проводиться вибір необхідного типу вентилятора чи групи вентиляторів.

Запропоновані процедури прийняття рішень надали змогу проводити моделювання і аналіз теплових режимів ЕЗ на різних рівнях конструкторської ієрархії з врахуванням способу охолодження без логічного обмеження на кількість рівнів при теплофізичному проектуванні електронного технологічного обладнання та складних електронних комплексів. та показали їх високу ефективність.

Література

1. Дульнев Г.Н., Парфенов В. Г., Сигалов А.В. Методы расчета теплового режима приборов. – М.: Радио и связь, 1990. – 346 с.
2. Стоян Ю.Г., Путятин В.Н. Оптимизация технических систем с источниками физических полей. – К.: Наук. думка, 1988. – 264 с.
3. Фишберн П. Теория полезности для принятия решения. – М.: Наука, 1978. – 764 с.

УДК 66.045

Доц. В.М. Атаманюк, канд. техн. наук;

проф. Я.М. Ханик, д-р. техн. наук;

доц. В.П. Дулеба, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

КОМБІНОВАНЕ СУШІННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Представлені експериментальні дослідження сушіння дрібнодисперсного вугілля фільтраційним методом і у киплячому шарі. На основі узагальнення результатів експериментальних досліджень запропоновано комбінований метод сушіння дрібнодисперсних матеріалів.

Doc. V.M. Atamanyuk, prof. Ya.M. Hanyk,

doc. V.P. Duleba – NU "L'vivs'ka Politekhnik"

Combined drying of semi dispersed materials

Represented experimental researches of drying of semi dispersed coal by a filtration method and in a boiling layer. On the basis of generalization of results of experimental researches offered combined method of drying of semi dispersed materials.