

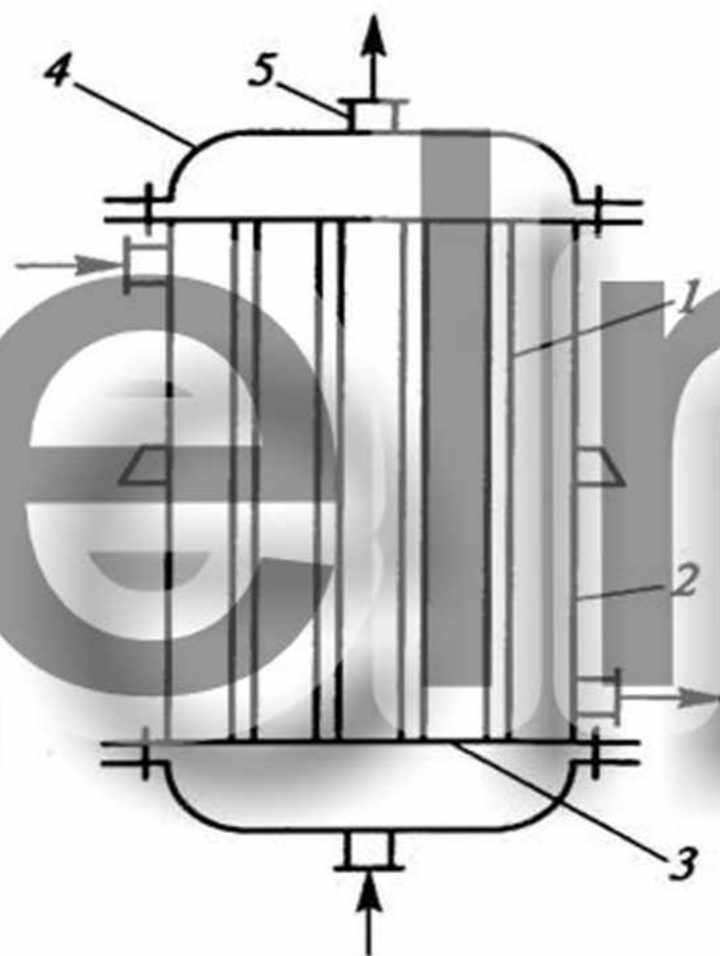
Лекція 13

Загальні поняття про теплообмінні апарати (ТА): їх види та класифікація. Схеми руху теплоносія в рекуперативних ТА. Основи теплового розрахунку ТА.

- Теплообмінними апаратами називають любі пристрої, в яких відбувається процес передачі теплоти від одного теплоносія до іншого (один гарячий теплоносій - передає теплоту іншому - холодному теплоносію (рідина-газ)).
- За способом контактування теплоносіїв (по принципу дії) апарати поділяють на дві групи:
- - перша — це теплообмінники в яких поверхня нагріву чи охолодження — тверде тіло, що бере участь у перенесенні теплоти від гарячої рідини до холодної, тому їх називають поверхневими теплообмінними апаратами.
- З цієї групи найчастіше використовують рекуперативні теплообмінники, в яких реалізується теплопередача(теплота передається через розділяючу стінку). До цієї ж групи належать і регенеративні обмінні апарати, в яких тверда стінка по черзі стикається то з гарячою, то з холодною рідиною, або апарати в яких теплота гарячих газів акумулюється теплоємною насадкою

- Друга група – це так звані контактні апарати, в яких гаряча та холодна рідини мають безпосередній контакт, а самої фізичної поверхні контакту немає. Звичайно, це так звані теплообмінники змішування: барботери, градирні, інжектори, апарати для стерилізації молока чи соків перегрітою парою і т.п. В таких теплообмінних апаратах практично неможливо визначити площу поверхні теплообміну, так як відбувається взаємопроникнення частинок середовища. Прикладом такого апарату може слугувати звичайний водяний змішувач.

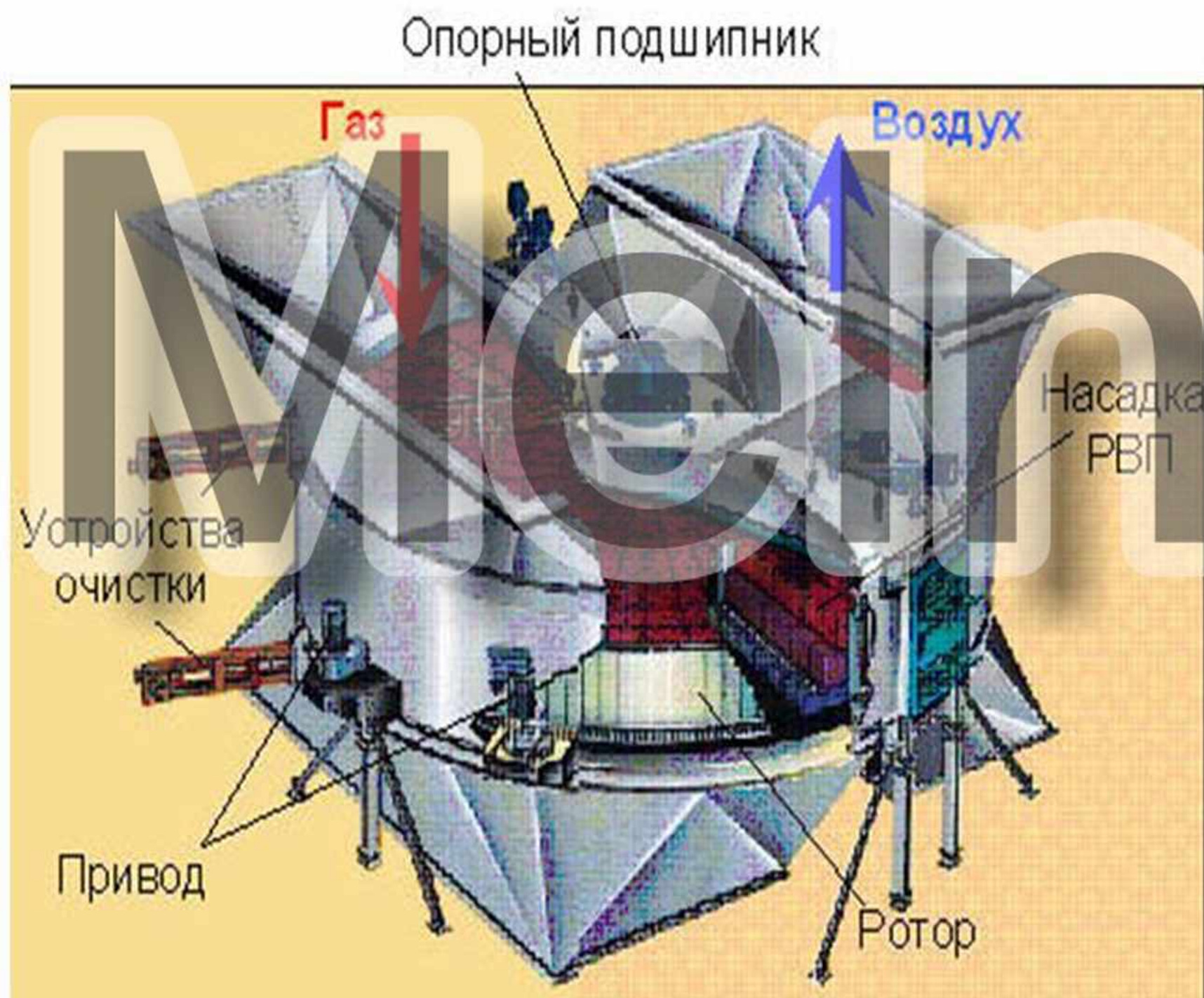
Схема кожухотрубного теплообмінника (рекуперативний)



1 – пучок труб; 2 – кожух; 3 – трубна решітка; 4 – кришка;
5 - штуцер



Регенератор теплоты



“Набивка” ротора

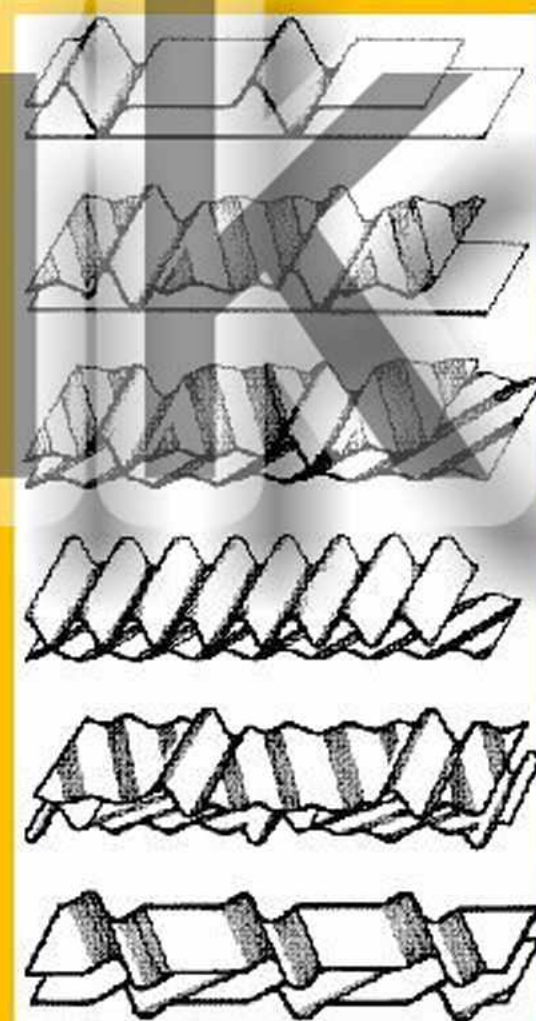
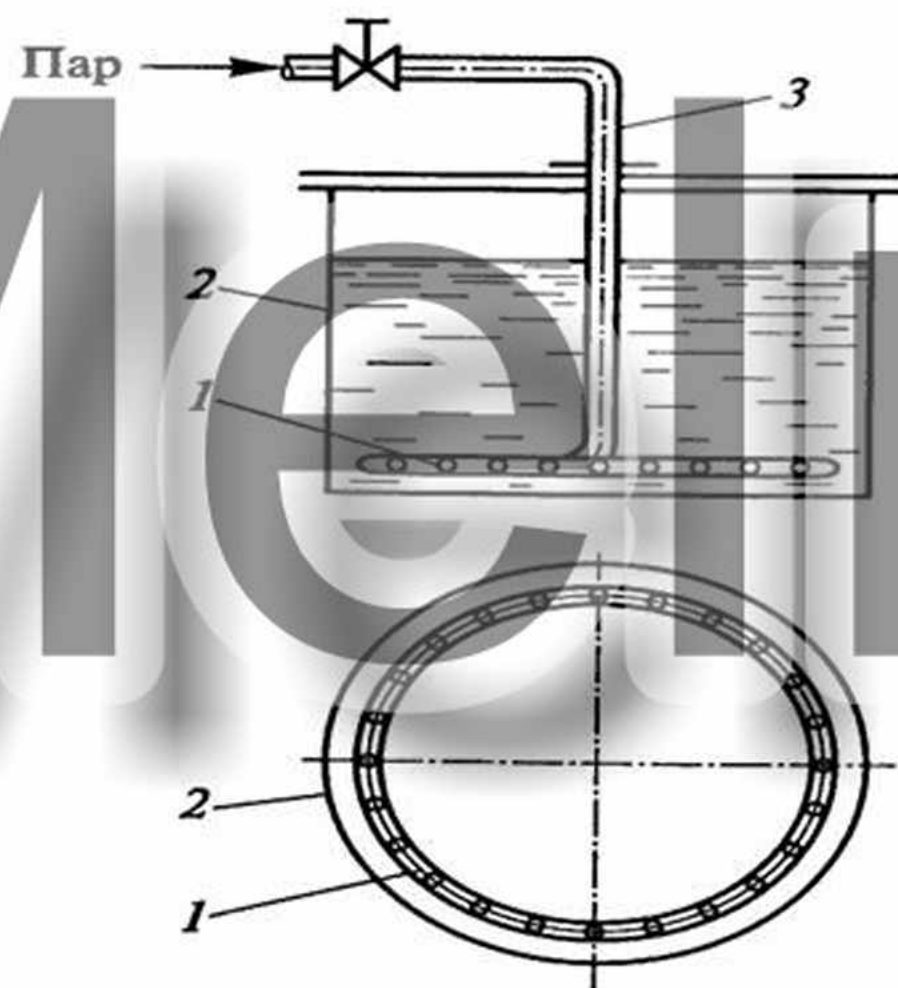


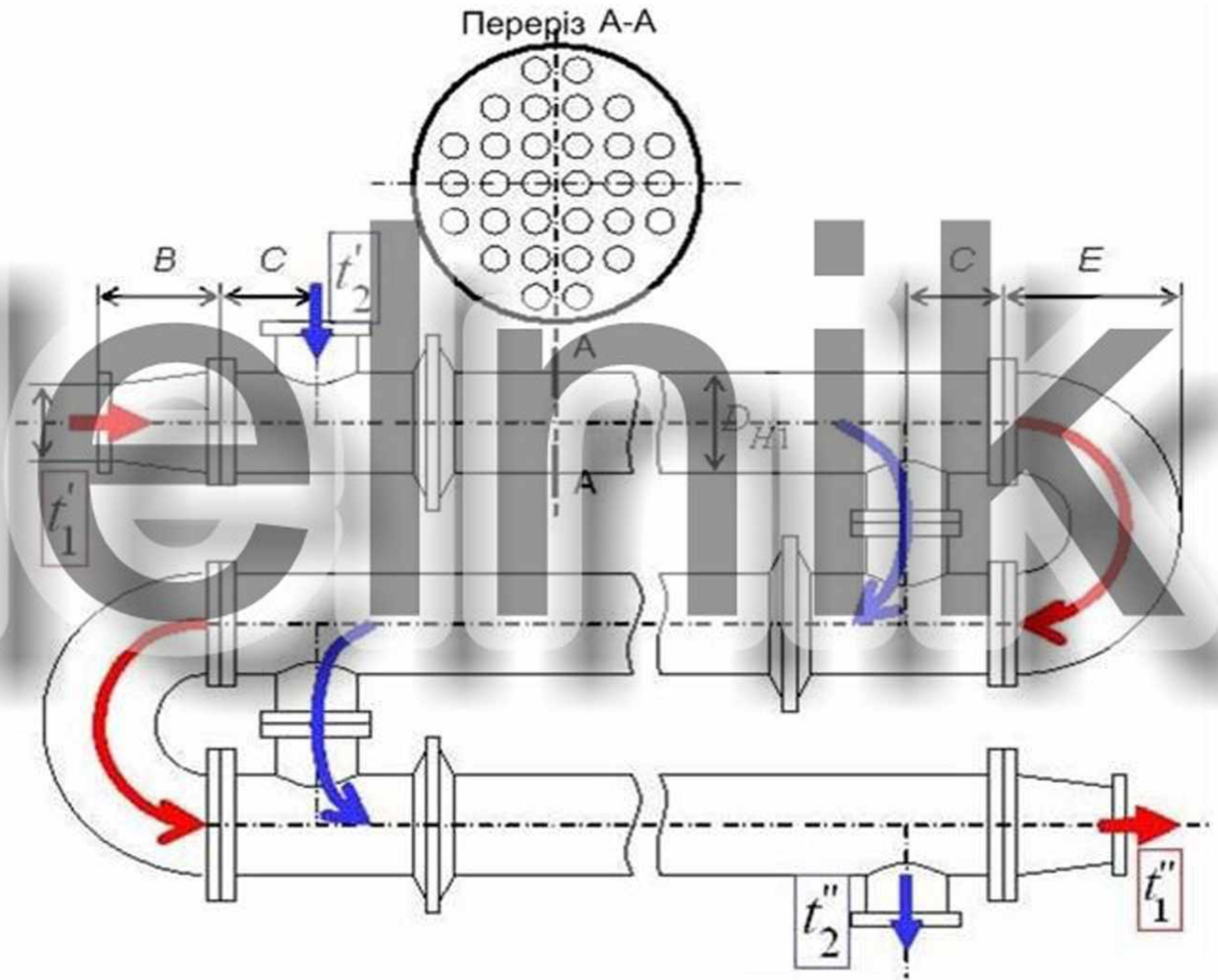
Схема теплообмінника змішування з барботером



1 – барботер; 2 – корпус; 3 - паропровід

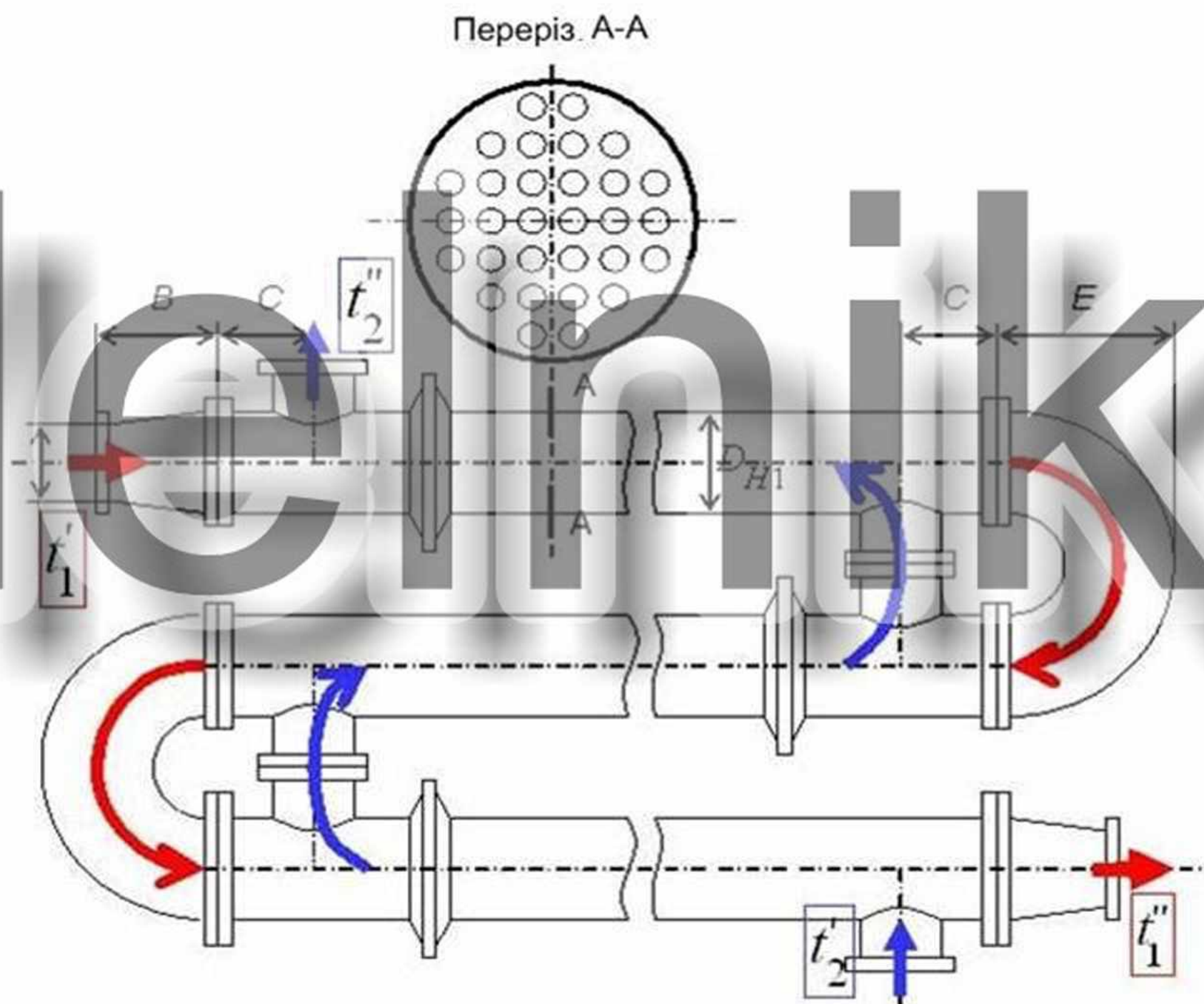
Прямотечія

Прямотечія –
коли два
теплоносії
рухаються
паралельно,
в одному
напрямку.



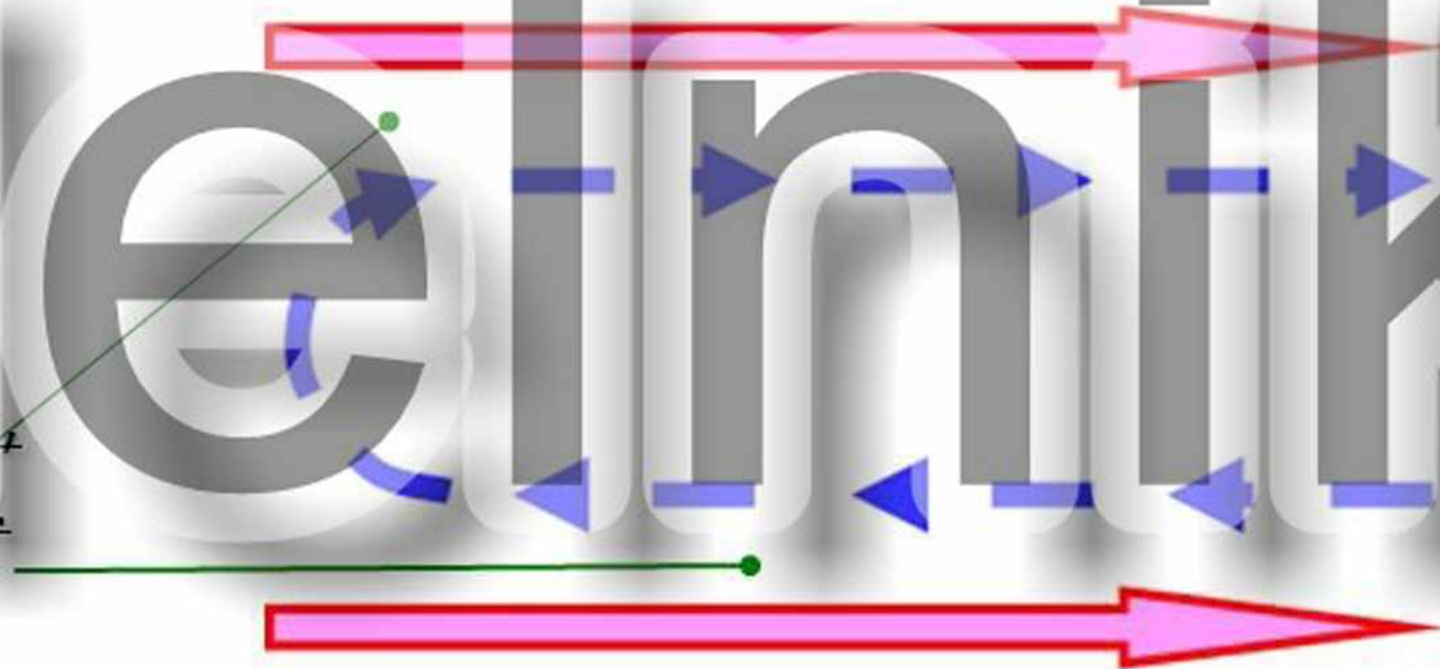
Протитечія

Протитечія – коли два теплоносії рухаються паралельно, в протилежних напрямках.

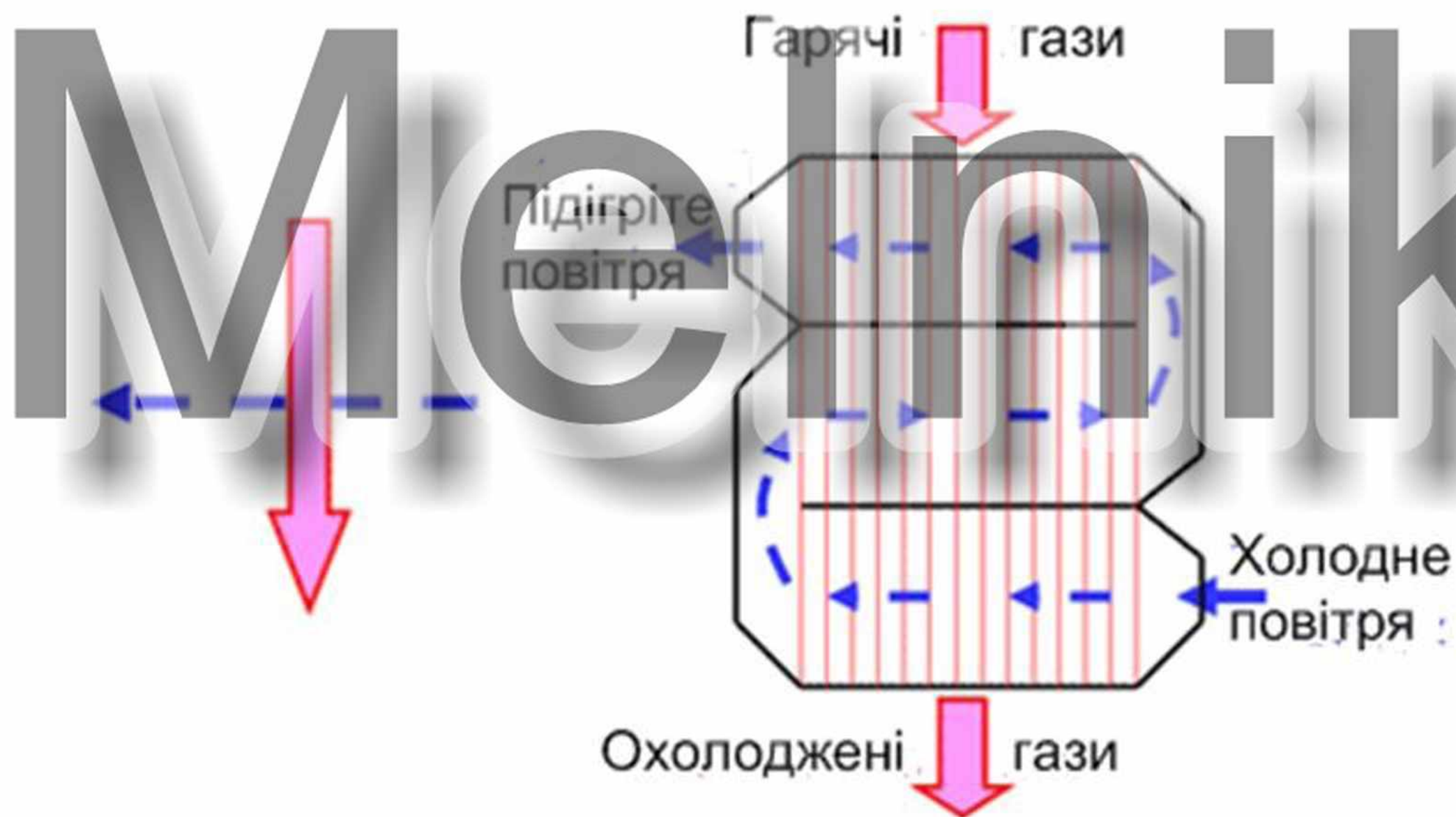


Змішана

Змішана -
це коли
теплоносії
рухаються
то прямотечійно,
то протитечію.



Перехресна течія



Основи теплового розрахунку ТА

- Такий розрахунок буває двох видів: **перевірний** – коли є апарат, а перевіряють, чи задовільняє він вимогам регламенту(чи має він потрібну потужність по видачі продукту, або чи забезпечить потрібний температурний режим) і **проектний** – коли створюють новий апарат під технологію (тобто, проектним розрахунком визначають площу робочої поверхні теплообмінника, яка являється вихідним параметром при його проектуванні).
- Обидва типи розрахунку базуються на двох рівняннях: **теплового балансу(1):** $Q_1 = Q_2 + Q_{втр}$ та **рівнянні теплопередачі(2):** $Q = kF\Delta t$, де Q_1 і Q_2 - відповідно кількість теплоти, яка віддана гарячим теплоносієм і яка прийнята холодним теплоносієм (в загальному $Q = mc\delta t$ - тобто, кількість теплоти, яку потрібно віддати гарячій рідині і отримати холодній, щоб температура її змінилася на δt , якщо нехтувати тепловтратами); $Q_{втр}$ - втрата теплоти в НС.
- Добуток $m \cdot c = W$ - називають-Повітряний еквівалент.

- Врівнянні теплопередачі (2):

$$k = \frac{1}{1/\alpha_1 + \sum \delta_i / \lambda_i + 1/\alpha_2} \quad \text{- коефіцієнт теплопередачі, (для плоскої стінки)}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{ж}}}{\ln(\Delta t_{\text{б}} / \Delta t_{\text{ж}})} \quad \text{середньологарифмічний температурний напір.}$$

- Якщо потрібно провести перевірний розрахунок, то обчислюють Q з рівняння теплопередачі (2), попередньо обчисливши k та Δt , і після цього значення Q використовують для обчислення t чи δt з рівняння (1).
- Для проектного розрахунку навпаки, обчислюють Q з рівняння (1), а з (2) підраховують потрібну поверхню нагріву F . З цього виходить, що задача знаходження F зводиться до обрахування k і усереднення по всій поверхні температурного напору.

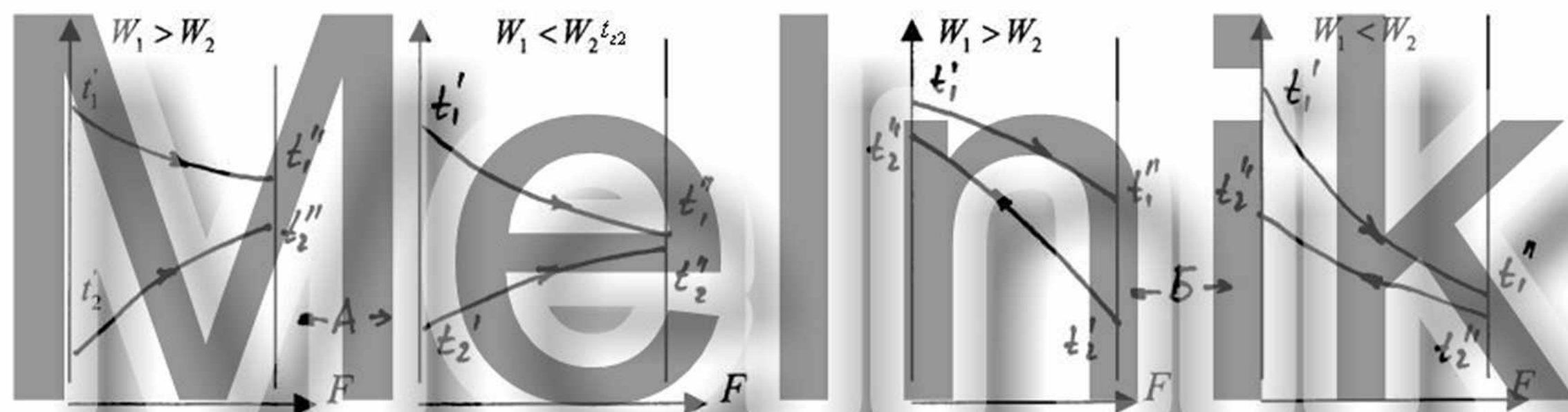
- При цьому, у формулі для визначення коефіцієнта теплопередачі α - може бути не тільки коефіцієнтом конвективної тепловіддачі, але й і променистої, тобто $\alpha = \alpha_k + \alpha_{пр}$ (особливо актуально, якщо робоче тіло газ з високою температурою). Коефіцієнти конвективної тепловіддачі розраховують за допомогою відповідних критеріальних рівнянь для відповідних видів тепловіддачі, або з емпіричних рівнянь, які отримані для окремих рідин. Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням може бути знайдений з рівнянь Ньютона-Ріхмана та Стефана-Больцмана, або з відповідних номограм. Якщо ж робоче тіло непрозоре для теплових променів, наприклад вода, то $\alpha_{пр} = 0$.
- Крім теплового розрахунку ТА проводять їх гідравлічний розрахунок, в якому враховують гідравлічні опори теплоносіїв, потужність насосів, втрати енергії і т.п.

Таблица 7.1

Теплоноситель	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·К), при движении	
	вынужденном	свободном
Газ — газ	10...40	4...12
Газ — жидкость	10...60	6...20
Конденсирующийся пар — газ	10...60	6...12
Жидкость — жидкость:		
для воды	800...1700	140...340
для масел, углеводорода	120...270	30...60
Конденсирующийся водяной пар — вода	800...3500	300...1200
Конденсирующийся водяной пар — органическая жидкость	120...340	60...170
Конденсирующийся пар органической жидкости — вода	300...800	230...460
Конденсирующийся водяной пар — кипящая жидкость	—	300...2500

Зміни температури однофазних рідин обернено пропорційні їхнім W :

$$\frac{\delta t_x}{\delta t_z} = \frac{t_{x2} - t_{x1}}{t_{z1} - t_{z2}} = \frac{W_z}{W_x}$$

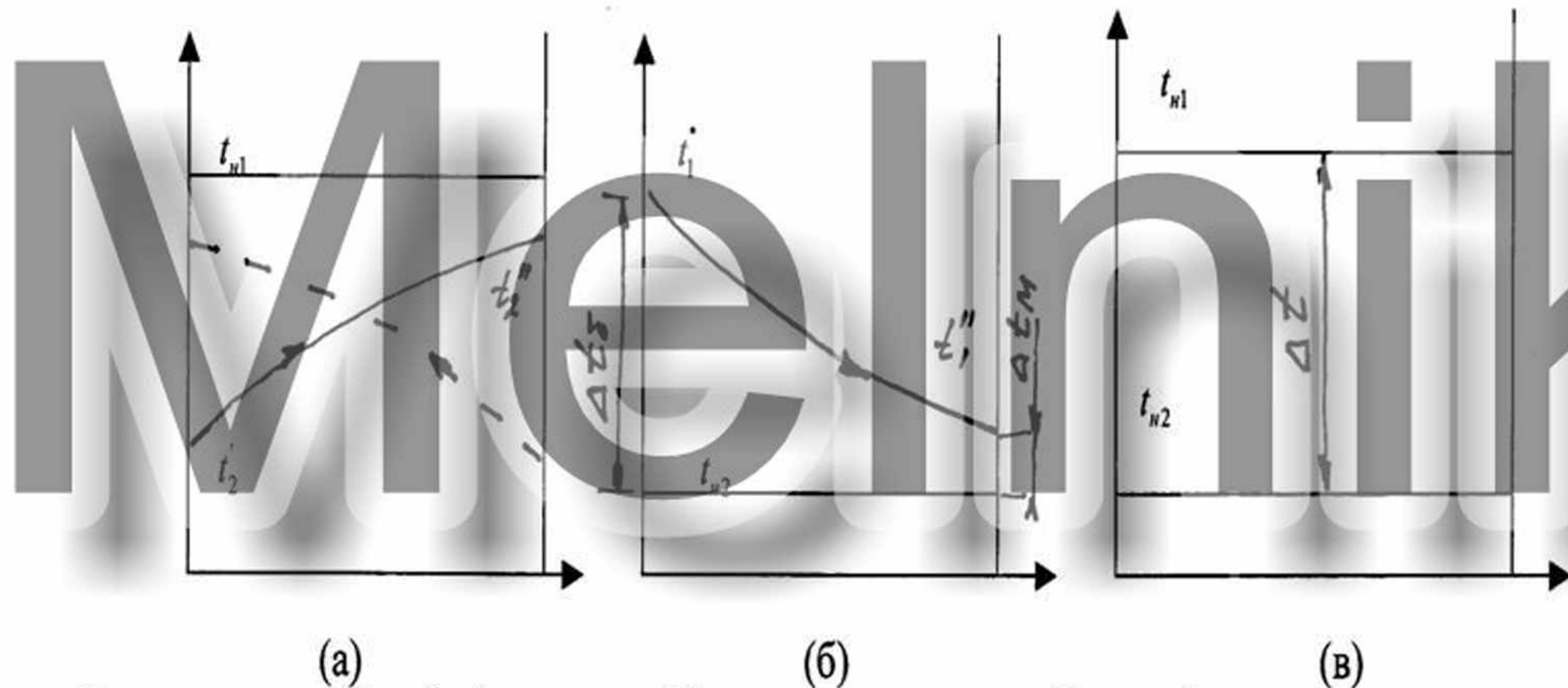


• прятотечійна

протитечійна

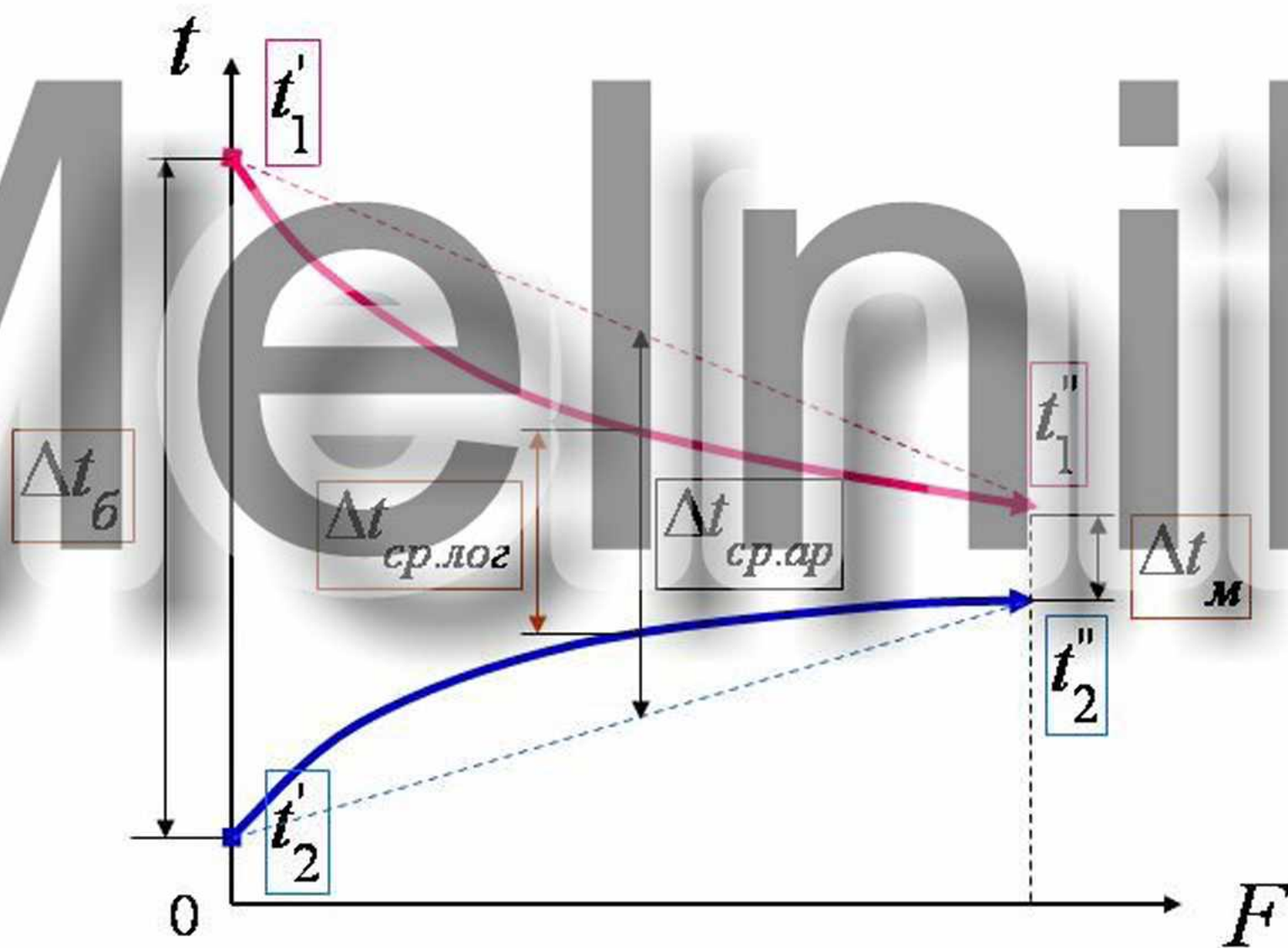
Якщо t_{x1}, t_{x2}, t_{z1} та t_{z2} однакові парами, то для протитоку маємо більший середній напір, тобто, протитокова схема дає більші теплову та масову видатності апарату. Ця перевага меншає, якщо W_{Γ} та W_x дуже відрізняються одне від одного і зовсім зникає, якщо одна з рідин міняє свій фазовий стан – кипить ($W_x = \infty$) чи конденсується ($W_{\Gamma} = \infty$).

Криві зміни температури поверхні нагріву ТА за умови фазових перетворень (а і б - кипіння та конденсація одного з теплоносіїв; в - фазові перетворення обох теплоносіїв).

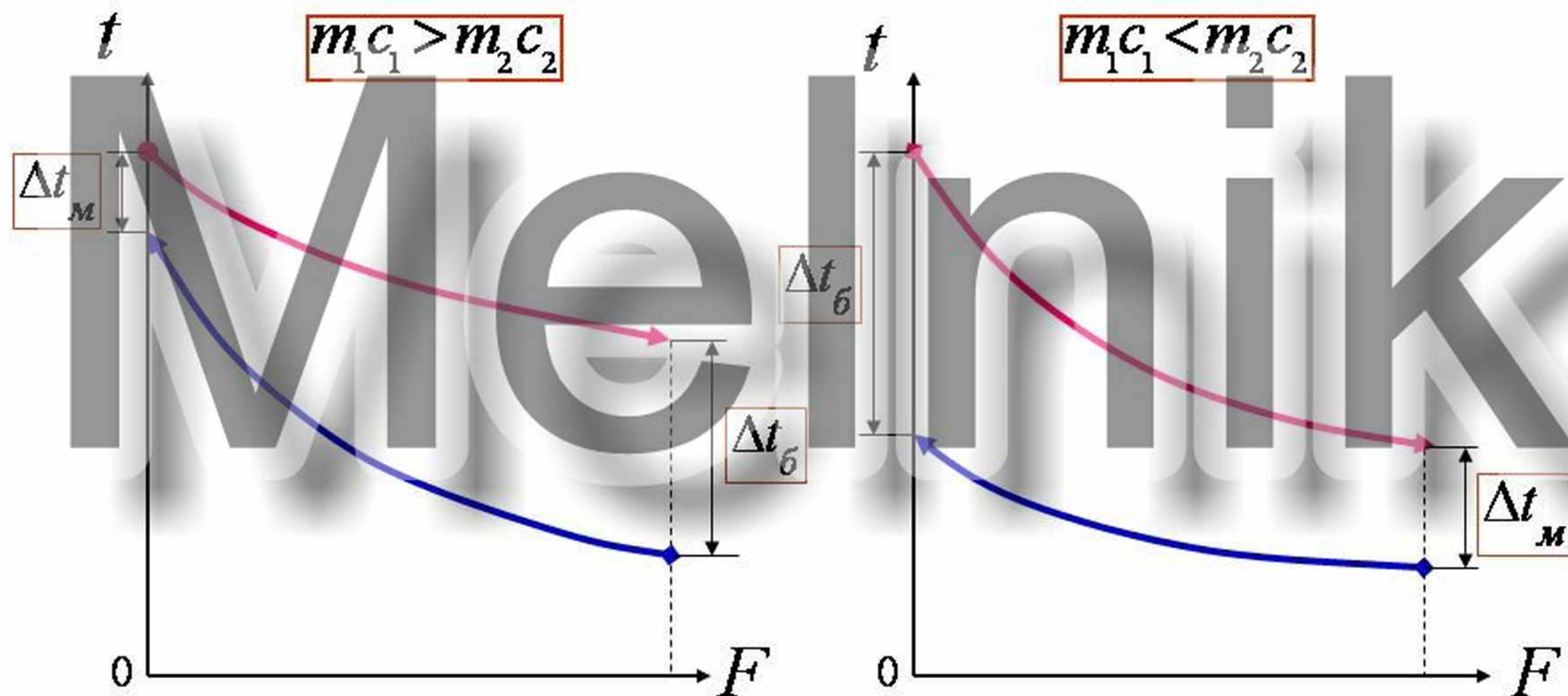


- Для апаратів (в) середній температурний напір визначають як різницю температур насичення гріючої та вторинної пари, що утворилася при кипінні рідини: $\overline{\Delta t} = t_{н1} - t_{н2}$, де температури насичення беруть з таблиць термодинамічних властивостей пари та рідин залежно від абсолютного тиску пари.

Зміна температур теплоносіїв при прямотечійній схемі руху



Зміна температур теплоносіїв при протитечійній схемі руху



Якщо $\Delta t_m > 0,6 \Delta t_6$, то заміна середньологарифмічного температурного напору на середньоарифметичний $\Delta t = (\Delta t_6 + \Delta t_m) / 2$ дає похибку $< +3\%$.

Переваги та недоліки різних схем руху теплоносіїв в ТА.

- Якщо t_1', t_1'', t_2' та t_2'' однакові парами, то для протитоку маємо більший середній напір Δt , тобто, протитокова схема дає більші теплову та масову видатності апарату.
- Протитокова схема має ще одну перевагу – можна нагріти холодну рідину до температури, вищої від t гарячого теплоносія на виході – і це є дуже важливим при використанні низькопотенційних джерел теплоти для теплиць і т.п. Крім того, у випадку протитоку при однаковому відборі теплоти витрата гарячого теплоносія менша!!!
Єдиний її недолік – це нерівномірність температури стінки і він стає актуальним, коли обидві рідини мають високі температури, тому пароперегрівники котлів з високими параметрами роблять у зоні високої температури газів та пари прямотоківими, а в зоні, де температура стінки не може досягти критичного значення, – противотоковими.