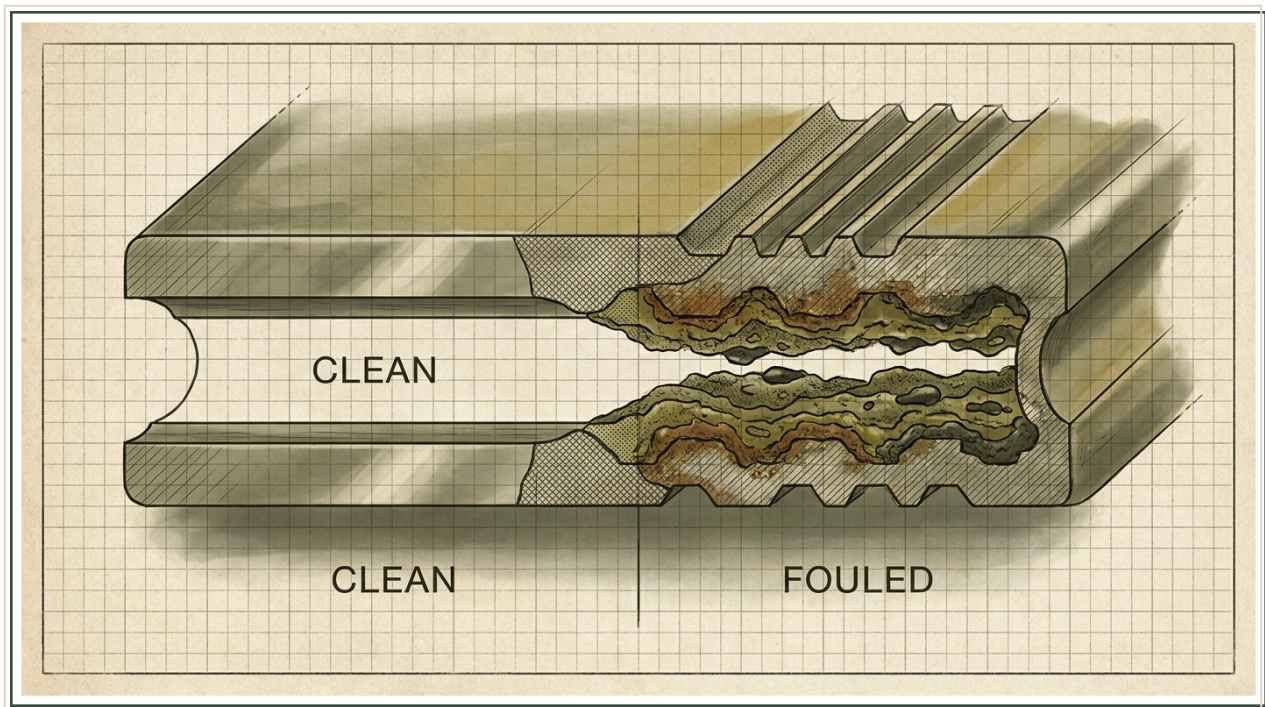


Загрязнение теплообменника и коэффициент запаса

эксплуатация и ресурс

Как загрязнение снижает мощность теплообменника и какой коэффициент запаса площади закладывать: таблицы $R_{\text{загр}}$ по типам отложений и β по качеству воды, риск переразмеривания.



Слой отложений на пластине как дополнительное термическое сопротивление

Новый чистый теплообменник и он же через два отопительных сезона — это два разных аппарата по тепловой мощности. Разница — в слое отложений, который садится на пластины и работает как дополнительная тепловая изоляция. Чтобы аппарат держал режим не только на пуске, но и в конце сезона, в расчёт закладывают коэффициент запаса.

Коротко

Загрязнение добавляет термическое сопротивление $R_{\text{загр}}$ в цепочку теплопередачи, снижая коэффициент k . Запас площади компенсирует это: аппарат берут с избытком поверхности, чтобы «грязным» он всё ещё выходил на режим.

1. Как загрязнение снижает мощность

Отложения включаются в сумму термических сопротивлений последовательно со стенкой:

$$1/k = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda_{\text{ст}} + R_{\text{загр}1} + R_{\text{загр}2} + 1/\alpha_2$$

$R_{\text{загр}}$ — термическое сопротивление слоя отложений, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$, с каждой стороны

Даже тонкий слой накипи бьёт больно: теплопроводность карбоната кальция $\sim 2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, а стенки пластины из нержавейки $\sim 15 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Полмиллиметра накипи по сопротивлению эквивалентны нескольким миллиметрам стали.

Отложение	λ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	Типовое $R_{\text{загр}}$, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$
Чистая стенка (нерж.)	~ 15	0

Отложение	λ , Вт/(м·К)	Типовое $R_{\text{загр}}$, м ² ·К/Вт
Карбонатная накипь	1,5-2,5	0,0002-0,0009
Биоплёнка / ил	0,5-0,7	0,0003-0,0012
Оксиды железа (шлам)	1,0-1,5	0,0002-0,0007
Масляная плёнка	0,1-0,2	0,0004-0,001

2. Коэффициент запаса площади

Запас задают либо через $R_{\text{загр}}$ напрямую в расчёте k , либо простым коэффициентом запаса площади β , на который умножают расчётную поверхность:

$$F_{\text{проект}} = \beta \cdot F_{\text{расч}}, \quad \beta = 1,1 \dots 1,3$$

β — коэффициент запаса; $F_{\text{расч}}$ — площадь для чистого аппарата

Качество воды / условия	Рекомендуемый β	Комментарий
Умягчённая, ГВС закрытая схема	1,10-1,15	мало отложений
Сетевая вода, отопление	1,15-1,20	типичный случай
Жёсткая вода, открытый водоразбор	1,20-1,30	высокий риск накипи
Загрязнённые / технологические среды	1,25-1,40	по опыту эксплуатации

Частая ошибка

Закладывают избыточный запас «на всякий случай» — $\beta = 1,5$ и выше. Переразмеренный аппарат работает на низких скоростях, турбулентность слабеет, и он загрязняется быстрее. Избыточный запас провоцирует ту самую проблему, от которой защищает.

3. Запас против переразмеривания

Правильный запас — это баланс. Мало запаса — аппарат «сядет» к концу сезона и не подаст тепло. Много запаса — низкие скорости, слабая самоочистка гофры, ускоренное обрастание, плюс лишние деньги за металл. Ориентир для воды-воды: $\beta = 1,15-1,20$, с корректировкой по жёсткости и типу схемы.

4. Частые вопросы

Какой запас площади закладывать в теплообменник?

Для чистой умягчённой воды 10-15 %, для типовой сетевой 15-20 %, для жёсткой воды и открытого водоразбора 20-30 %. Больше 30-40 % оправдано лишь для заведомо грязных сред.

Почему нельзя брать запас «с большим избытком»?

Переразмеренный аппарат работает на низких скоростях: падает турбулентность, слабеет самоочистка гофры, и он загрязняется быстрее. Избыток запаса ускоряет деградацию.

Как загрязнение связано с коэффициентом теплопередачи?

Слой отложений добавляет термическое сопротивление $R_{\text{загр}}$ в формулу $1/k$, снижая k . Даже доли миллиметра накипи из-за низкой теплопроводности заметно режут мощность.

5. Глоссарий

Термин	Определение
R _{загр}	Термическое сопротивление слоя отложений, м ² ·К/Вт — вход в формулу коэффициента k.
Коэффициент запаса β	Множитель к расчётной площади, компенсирующий будущее загрязнение.
Fouling	Обобщённый термин для загрязнения теплопередающей поверхности отложениями.
Переразмеривание	Избыточная площадь, ведущая к низким скоростям и ускоренному загрязнению.

**Не уверены в расчёте — спросите инженера**

Онлайн-подбор, методики и таблицы: msmteplo.ru

Инженер-консультант онлайн: [задать вопрос](#)

Телефон: 8 (800) 302-58-75 · E-mail: zakaz@msmteplo.ru

МСМ-ТЕПЛО — устройство, расчёт и подбор теплообменного оборудования.

Наведите камеру телефона на QR — откроется онлайн-консультант.

Темы документа: загрязнение теплообменника, коэффициент запаса, запас площади, fouling, R загрязнения, накипь