

# Повышение эффективности теплообменных аппаратов за счёт конструктивных мероприятий и применения специально профилированных поверхностей теплообмена



# Тяжёлые условия эксплуатации теплообменного оборудования

- Возможное отсутствие водоподготовки
- Возможное отсутствие деаэрации
- Теплотрассы из углеродистых труб
- Низкий уровень обслуживания

#### влияют на его работу:

- Загрязнение теплообменных труб
- Выход теплообменных труб из строя
- Снижение эффективности теплообмена
- Сложный и дорогостоящий ремонт и обслуживание
- Выход аппарата из строя

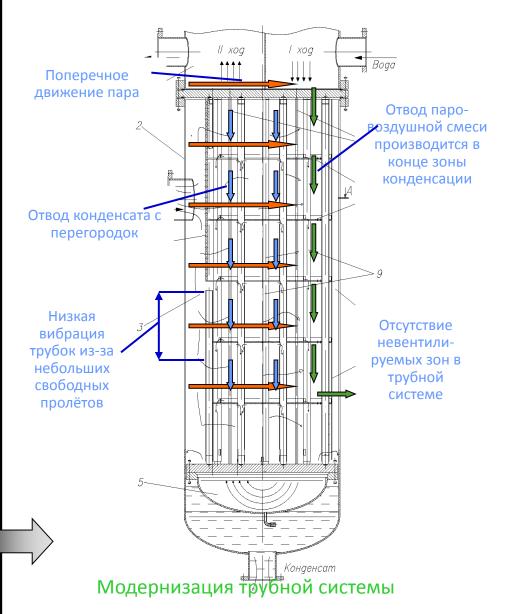


# Применяемое в системах теплоснабжения теплообменное оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:

- Эффективность на современном уровне
- Надёжность работы
- Ремонтопригодность (разборное исполнение)
- Малые габариты
- Возможность обслуживания и ремонта на месте эксплуатации
- Доступные расходные материалы и запчасти

# Вертикальный подогреватель по ОСТ 108.271.101-76

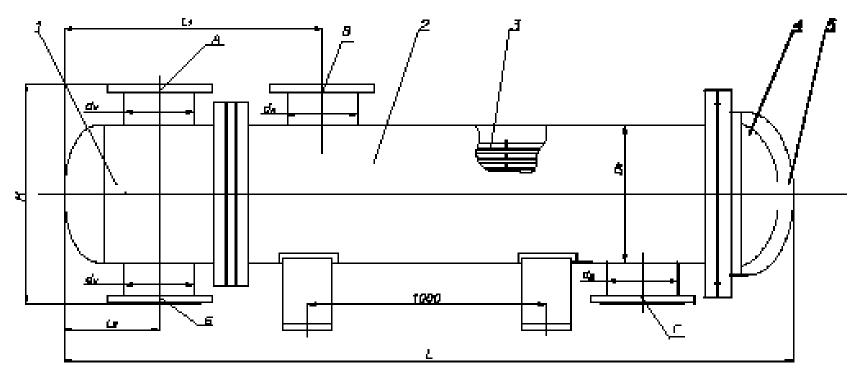
## Реконструкция трубных систем сохраняемых в эксплуатации аппаратов ПСВ



#### Варианты модернизации подогревателей ПСВ

No		Примерное рас-	Т
вари	Техническая характеристика	чётное повыше-	В
	объёма работ при модернизации	ние тепловой эф-	T
		фективности, %	K
I	Трубный пучок сохраняется;	•	Ī
	вводится наружный кожух; трубная		п
	система преобразуется в		Л
	одноходовую по пару; пар движется		3
	через трубную поверхность,		T
	соответствующую И ходу воды к	12-15	Б
	поверхности, относящейся к І ходу		Т
	воды; вводятся дополнительные		Ľ
	элементы по частичному сбору и		1
	отводу конденсата и паровоздушной		I.
	смеси из зон конденсации пара.		C
II	Полная разборка пучка, замена		Ī.
	изношенных трубок, перегородок и		К
	анкерных связей, сохранение		K
	трубных досок (возможное); более		В
	полная реализация мероприятий по	20-25	
	варианту I в части сборки и отвода	20-23	
	конденсата пара и паровоздушной		
	смеси из зон конденсации пара,		
	введение кожуха на трубном пучке;		
	установка новых анкерных связей.		
III	Сохранение исходного каркаса		I.
	трубной системы, полная замена		Π
	гладких теплообменных труб на		Γ
	профильно-витые; полная		
	реализация мероприятий по сбору и	30-35	
	отводу конденсата пара и		
	паровоздушной смеси из зон		
	конденсации пара; кожух на пучке		
	не устанавливается		L
IV	Сохранение трубных досок, полная		Π
	замена изношенных гладких труб на		0
	профильно-витые; замена		
	перегородок и анкерных связей;		
	введение наружного кожуха на	40-45	
	трубной системе; наиболее полная		
	реализация систем сбора и отвода		
	конденсата и отвода паровоздушной		
	смеси из зон конденсации.		L

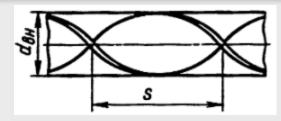
## Вариант малогабаритных разборных водо-водяных подогревателей



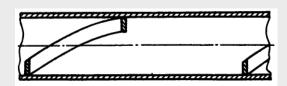
- Полная разборность
- Основные операции могут выполняться без выемки пучка
- Не требуются уникальные и дорогостоящие запчасти
- Обслуживание персоналом средней квалификации
- Коэффициент теплопередачи на уровне 3500 ккал/м2⋅ч⋅°С



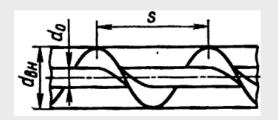
#### Некоторые виды интенсифицирующих труб



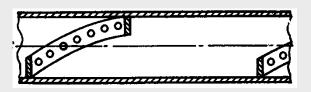
Трубы с закрученными лентами



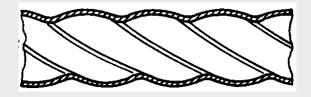
Трубы со спиральными вставками



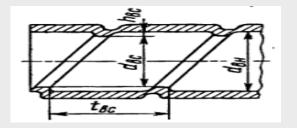
С применением непрерывного шнекового завихрителя



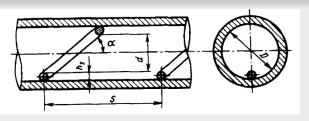
Трубы с перфорированными вставками



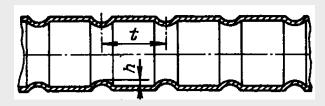
Профильно-витые трубы



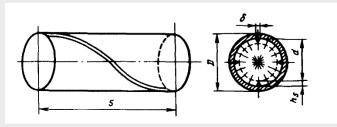
Трубы с винтообразными выступами



Трубы со спиральными винтовыми вставками



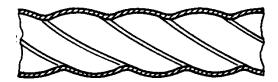
Каналы кольцевой накаткой

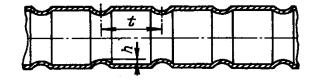


С внутренним винтовым оребрением



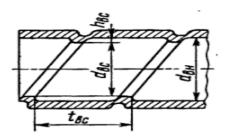
# Основные способы интенсификации, применяемые в теплообменных аппаратах теплоснабжения.



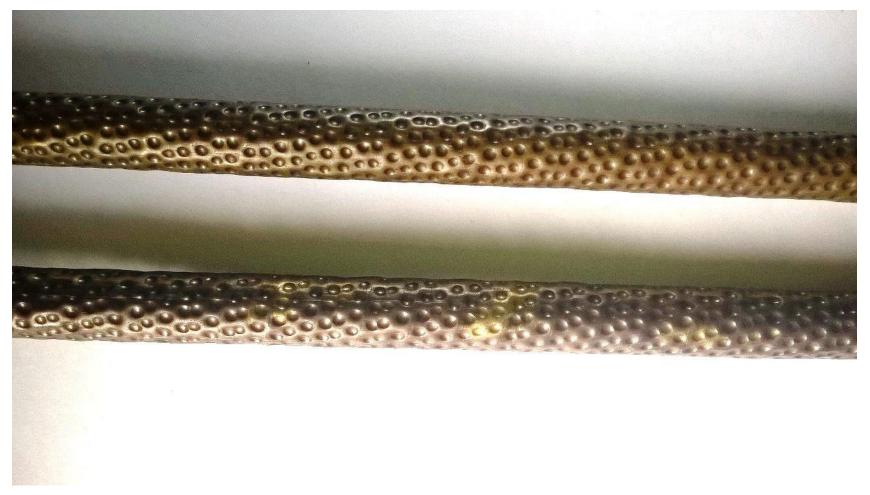


Спиральные профилированные трубы

Каналы с чередующимися кольцевыми выступами (впадинами)

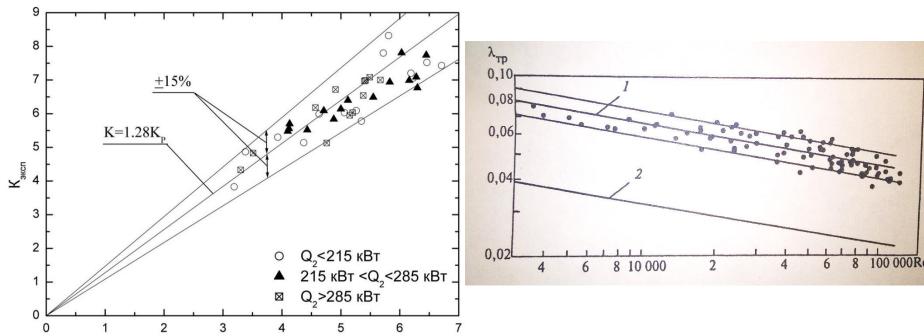


Трубы с винтообразными выступами (впадинами)



Теплообменные трубы с искусственной дискретной шероховатостью

## Сравнение тепловых и гидравлических характеристик труб с искусственной дискретной шероховатостью и гладких



Сопоставление экспериментальных значений коэффициента теплопередачи для труб с искусственной дискретной шероховатостью ( $K_{\mbox{\tiny эксп}}$ ) с расчетными значениями для гладких труб ( $K_{\mbox{\tiny pac}}$ )  $K_{\mbox{\tiny pac}}$   $K_{\mbox{\tiny pac}}$ 

Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления трения для поверхностей с искусственной дискретной шероховатостью (1) и гладкой (2)

$$K_{_{\text{О},\text{I}}} = 1.28 \cdot K_{_{\text{Г},\text{I}}}$$

## Установка подогрева сетевой воды с подогревателями ПСВ Тепловые характеристики

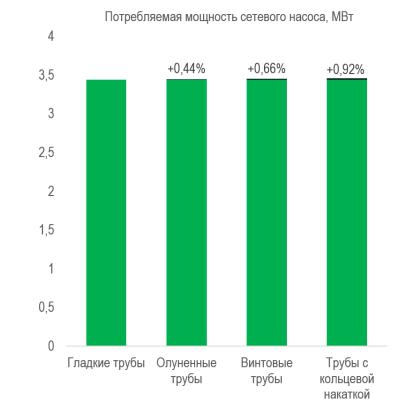
Подогреватель	Параметр	Гладкие трубы	С искусств. шероховатостью	Профильно-витые	С кольцевой накаткой
	Коэффициент теплопередачи Вт/(м²К)	3335	4268 +28%	3918 +17,5%	4184 +25,5%
IICD-I	Расчётная поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	333,4	260,5 -21,9%	283,8 -14,8%	265,7 -20,3%
	Коэффициент теплопередачи Вт/(м²К)	3742	4789 +28%	4190 +12%	4649 +24,2%
ПСВ-2	Расчётная поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	495,5	387,1 -21,9%	442,5 -10,7%	398,8 -19,5%
ПСВ-3	Коэффициент теплопередачи Вт/(м²К)	4026	5153 +28%	4411 +9,6%	4975 +23,6
	Расчётная поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	309,9	242,1 -21,9%	282,8 -8,7%	250,7 -19,1%

### Гидравлические характеристики

Потери напора, кПа

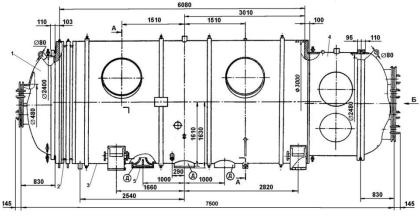
Тип труб	ПСВ-1		ПСВ-2		ПСВ-3		Суммарно	
Гладкие трубы	22,5	-	30,4	-	22,6	-	75,5	-
С искусств. шероховатостью	32,8	+10,3	45,6	+15,2	32,8	+10,2	111,2	+35,7
Профильно-витые	37,7	+15,2	54,9	+24,5	39,4	+16,8	132	+56,5
Трубы с кольцевой накаткой	44,9	+22,4	63,9	+33,5	45	+22,4	153,8	+78,3

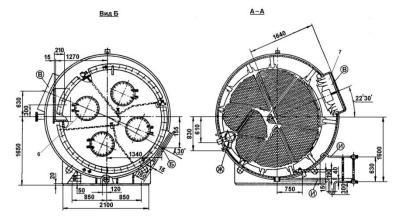




# Установка подогрева сетевой воды ТЭЦ с подогревателями ПСГ-2300

	ПСГ-2300-2-8	ПСГ-2300-3-8
Число трубок, шт	4999	4999
Длина трубок, мм	6080	6080
Наружный диаметр трубок, мм	24	24
Толщина стенки трубок, мм	1	1
Число ходов по воде	2	2
Максимальное давление пара, МПа	2	3
Площадь сечения по воде	0,95	0,95
Тепловая производительность, Гкал/ч	175	175
Гидравлические потери напора, м	2,2	2,2
Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup>	2300	2300
Направление трубок	горизонтальное	горизонтальное
Максимальный расход воды, т/ч	5000	5000
Максимальное число рядов трубок по вертикали в диаметральном сечении пучка горизонтальных трубок, шт	53	53
Длина трубок между соседними перегородками, м	1	1
перегородиший, и		





#### Национальный исследовательский университет ©Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

#### Сравнение результатов испытаний и номинальных значений

		ПСГ-2300	)-2-8	ПСГ-2300-3-8		
Параметр	Опыт	Расчет	Отклонение от расчетного значения %	Опыт	Расчет	Отклонение от расчетного значения %
Температура насыщения пара,°С	89,6	74,2	21	97,6	93,5	4
Давление пара, МПа	0,069	0,037	86	0,093	0,080	16
Недогрев, °С	20,6	5,2	296	7,6	3,5	117
Коэффициент теплопередачи, <sup>Вт</sup> <sub>м².°С</sub>	1872	4167	55	3233	4748	32
Потери напора, кПа	20,0	20,3	1,5	20,0	20,1	0,5



## Сравнение характеристик сетевых подогревателей до и после применения интенсификации теплообмена

	ПСГ	-2300-2-8	ПСГ-2300-3-8			
Параметры	Текущее состояние	интенсификации		С использованием интенсификации теплообмена		
Расход воды, т/ч		480	0			
Температура на входе, °С		45	69			
Температура на выходе, °С		69	90			
Давление пара в отборе, $\frac{\kappa_{\Gamma C}}{c_{M}^{2}}$	0,0690	0,0334	0,0930	0,0743		
Недогрев сетевой воды, °С	20,6	2,6	7,6	1,5		
Коэффициент теплопередачи, $\frac{{ m BT}}{{ m M}^2 \cdot { m °C}}$	1872	5637	3233	6551		
Потери давления по сетевой воде, кПа	20,0	34,3	20,0	33,8		



### Оценка эффективности модернизации

- 1. Недогрев \ в 5-8 раз
- 2. Затраты на собственные нужды 🦯 на 55 кВт
- 3. Экономия топлива в среднем 2900 тут/год (12,2 млн.руб.)
- 4. Срок окупаемости проекта 1,3 года



# Благодаря договорам о сотрудничестве с производственными компаниями имеем возможность изготовления и поставки широкого спектра теплообменных аппаратов и выполнения комплексных работ «под ключ».

Приглашаем к сотрудничеству.

Спасибо за внимание!