

РАЗРАБОТКА ИЛЛЮСТРИРОВАННОГО КЛАССИФИКАТОРА СБОРКИ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ ТЕПЛООБМЕНА

Мячикова Н.И.¹, к.т.н., доц., Ремнев А.И.¹, д.т.н., доц.,

Куценко В.Н.², к.т.н., доц., Луценко М.П.¹, студент

*¹ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»), г. Белгород*

²Региональный открытый социальный институт, г. Курск

Разработке новых способов сборки соединений труб с тонкой трубной решеткой (ТТР) способом осевого деформирования (осаживания) послужили работы, в основу которых была положена технология закрепления труб с ТТР толщиной до 12 мм. В отличие от других способов, способ осевого деформирования позволил успешно производить сборку трубы из цветных металлов в ТР толщиной как менее, так и более 12 мм. Предложенная технология сборки соединений Т-Р позволила применить технологию изгиба оребренных монометаллических и биметаллических труб в змеевиковые элементы с минимальным и минимально возможным радиусами изгиба, что обеспечило уменьшение габаритов систем теплообмена (СТ) при сохранении теплообменных характеристик [1-5].

Обеспечение соединениям труб с ТТР толщиной до 12 мм максимально возможного качества по герметичности и прочности соединений Т-Р является основной задачей при разработке, проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте СТ.

При разработке иллюстрированного классификатора для новых типов соединений Т-Р, которые условно разбиты на шесть основных классов, имеющих цифровое обозначение для конкретного типа соединения Т-Р. Группирование соединений Т-Р в конкретный класс выполняется по определяющему признаку данного класса, к которому относится способ формирования соединения Т-Р (сборки) с получением на оболочке трубы гоф-

ра, полутора, отбортовки и других элементов, что и определяет класс соединения Т-Р с характерным признаком.

Таким образом, все предложенные типы соединений Т-Р по характерному признаку можно классифицировать шестью классами сборки соединений Т-Р по наличию: радиального расширения трубы в ТТР; радиального расширения трубы в отверстии ТТР и сборки соединения Т-Р посредством двух гофр; радиального расширения трубы в ТР и формированию на ее конце отбортовки; радиального расширения трубы в ТР и формированию полуторового воротника (полутора); радиального расширения трубы в ТР и формированию клинового и комбинированного соединения Т-Р.

Количество характеристик должно быть достаточным для описания любого из представленных соединений Т-Р. Каждый класс в зависимости от типа ТР, типа выполнения отверстия в ней и его дополнительных признаков содержит три подкласса, имеющих цифровое и буквенное обозначение. С помощью букв обозначаются дополнительные характеристики соединения Т-Р для разделения групп подклассов и упрощения кодировки при отсутствии одного из параметров (табл. 1).

Класс герметичности соединения Т-Р, характеризуется степенью обжатия уплотнительного элемента, зависящего от его материала и способа сборки соединения Т-Р, который оценивается в баллах от 1 до 10. Классы прочности и технологии получения соединения Т-Р оцениваются в баллах от 1 до 10. Путем компоновки различных конструктивных элементов соединений Т-Р было разработано более 80 новых типов соединений Т-Р. Схема кодирования соединений Т-Р с характерными признаками приведена на рис. 1.

Кроме того, при разработке иллюстрированного классификатора соединений Т-Р необходимо учитывать технологию их получения, то есть способ закрепления Т-Р, которая не является элементом соединения Т-Р и

не приведена в таблице 2.10, но представляет технологию их сборки соединений следующими идентификаторами: 1 – с образованием радиального натяга; 2 – с образованием радиального и осевого натягов; 3 – с образованием сварного соединения Т-Р и радиального натяга, то есть комбинированного соединения.

Таблица 1 – Иллюстрированный классификатор выбора соединений СТ (фрагмент)

Номер класса	Характерный признак соединения	Подкласс соединений			Класс герметизации соединения		Класс герметичности соединения	Класс прочности соединения	Класс технологии получения соединения	Эскиз соединения
		Тип трубной решетки	Тип отверстия	Дополнительные признаки	Тип уплотнительного элемента	Дополнительные признаки уплотнителя				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Соединения с радиальным расширением трубы в решетке	1	2	5	0	0	1	1	1	
		1	2	5	1	2В	2	1	1	
		1	2	5	0	0	1	1	1	

Выбор рационального варианта соединений Т-Р и основных технологических параметров технологии сборки СТ достаточно сложная и трудоемкая задача, для решения которой, были разработаны единый классификатор соединений труб с ТТР, программы расчета и выбора соединений на ЭВМ, позволяющих значительно упростить выбор требуемого варианта соединения Т-Р. Количество характеристик, охватываемых классификатором, должно быть достаточным для выбора, оценки и описания любого из представленных соединений Т-Р (рис. 2).



Рисунок 1 – Схема кодирования соединений Т-Р к иллюстрированному классификатору для их выбора

При технологической проработке выбора рационального варианта сборки соединений Т-Р (см. рис. 3) из совокупности технологических процессов сборки труб с ТТР формируются множество вариантов соединений

$$T-P: T = \bigcap_{\eta \in L} t_{\eta}, \text{ где } L = \{1, 2, \dots, \alpha\}.$$

При конструкторской проработке выявляется совокупность конструктивных особенностей, как известных конструкторских решений, так и оригинальных, совокупность которых способствует приобретению соединению Т-Р качественных свойств: $K = \bigcap_{\mu \in M} k_{\mu}$, где $M = \{1, 2, \dots, \beta\}$.

По каждому варианту технологического процесса сборки труб в отверстиях ТР, варьируя конструктивными элементами соединения Т-Р, формируется множество конструкторских решений: $R = \bigcap_{\rho \in N} r_{\rho}$, где

$$N = \{1, 2, \dots, \gamma\}.$$

Таблиц 2 – Классификатор элементов соединения Т-Р
по технологическим признакам

Номер элемента	Наименование элемента	Тип элемента	Код	Подтип элемента	Код
1	2	3	4	5	6
1	Трубная решетка	Однослойная	1	С торцевой канавкой под уплотнительный элемент	А
		Многослойная	2	С торцевой канавкой, укрепляющей соединение	В
		Сдвоенная	3	С конусом в сторону трубы под уплотнительный элемент	С
2	Отверстие	Отбортованное	1	Отбортованное в сторону выступающего конца трубы	А
				Отбортованное в сторону пучка труб	В
				С переменным направлением отбортовки	С
		Гладкое	2	С радиальной кольцевой канавкой	Д
				С расточкой	Е
				Отбортовки навстречу друг другу	Ф
				Резерв	Г
3	Дополнительные параметры	Последующее конусное расширение трубы с осевым осаживанием	1	-	
		Последующее конусное расширение трубы развальцовкой	2		
		Конусное расширение ТР	3		
		Трубная решетка со скосами	4		
		Безгофровое соединение	5		
		Дополнительно отбортованное соединение на 180°	6		
		Применение втулки, укрепляющей узел крепления	7	-	
		Соединение выполнено в углублении, аналогичном втулке	8		
		Резерв	9		

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
4	Вид уплотнительного элемента по направлению герметизации	Не применяется	0	-	
		Применяется	1	Герметизирующий по торцу	А
				Герметизирующий в радиальном направлении	В
				Комбинированного действия	С
		Одинарный	1	Металлический или неметаллический	А
				Приклеенный неметаллический	В
		Групповой	2	Неметаллический в виде втулки	С
				Гуммированная ТР	Д
5	Труба	Не применяется	0	-	
		Применяется	1	С гибким эластичным элементом	А
		Круглая	2	Без оребрения	В
		Круглая с оребрением	3	С удаленными ребрами подкрепление	С
		Квадратная	4	-	
		Эллипсная	5	-	
		Резерв	6	-	

При анализе на технологичность из совокупности предварительных конструкторских решений формируется множество нетехнологичных конструкций соединений Т-Р: $E = \bigcap_{\varphi \in J} e_{\varphi}$, где $J = \{1, 2, \dots, \delta\}$. При этом формируются результирующие множества соединений Т-Р: $T \cap E = \{\emptyset\}$ и $K \cap E = \{\emptyset\}$.

Результатом поиска является совокупность компоновочных решений: $S = \bigcap_{\lambda \in I} s_{\lambda}$, где $I = \{1, 2, \dots, \varepsilon\}$. Формирование множества компоновочных решений происходит по условию: $S = (T \cap K) \cup E$.

Условие существования компоновочного решения соединения Т-Р

$$\text{описывается выражением: } \exists_{\lambda \in I} s_2 = \left[\left(\bigcap_{\eta \in I_1} t_\eta \right) \cup \left(\bigcap_{\mu \in I_2} k_\mu \right) \right] \cap \left(\bigcap_{\varphi \in I} e_\varphi \right).$$

При составлении типажа соединений учитывалась технология их получения, которая не является элементом узла крепления, но представлена следующими идентификаторами: 1 – с образованием радиального или осевого натяга; 2 – с образованием комбинированного соединения; 3 – с образованием металлического соединения.

В общем случае при кодировании прочности рассматриваемых соединений Т-Р учитывается сопротивление сдвигу (вырыву) трубы относительно отверстия в ТР и зависящее от ряда конструктивных и технологических факторов, которые являются функцией нескольких параметров: $P_c = f(F; d_o; H; h_T; f; \kappa_o; \sigma_o)$, где H – толщина ТР или длина пояса закрепления трубы в отверстии ТР, мм; h_T – длина выступающего конца трубы над ТР, мм; σ_o – остаточное давление в соединении Т-Р, МПа. Прочность соединения Т-Р, полученного радиальным расширением трубы в ТР (см. рис. 2), будет определяться по формуле: $P_c = \pi d_o F H f \sigma_o \kappa_o$.

Соединения Т-Р с полутором и отбортовкой (см. рис. 2) имеют сопротивление смятия (сдвига) трубы относительно отверстия ТР определяется: $\Delta P_o = \sigma_{TT} \frac{\pi(d_n - d_o)}{4}$, где σ_{TT} – предел текучести труб при смятии, МПа. Тогда прочность соединения Т-Р с полутором и отбортовкой определяется: $P_c = \pi F d_o (H f \sigma_o + 0.2 \sigma_{TT}^2)$.

В случае, когда соединение Т-Р имеет дополнительную кольцевую канавку (см. рис. 2), то сопротивление трубы вырыванию возрастает на величину $\Delta P_c = 2 \Delta P_c$.

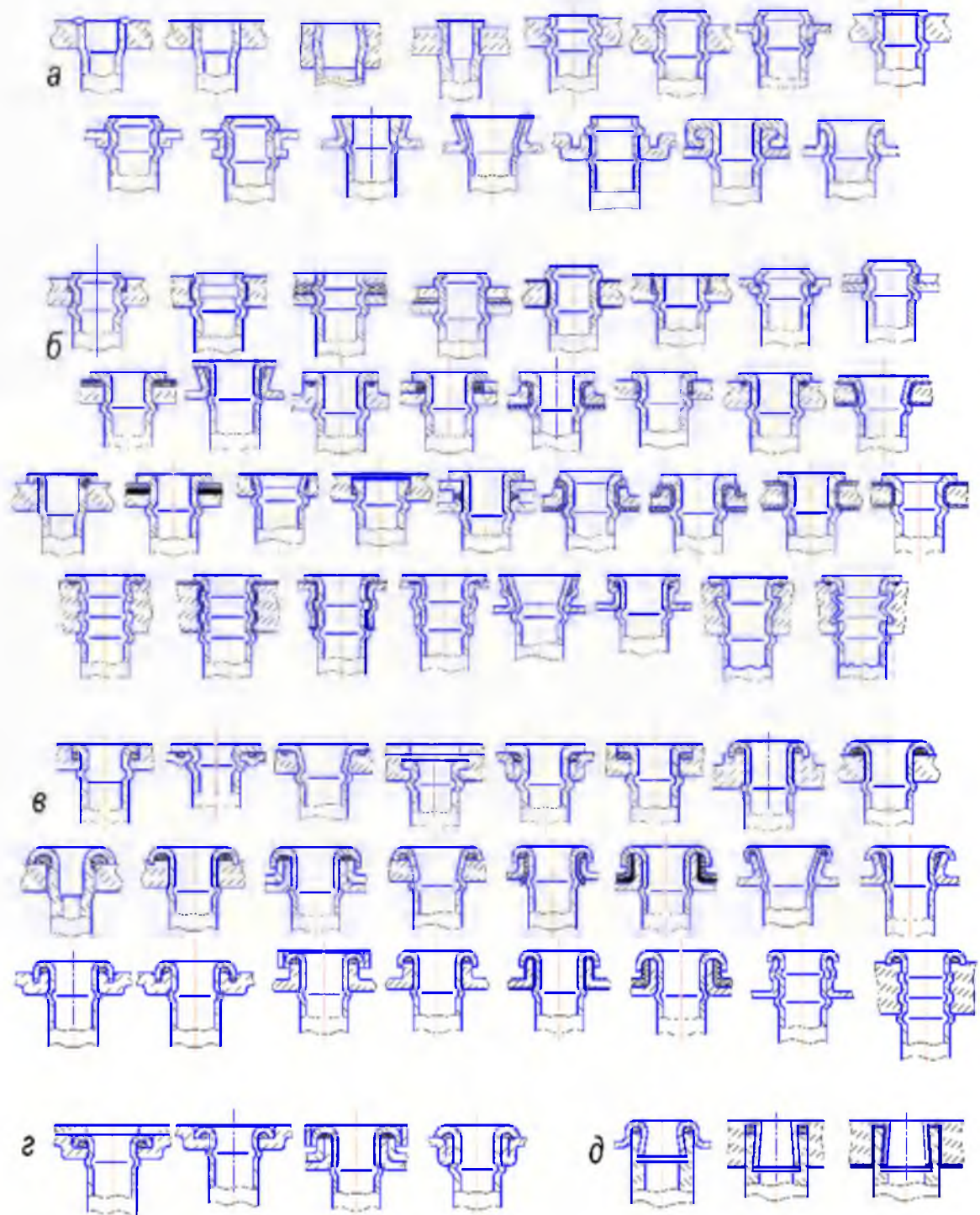


Рисунок 2 – Основные типы сборки Т-Р толщиной до 12 мм, получаемых осадкой с наличием на оболочке трубы: а – радиального расширения; б – гофра; в – гофра и отбортовки; г – гофра и полутора; д – клинового и комбинированного соединений; а, б-д – соединения без и с уплотнительным элементом соответственно

Схема получения рационального варианта компоновочного решения соединения с натягом СТ представлена на рис. 3.

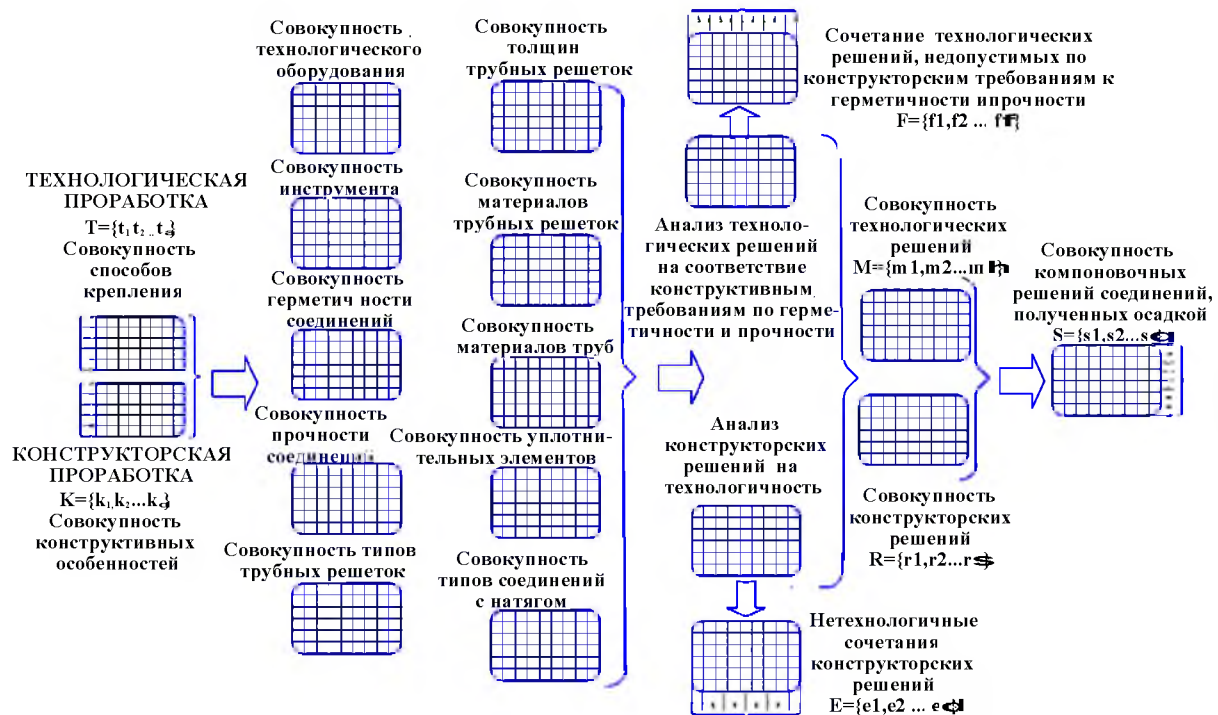


Рисунок 3 – Схема синтеза рационального варианта компоновочного решения соединений СТ, полученных пластическим деформированием

Прочность соединения Т-Р с отбортовкой трубы имеющего дополнительную кольцевую канавку в ТР (рис. 2), которая определяется: $P_c = \pi F d_o (Hf \sigma_o + 0.4 \sigma_{TT})$.

Для случая с несколькими кольцевыми канавками (см. рис. 2), прочность соединения Т-Р будет определяться по формуле: $P_c = \pi d_o [Hf \sigma_o + (0.2 \cdot n) \sigma_{TT}]$, где n – количество кольцевых канавок в отверстии ТР.

Таким образом, разработанный иллюстрированный классификатор для соединений Т-Р позволяет на стадиях конструкторской и технологической разработок обеспечить связь между предметом СТ и средствами (обо-

рудование, инструмент и оснастка) производств, а также качественные показатели по герметичности и прочности соединений Т-Р. Этот классификатор соединений Т-Р обеспечивает выбор рациональных вариантов соединений, устанавливает их свойства, максимальную унификацию новых соединений по герметичности и прочности соединений Т-ТТР и другим параметрам.

Литература

1. Ремнев, А. И. Технология производства систем теплообмена с тонкими трубными решетками [Текст] / А. И. Ремнев. – Курск. 2005. – 236 с.
2. Ремнев, А. И. Оценка качества поверхности при оребрении труб накаткой [Текст] / А. И. Ремнев, Е. И. Яцун, Л. А. Ремнева // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – Сумы, 2012. – № 1(27). – С. 51-55.
3. Ремнев, А. И. Оценка качества обработки поверхностей элементов систем теплообмена [Текст] / А. И. Ремнев, Е. И. Яцун, В. А. Тисенко // Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск, 2011. – № 6(39). – Часть 2. – С. 135-143.
4. Пат. № 2381859 (Россия) Способ получения змеевикового элемента с U-образными коленами заданной кривизны гибкой монометаллических или биметаллических оребренных труб [Текст] / А. И. Ремнев, И. С. Захаров, С. Г. Емельянов ; Опубл. 20.02.2010 в Бюл. № 5.
5. Ремнев, А. И. Организация производства по выпуску ресурсосберегающих систем теплообмена [Текст] / А. И. Ремнев, С. Г. Емельянов, Ю. С. Степанов // Известия Курского государственного технического университета – Курск, 2008. – № 2(23). – С.13-23.
6. Ремнев, А. И. Методология экспериментального определения остаточных давлений в соединениях с натягом по диаграммам деформирования [Текст] / А. И. Ремнев, В. И. Черненко, Ю. С. Степанов // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – Сумы. – 2008. – № 4(14), № 1 (15). – С. 51-55.