

УДК 637.132.35

О. В. ДЫМАР

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УП «БЕЛНИКТИММП» НАН Беларусі

Оценка технических систем по их эксплуатационным характеристикам важна на завершающем этапе патентно-информационного обзора, при проведении тендеров на закупку оборудования и т. п. Причем анализ для снижения влияния субъективных факторов должен быть максимально формализован.

Цель настоящей работы – разработка методики анализа технических систем, результаты которого позволят определить достигнутый уровень и потенциал развития, обозначить области использования систем.

Формальная часть предлагаемой методики опирается на метод инженерного прогнозирования [1].

Работу проводили путем анализа теплообменных аппаратов, используемых в молочной промышленности. Хотелось бы отметить, что работа технических систем, как правило, описывается двумя группами показателей: количественными – технические (конструктивные) характеристики и качественными – технологические возможности. Их совместное рассмотрение дает объективную картину об уровне совершенства конструкции и ее применимости в конкретных условиях.

Глобальную цель анализа сформулируем следующим образом: определить уровень развития различных типов теплообменных аппаратов. В соответствии с этим выбираем и ранжируем параметры оценки. В литературе описано множество различных показателей, характеризующих технические параметры работы теплообменника [2, 3]. Подробное их рассмотрение показывает, что отдельные из них являются синтетическими, т. е. не имеют реальной физической сути или она глубоко завуалирована, некоторые являются дублирующими или составными.

Таким образом, из всех параметров, описывающих технические характеристики оборудования, выделим и расположим в порядке убывания их значимости следующие: скорость изменения температуры, К/с; отношение площади теплообмена аппарата к его массе, м²/т; коэффициент теплопередачи при паспортной производительности, Вт/м²×К; отношение площади теплообмена теплообменника к его объему, м²/м³.

Выбор обусловлен тем, что данные для вычисления этих показателей доступны, а их совокупность достаточна для формального описания практически всех технических и конструктивных особенностей аппаратов. Единственное, что является существенным при описании работы теплообменников – гидравлическое сопротивление. Оно определяет номинальный режим работы и рабочий диапазон производительностей. Найти значение этого параметра затруднительно, поэтому он исключен из рассмотрения, а в качестве номинального режима принят паспортный режим работы.

При ранжировании параметров принималось во внимание, что наиболее комплексным параметром, к тому же имеющем значительную практическую значимость, является скорость изменения температуры обрабатываемого продукта, которая определяется типом аппарата, особенностями устройства, режимами работы, продуктом, направлением проведения процесса (нагрев, охлаждение), диапазоном рабочих температур. Коэффициент теплопередачи при номинальной производительности показывает эффективность использования теплообменных площадей аппарата. Отношение площади теплообмена к его массе определяет, в некоторой степени, стоимость устройства. Отношение площади теплообмена к его объему (компактность) определяет габариты устройства (занимаемый объем).

На следующем этапе анализа выделяем предельные уровни соответствующих параметров (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Генеральная определительная таблица (ГОТ)

Базовая оценка	Степень значимости параметра, наименование	1 – скорость изменения температуры, К/с	2 – коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ×К	3 – отношение площади теплообмена к массе, м ² /т	4 – отношение площади к объему, м ² / м ³
	Коэффициент значимости	1	1	0,75	0,50
1	Пороговые значения параметров	0,0026	290	4,2	1,4
2		0,0395	612	12,3	6,8
3		0,1919	946	23,0	16,9
4		0,5892	1290	35,9	32,4
5		1,4067	1640	50,6	53,7
6		2,8642	1996	66,9	81,0
7		5,2252	2357	84,9	114,8
8		8,7957	2721	104,2	155,2
9		13,9240	3089	125,0	202,5
10		21,0000	3460	147,0	257,0
11		30,4545	3834	170,2	318,8
12		42,7589	4210	194,7	388,0

Значение весов факторов в порядке убывания их значимости для каждого ранга можно определить либо при помощи экспертной оценки, либо, как в нашем случае, используя зависимость

$$\varphi = \frac{i}{2^i - 1}, \quad (1)$$

где φ – вес ранга; i – номер ранга в порядке убывания его значимости.

Пороговые значения оценки определялись следующим образом: находили отношение максимального значения к минимальному для известных аппаратов. Десятичный логарифм этого числа является показателем степени x в функции следующего вида:

$$Z = \frac{Z_{\max} b^x}{(n-1)^x}, \quad (2)$$

где b – базовая оценка; n – основание базовой оценки (максимальный балл для сегодняшнего состояния техники); Z_{\max} – максимальное значение параметра в начальной группе исследуемых аппаратов; Z – пороговое значение базовой оценки.

В нашем случае основание базовой оценки – 10. Аппарат с наименьшим значением параметра получает оценку 1, с наибольшим значением – 10. В случае использования полученной матрицы для оценки аппаратов, не вошедших в начальную выборку и имеющих лучшие значения параметров, они получают оценку выше базовой (табл. 1).

Зависимости порогового значения базовой оценки от значений параметров, характеризующих технический уровень аппаратов, придан степенной характер, хотя в действительности она описывается скорее логистической функцией. Это объясняется тем, что исследуемые типы аппаратов, в своей совокупности, находятся до точки перегиба общей кривой параметров всех теплообменных устройств, которые включают в себя и аппараты, основанные и на иных принципах теплообмена.

Результаты анализа исследуемых технических систем (табл. 2) позволяют оценить их уровень (3):

$$\tau = \frac{\left(\frac{q-1}{Q-n}\right)}{1-\frac{1}{n}} = \frac{\left(\frac{\sum b\varphi(i)}{n\sum\varphi(i)} - \frac{1}{n}\right)}{1-\frac{1}{n}}, \quad (3)$$

где τ – нормализованная (несмещенная) оценка; q – фактическая оценка; Q – максимально возможная оценка; $\varphi(i)$ – коэффициент значимости параметра; n – основание базовой оценки; b – базовая оценка параметра.

Т а б л и ц а 2. Результаты оценки типов аппаратов

Оценка параметров	Пастеризаторы						Охладители				
	Емкостные	Змеевиковые	С вытеснительным барабаном (ВБ)	Трубчатые	Пластинчатые	Коаксиальные	Емкостные	Оросительные	Пластинчатые СНГ	Пластинчатые (Вестфалия)	Коаксиальные
Минимальная	0,111	0,111	0,419	0,444	0,538	0,692	0,051	0,436	0,419	0,735	0,436
Максимальная	0,137	0,111	0,419	0,479	0,624	0,769	0,094	0,496	0,564	0,932	0,564

Однако, учет только количественных параметров явно недостаточен для выявления перспективных конструкций и определения сферы использования аппаратов. Поэтому его необходимо дополнить анализом технологических параметров теплообменных аппаратов.

Анализ показывает, что технологические и эксплуатационные характеристики трубчатых, пластинчатых и коаксиальных теплообменников существенно выше, чем у других групп теплообменных аппаратов. Этим и обуславливается их сегодняшнее доминирование на молочных заводах. Однако уникальные технологические свойства емкостных аппаратов, позволяющие совмещать в себе нагреватель, выдерживатель, охладитель, емкость для хранения (созревания), сохраняя при этом простоту конструкции, позволяют им до сих пор работать на заводах наряду с более совершенными тонкослойными теплообменниками закрытых конструкций. Особенно это характерно для линий низкой производительности. Тогда как змеевиковые, оросительные и устройства с вытеснительным барабаном были давно заменены более совершенными аппаратами.

Хотелось бы отметить, что ранжирование технологических факторов сильно затруднено из-за многообразия конкретных производственных требований. Ситуацию спасает то, что, как правило, при их оценке достаточно использовать два уровня «да» – «нет», а основные требования к пищевому оборудованию неизменны: асептичность, возможность работы в потоке, простота эксплуатации и санитарной обработки.

Выводы

Разработана методика оценки уровня развития технических систем, основанная на стандартных методах, используемых при инженерном прогнозировании, в которые внесены следующие изменения: ГОТ, представляющая собой ограниченную квадратную матрицу в стандартной методике, заменена на прямоугольную матрицу, неограниченную снизу. Такой подход делает возможным использовать однажды разработанную ГОТ для оценки технических систем с параметрами, превосходящими параметры систем первоначальной выборки; предложены оригинальные зависимости для формализации расчета пороговых значений базовой оценки, что позволяет избежать субъективизма при выборе этих значений; изменена формула для расчета общей оценки. Это позволило получить ее несмещенный вариант, в котором значение оценки может изменяться в диапазоне 0–1; показана необходимость разбивать анализируемые аппараты по группам конкретных процессов (в нашем случае: пастеризация, охлаждение). Использование при этом единой ГОТ позволяет отделить параметры, которые зависят только от типа и конкретной конструкции аппаратов от параметров существенно зависящих от характера процесса.

Литература

1. Гмошинский В. Г., Флиорент Г. И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. М., 1973.
2. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. Изд. 2-е. М., 1969.
3. Бажан П. И., Бажан П. И., Каневец Г. Е., Селиверстов В. М. Справочник по теплообменным аппаратам. М., 1989.

O. V. DYMAR

THE TECHNIQUE OF THE ANALYSIS OF TECHNICAL SYSTEMS

Summary

The article demonstrates the creation of the technique of the estimation of a level of technical systems development. It is based on the standard methods used in engineering forecasting. The analysis of the heating up and cooling devices used in the dairy industry is shown.