

технологических установок в широком диапазоне температур и давлений потоков жидкости или газа.

Типы и параметры кожухотрубчатых аппаратов должны устанавливаться по нормативным документам или технической документации. Основные параметры и размеры аппаратов стандартизованы. Использованию аппаратов предшествует выполнение ряда расчетов. Теплообменные аппараты с плавающей головкой типа ТП (с подвижной трубной решеткой) являются наиболее распространенным типом поверхностных аппаратов. В аппаратах этой конструкции температурные напряжения могут возникать лишь при существенном различии температур трубок внутри пучка. Весь пучок свободно перемещается независимо от корпуса. В аппаратах типа ТП обеспечивается хорошая компенсация температурных деформаций. Другим преимуществом конструкции аппарата типа ТП является наличие разъемного соединения трубной решетки с кожухом, что позволяет выполнить демонтаж трубного пучка.

Глава II учебного пособия посвящена методике теплотехнического расчета кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Определяются коэффициент теплопередачи, расчетные скорости рабочих сред, требуемая поверхность теплообмена, средний температурный напор, схема тока, функция эффективности при соединении теплообменных аппаратов в блоки. Производится расчет средних температур потоков и стенки теплообменных труб, водяного эквивалента теплоносителя; поверхности теплообмена; теплоотдачи внутри теплообменных труб; теплоотдачи в межтрубном пространстве.

Здесь же рассматриваются зависимости для расчета гидравлического сопротивления в трубном и межтрубном пространствах.

Глава завершается рассмотрением примеров теплотехнических расчетов при различных схемах включения теплообменных аппаратов в блоки.

Глава III связана с рекомендациями по выбору кожухотрубчатых теплообменных аппаратов:

а) по конструктивным показателям (наличие компенсатора, разборность, компактность, коррозионная стойкость и др.);

б) по эксплуатационным показателям (максимальная температура и скорости потоков жидкости);

в) по расчетным показателям (предельной разности температур теплоносителей);

г) экономическим показателям (степень использования мощности на прокачку).

В главе IV представлена процедура оформления заказа на изготовление кожухотрубчатого теплообменного аппарата в виде «Бланка заказа» для теплообменников, выполняемых по техническим условиям ВНИИНефтемаша. Необходимые сведения размещаются в таблицах:

а) основные характеристики аппарата;

б) данные технологического процесса;

в) теплофизические свойства среды;

г) характеристики среды и аппарата.

Привязка по штуцерам и опорам выполняется с нанесением необходимой информации.

При оформлении заказа на изготовления аппарата по техническим условиям предприятия изготовителя заказ оформляется в виде опросного листа по техническим условиям.

В главе V предусмотрены четыре контрольных задания с соответствующими числовыми вариантами. Пособие содержит необходимые справочные данные для выполнения расчетов. Задания могут быть выполнены также с использованием программного продукта HTRI Xchanger Suite v5.00.

В каждой из глав методического пособия предусмотрены контрольные вопросы по содержанию. Общий объем пособия составляет 54 страницы

### КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ (учебное пособие)

Шишкин Б.В.

*ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный технический университет»,  
Комсомольск-на-Амуре, e-mail: usu@knastu.ru*

Методология построения контрольных карт была разработана в 1924 г. американским ученым, доктором У.А. Шухартом. В Великобритании контрольные карты впервые были внедрены доктором.

Б.П. Даддингс (B. Dudding) и У.Дж. Дженнетт (W. Jennett). У.А. Шухарт считал, что контрольная карта должна отвечать трем главным назначениям:

1) определять требуемый уровень или «номинал» процесса, на достижение которого должен быть нацелен персонал предприятия;

2) использоваться как вспомогательное средство для достижения этого номинала;

3) служить в качестве основы при определении соответствия номиналу и допуском.

Таким образом, принципы построения контрольной карты Шухарта охватывают круг понятий, связанных со стабилизацией производственного процесса, его производительностью и оценкой качества, а реализация этих принципов способствует взаимоувязке различных направлений хозяйственной деятельности.

Если единственным источником вариации параметров процесса служат случайные факторы, то на графике, показывающем этот процесс во времени, будет замечен случайный характер поведения данных. Согласно статистической теории, можно исходить из того факта, что качественные признаки подчиняются биномиальному закону распределения, а количественные – нормальному. При контроле по качественному

признаку, учитывая, что вероятность появления дефекта менее 0,10, как приближение к биномиальному распределению используют распределение Пуассона. Знание характера проявления случайной вариации налаженного процесса лежит в основе теории контрольных карт, поэтому если данные не ведут себя случайным образом, то это означает, что присутствуют неслучайные факторы.

Контрольная карта кумулятивных сумм (далее КУСУМ-карта) предназначена для проверки процесса на отклонение чаще всего от среднего арифметического значения (далее – среднего), равного некоторому опорному значению. Опорное значение часто называют целевым значением или целью. Для более сложных процедур КУСУМ эти два понятия – целевое и опорное значения следует различать. Из каждого полученного значения показателя качества вычитают опорное значение и получают значения кумулятивных сумм этих разностей, которые наносят на карту.

Контрольные карты являются неотъемлемой частью промышленной статистики активно используемой в производственных целях. Для организации массового производства качественной продукции также используются приемы анализа процессов, планирования эксперимента.

Реализация методов промышленной статистики – достаточно трудоемкий процесс по необходимым ресурсам и времени. Активное использование пакетов прикладных программ в течение последних 20 лет привело к решению ряда проблем. В настоящий момент методы промышленной статистики активно используются в производственной сфере, инженерных и научных разработках.

В главе 1 приведены часто используемые типы контрольных карт для количественных и альтернативных данных:

а) контрольные карты средних ( $\bar{X}$ ) и размахов ( $R$ ) или средних ( $\bar{X}$ ) и выборочных стандартных отклонений ( $s$ );

б) контрольная карта индивидуальных значений ( $X$ -карта) и скользящих размахов ( $R_m$  – карта).

Рассматриваются процедура контроля и интерпретация контрольных карт для количественных данных, а также типовые структуры, указывающие на наличие особых причин изменчивости контролируемого процесса.

В случае построения контрольных карт для альтернативных данных предусмотрены выбор рациональных подгрупп, частота отбора, план действий в случае выхода из управляемого состояния.

В пособии содержатся рекомендации по использованию контрольных карт Шухарта, в том числе альтернативных правил.

В рассматриваемой главе приведены частные примеры построения контрольных карт для количественных и альтернативных данных.

С целью снижения трудоемкости построение контрольных карт Шухарта одновременно

выполнено в среде пакета STATISTICA с использованием ряда инструментов.

Глава II полностью посвящена КУСУМ-картам. Кумулятивная сумма представляет собой сумму отклонений от некоторого установленного опорного значения. КУСУМ-карта обладает огромным преимуществом для управления процессами. Она позволяет быстро и точно определить момент изменений процесса, когда необходимы корректирующие действия. Полезная функция КУСУМ-карты состоит в том, что она может быть обработана без графической изображения, т.е. в табличной форме. Это очень полезно при контроле процесса, когда количество параметров процесса и характеристик продукции велико. Данные о состоянии процесса могут быть получены автоматически и загружены в соответствующее программное обеспечение для автоматического КУСУМ-анализа.

Важным процессом является интерпретация КУСУМ-карты. Обычно лучше не сосредотачиваться на отдельных точках графика, а провести минимальное количество прямых линий, которые являются линиями наилучшего визуального приближения представленных данных. Чем более крутой наклон прямой, тем больше разность с опорным значением. Горизонтальная линия указывает на то, что уровень процесса является постоянным и равен опорному значению. Для интерпретации КУСУМ-карты в пособии представлены ряд приемов: Манхэттенская схема, «воображаемые данные без помех».

Для принятия решений по КУСУМ-карте используются табличный КУСУМ-метод, усеченная V-маска, полная V-маска. Идеальное выполнение правила принятия решения состоит в том, чтобы реальные изменения не менее чем на заданную величину были обнаружены, а процесс без таких изменений мог работать неопределенно долго без ложных сигналов. В действительности это не достижимо. Простой и удобной мерой эффективности правила принятия решений является средняя длина серии. Для более быстрого обнаружения сдвига среднего при высоких значениях средней длины серии, когда среднее процесса находится рядом с целевым значением, хорошо подходит КУСУМ-метод.

Наиболее эффективно выполняется построение и принятие решений по КУСУМ-карт в среде пакета STATISTICA. В пособии приведен пример построения КУСУМ-карты наблюдений и скользящих размахов.

Пособие содержит библиографический список, содержащий стандарты, введенные в России в 2013–2016 годах.

В каждой из глав методического пособия предусмотрены контрольные вопросы и комплексные задания по построению контрольных карт в среде пакета STATISTICA. Общий объем пособия составляет 108 страниц.