

*Е. М. Бегина*

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
НА ПРИМЕРЕ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ\***

В настоящее время, в связи с ограниченностью природных ресурсов, в мире широко развиваются предприятия химического производства, где синтезируются новые соединения. Но в любой цепочке превращений сырья в конечный продукт присутствуют операции охлаждения, нагрева, конденсации или испарения того или иного вещества. Для аппаратурного оформления этих стадий существует множество типов теплообменников, например «труба в трубе», пластинчатые, кожухотрубчатые и др. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, но наиболее универсальными и эффективными являются кожухотрубчатые.

В зависимости от специфики процесса, конструкция теплообменника может изменяться. Например, наличие:

- компенсатора зависит от разницы температур трубного и межтрубного пространства;
- межтрубных перегородок – от характера среды в межтрубном пространстве;
- отбойника – от свойств входящей среды и скорости подачи;
- тип опор – от исполнения и габаритов аппарата.

Несмотря на эти отличия, конструкции кожухотрубчатых теплообменников типовые, т.е. состоят из типовых деталей, таких как кожух, трубы, трубные решетки, днища, фланцы и др. Кроме того, значения внутренних диаметров кожуха стандартизированы и представлены дискретным рядом 273, 325, 400, 600, 1000, 1200.

В связи с этим предлагается создание автоматизированной системы проектирования технологии изготовления кожухотрубчатых теплообменников на основе типовых технологических процессов, которая выполняет следующие задачи:

- проектирует технологию изготовления аппарата;
- строит карты раскроя всех типов проката, используемых для изготовления;
- рассчитывает нормы затрат труда и времени;
- формирует пакет технологической документации.

Функциональная модель системы представлена на рис. 1.

Модуль ввода исходных данных включает анализ конструкторской документации: обозначение детали (сборки); наименование детали (сборки); материал; вес (кг); тип проката, из которого изготавливается деталь; определяющие размеры.

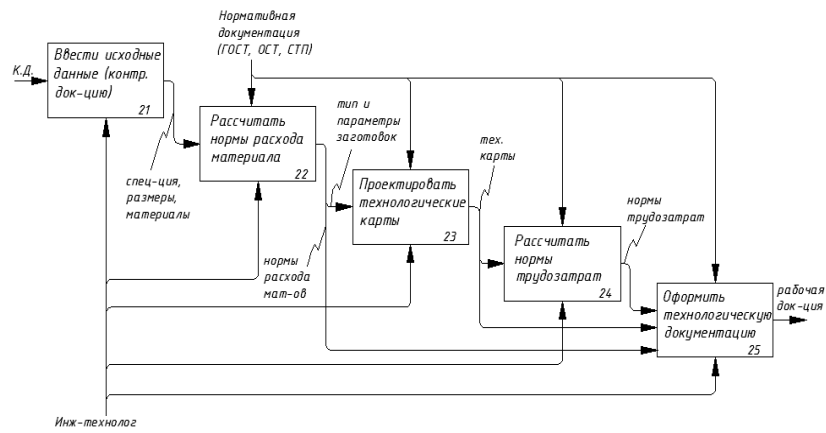
Модуль расчета норм расхода материала включает:

- определение размеров заготовок;
- построение карт раскроя проката;
- расчет норм расхода проката на изделие.

Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу [1]. Параметры заготовки формируются на основе размеров и формы детали с учетом припусков на обработку поверхностей. Существует два метода расчета припусков: опытно-статистический и расчетно-аналитический [1].

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. В.Г. Мокрозуба.



**Рис. 1. Функциональная модель системы**

При единичном и мелкосерийном производстве целесообразно применять опытно-статистический метод, подразумевающий назначение припусков на обработку по табличным данным. Эти припуски всегда больше расчетных, но обеспечивают минимизацию брака при обработке.

Раскрой – способ расположения заготовок деталей на материале. Различают следующие способы раскроя:

- а) индивидуальный – при котором материал разрезается на части для изготовления одноименных деталей;
- б) смешанный – когда из листа вырезают комплект деталей, необходимый для изготовления конкретного изделия;
- в) групповой – характеризуется тем, что вначале вырезают крупные заготовки, затем средние и мелкие [2].

В зависимости от типа проката различают: одномерный раскрой (трубы, круглый или фасонный прокат) и двумерный (лист, полоса). Двумерный раскрой, в свою очередь, подразделяется на гильотинный (заготовки прямоугольной формы режутся на гильотинных ножницах) и негильотинный (заготовки режутся на дисковых ножницах, кислородной, плазменной резкой и др.).

Расчет норм расхода материала на изготовление изделия производится после построения карт раскроя и отсортировки рабочих остатков от отходов.

Проектирование технологических карт осуществляется на основе типовых технологических процессов. ТТП – это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Типизация осуществляется в трех направлениях обработки:

- 1) поверхностей;
- 2) отдельных (типовых) сочетаний поверхностей;
- 3) деталей [1].

На большинство элементов кожухотрубчатого теплообменника существуют типовые технологические процессы, которые, в свою очередь, корректируются в зависимости от конкретных данных. Например, маршрут изготовления кожуха с внутренним диаметром  $D_{вн} \geq 400$  мм, изготавливаемый из листового проката, включает: расконсервацию и правку листа; разметку и резку развертки кожуха; контрольную операцию проверки размеров заготовок; подготовку кромок под сварку (зачистка, фрезеровка фасок и др.); вальцевание; сборку и сварку царг кожуха; контроль размеров царг (диаметр, длина, овальность); сборку и сварку кожуха; разметку и вырез отверстий; слесарную обработку отверстий; контроль готового кожуха.

Маршрут изготовления кожуха  $D_{вн} < 400$  мм, изготавливаемый из трубного проката, включает: разметку заготовки из трубы; отрезную операцию; операцию по обработке кромок (снятие материала с торцов при кислородной или плазменной резке, снятие фасок); контроль размеров кожуха; разметку и вырез отверстий; слесарную обработку; контрольную операцию.

Фланцы, используемые в аппаратостроении, имеют стандартные исполнения и размеры, поэтому возможно создание типовых технологических процессов по исполнениям, с последующей корректировкой размеров. Такие элементы, как отбойник или кронштейн, в связи с непостоянством формы, целесообразно типизировать по обработке отдельных поверхностей.

Модуль расчета трудозатрат и норм времени включает определение разряда и квалификации рабочего, трудоемкости, нормы выработки и относительной трудоемкости изготовления изделия.

Разряд и квалификация рабочего определяются по тарифно-квалификационному справочнику отрасли.

Трудоемкость – количество труда в человеко-часах, затрачиваемое на технологический процесс изготовления единицы продукции.

Норма выработки – регламентированное количество изделий, которое должно быть обработано или изготовлено в заданную единицу времени.

Относительная трудоемкость – отношение трудозатрат на отдельную операцию к трудозатратам на выполнение всех операций изготовления изделия [1].

Технологическая документация должна быть оформлена в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ, ОСТ, стандарты предприятия и др.)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология машиностроения : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Л.В. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погонин и др. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.

2. Ткачев, А.Г. Технология аппаратостроения / А.Г. Ткачев. – М. : Изд-во Машиностроение-1, 2001. – 188 с.

*Кафедра «Автоматизированное проектирование  
технологического оборудования»*