

также применимы при работе с умеренно коррозионными средами. Технология изготовления секций (полотен) основания тарелок со стационарными клапанами проста, она сопоставима с технологией изготовления секций ситчатых тарелок. Секции тарелок со стационарными клапанами штампуют из листа с вытяжкой при этом клапанов и выполнением отверстий для прохода газовой фазы. Отходы металла при этом отсутствуют.

В Украине фирма БТС-Инжиниринг (г. Ровно) выпускает два типа тарелок с фиксированными клапанами: с круглыми и верхними выступами и отверстиями; с прямоугольными и верхними выступами и отверстиями. Наличие выступов и отверстий способствует более тонкому диспергированию газа и увеличению эффективности массообмена. Тарелки с двухступенчатыми (расположением отверстий для выхода газа на двух уровнях) круглыми стационарными клапанами выпускает российская фирма «Инжехим». Российское акционерное общество ПО «Стронг» изготавливает массообменные тарелки со стационарными клапанами овальной формы. Фирмы RASCHIG, SULZER (обе – Германия), Rauschert (Китай), GTC Technology (США), NOR PRO выпускают тарелки со стационарными клапанами простейшей, прямоугольной формы.

Из проспектов фирм следует, что при сопоставимой эффективности по сравнению с ситчатыми тарелки со стационарными клапанами обладают примерно в полтора раза большим диапазоном устойчивой работы. В то же время диапазон их устойчивой работы по сравнению с тарелками с подвижными клапанами на 20–25 % уже. При этом они сохраняют работоспособность при несколько больших, до 10–15 %, скоростях газа. Как отмечено выше, тарелки со стационарными клапанами малочувствительны к загрязнениям и коррозионным воздействиям. Однако детальной информации о гидродинамических характеристиках данных тарелок (скорости начала провала жидкости, максимально допустимой скорости газа, гидравлическом сопротивлении, уносе жидкости) в открытых источниках информации не представлено. Вследствие этого для проектирования аппаратов с подобными тарелками требуются экспериментальные исследования. УДК 621.391

А. А. Гарабажиу, доц., канд. техн. наук;

Д. Н. Боровский, ст. преп., канд. техн. наук;

А. О. Грецкий, студ. (БГТУ, г. Минск);

Д. В. Клоков, доц., канд. техн. наук (БНТУ, г. Минск)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ САПР

ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И КОНСТРУИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На протяжении всего периода существования химической, нефтеперерабатывающей, фармацевтической промышленности и многих других производств, процесс проектирования и конструирования основного и вспомогательного технологического оборудования оставался очень трудоемким и материалоемким.

В связи с бурным развитием ЭВМ и сопутствующего программного обеспечения в последние три-четыре десятилетия, с целью снижения времени проектирования, а также его трудоемкости и материалоемкости, в процессе проектирования и конструирования технологического оборудования стали очень интенсивно использоваться различные системы автоматизированного проектирования (САПР).

Для выполнения специализированных инженерных расчетов того или иного технологического оборудования большой практический интерес представляют расчетно-графические САПР ООО «НТП Трубопровод» (Россия). А именно:

1. «ПАССАТ». Данная программа предназначена для расчета прочности и устойчивости сосудов, аппаратов, резервуаров и их элементов в нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической, газовой, нефтяной, атомной и других отраслях промышленности с целью оценки их несущей способности в рабочих условиях, а также в условиях испытаний и монтажа. В данной системе расчет прочности и устойчивости горизонтальных и вертикальных сосудов и аппаратов осуществляется по современным отечественным и зарубежным нормативным документам. По окончании расчета программа автоматически генерирует расчетно-пояснительную записку с подробным описанием последовательности и результатов расчета. В настоящее время система «ПАССАТ» широко используется более, чем в 500 организациях 20-ти стран мира.

2. «СТАРТ-ПРОФ» – первая в мире система (разработанная в 1969 г.) для проектирования, расчета прочности и жесткости трубопроводов различного назначения. В данной программе расчет прочности и жесткости трубопроводов осуществляется по современным отечественным и зарубежным нормативным документам. Данная система достигла уровня своеобразного промышленного стандарта и успешно используется во многих отраслях промышленности (например, в нефтегазовой, химической, пищевой, фармацевтической и др.), более, чем в 1500 организациях 36-ти стран мира.

3. «ГИДРОСИСТЕМА» – программа для теплогидравлического расчёта трубопроводных систем и выбора их диаметров. Данная систе-

ма может использоваться при проектировании и реконструкции объектов в энергетике, нефтеперерабатывающей и нефтехимической, газовой, нефтяной, химической и других отраслях промышленности, для расчёта технологических, магистральных трубопроводов, тепловых, газораспределительных и других инженерных сетей. Программа позволяет рассчитывать надземные, подземные и комбинированные трубопроводные системы любой сложности (в том числе с кольцевыми участками). Результаты расчёта можно отобразить на расчётной схеме в виде цветового выделения, наглядно показывающего элементы, ответственные за наибольшие гидравлические потери. Результаты расчёта помогают правильно выбрать насосы, компрессоры, регулирующие и предохранительные клапаны, обеспечить работоспособность трубопроводных систем и оптимизировать капитальные затраты. Программа развивалась более 30 лет и в настоящее время успешно используется более, чем в 1100 организациях 32-х стран мира.

Следующим этапом в разработке любого технологического оборудования, после инженерных расчетов или параллельно с ними, является трехмерное моделирование будущего сосуда, аппарата или машины с последующей разработкой компоновочных, сборочных или рабочих чертежей. Для этой цели в настоящее время разработано большое количество конструкторских САПР общего машиностроения или, так называемых, САД-систем. Наибольшее распространение из них получили следующие САД-системы: Unigraphics, Pro/Engineer, Solid Works, КОМПАС-3D, AutoCAD и T-FlexCAD.

Анализируя свой и не только опыт использования данных систем можно отметить следующее. Для качественной и достаточно быстрой разработки трехмерных моделей любого технологического оборудования можно порекомендовать системы: Unigraphics, Pro/Engineer или Solid Works, т.к. они обладают более расширенным функционалом для этой цели. Кроме этого в состав данных программ входят всевозможные расчетные модули позволяющие выполнять анализ, моделирования и оптимизацию заранее подготовленных проектных решений в виде 3D моделей.

Для создания же чертежно-конструкторской документации любого типа (чертежей, эскизов, схем, пояснительных записок и т.п.) можно порекомендовать системы: КОМПАС-3D, AutoCAD или T-FlexCAD. Данные программы, особенно КОМПАС-3D и T-FlexCAD, имеют довольно простой, понятный и адаптированный под ЕСКД или СПДС интерфейс. Кроме этого для сокращения трудоемкости процесса проектирования чертежно-конструкторской документации, к примеру, в системе КОМПАС-3D создано большое количество библиотек

различного профиля (машиностроительного, строительного, технологического, электрического и т.д.) [1-3].

Внедрение и использование в промышленном производстве различных расчетно-графических САПР и САД-систем общего машиностроения позволяет:

- сократить сроки проектирования в 2–4 раза;
- повысить производительность труда на 50 %;
- снизить материалоемкость проектируемого оборудования на 10–15 %;
- уменьшить энергозатраты и транспортные расходы в проекте на 15–20 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарабажиу, А. А. Применение библиотек системы КОМПАС-ГРАФИК при создании учебной чертежно-конструкторской документации / А. А. Гарабажиу, Д. В. Клоков, А. Ю. Лешкевич // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: сборник трудов международной научно-практической конференции, Брест, 20 апреля 2018 г. / отв. ред. О.А. Акулова. – Брест: БрГТУ, 2018. – С. 84-88.

2. Гарабажиу, А. А. Использование системы КОМПАС-3D при создании учебной чертежно-конструкторской документации / А. А. Гарабажиу, Д. В. Клоков, Д. Н. Боровский, Е. А. Леонов // Автомобиле- и тракторостроение: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 14-18 мая 2018 г.: в 2 т. / Белорусский национальный технический университет: отв. ред. Д.В. Капский. – Минск, 2018. – Т. 2. – С. 217-220.

3. Гарабажиу, А. А. Опыт применения систем автоматизированного проектирования КОМПАС-3D и AutoCAD в учебном процессе графической подготовки будущих инженеров / А. А. Гарабажиу, Д. В. Клоков, Д. Н. Боровский, Е. А. Леонов // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: сборник трудов международной научно-практической конференции, Новосибирск, 19 апреля 2019 г. / отв. ред. К.А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2019. – С. 69-74.

УДК 66.099.2

Н.А. Высоцкая, асп. (ЗАО «СИПРсОП», г. Солигорск),
В. С. Францкевич, зав. каф., доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

СПОСОБЫ ГРАНУЛИРОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ