

УДК 004.9: 661.11: 661.419.4: 661.487.2

А.А.Казаков, В.Е. Трохин, А.Г. Вендило, А.М. Бессарабов

Научный центр «малотоннажная химия», Москва, Россия

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ ГИБКОЙ ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ОСОБОЙ ЧИСТОТЫ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ CALS**

Для получения ассортимента неорганических кислот особой чистоты нами была разработано гибкое многостадийное производство. Основными узлами гибкой технологии являются модули периодической ректификации и абсорбции. Разработка аппаратурных модулей проводилась на основе информационной CALS-технологии.

To get the inorganic acids of specific purity we have developed flexible multistep production. The basic units of flexible technology are modules of periodical rectification and absorption. Developing of the instrumental modules was carried out on the basis of information CALS technology.

Для получения ассортимента неорганических кислот (азотная, соляная, хлорная и фтористоводородная) квалификации «ос.ч» из отечественного сырья, нами, на основании экспериментальных исследований и анализа литературных и патентных данных, был разработан метод глубокой очистки, основанный на периодической ректификации и сорбции (для соляной и фтористоводородной кислоты). В процессе разработки особое внимание уделялось возможности использовать одну установку для очистки сразу нескольких кислот. Основным критерием для реализации такой возможности является схожесть технологических условий проведения процессов, что в полной мере достигается в случае ректификации хлорной и азотных кислот [1], и требует дополнительного аппаратурного оформления в случае очистки соляной и фтористоводородной кислоты.

Для определения эффективности и возможности получения указанных высокочистых кислот околоазеотропного состава были проведены исследования равновесия «жидкость — пар». Исследования проводились на установке типа прибора Бушмакина. Коэффициенты разделения определяли как отношения концентрации примеси в жидкости к ее концентрации в парах. (Анализ образцов фаз проводился стандартными методами и мето-

дом ICP-MS). Эффективность ректификации определялась не только статистическими характеристиками, но и гидродинамическими и массообменными параметрами. К таковым следует отнести рабочую нагрузку колонны ( $L$ ). Результаты расчетов нагрузки по уравнению Жаворонкова и экспериментальные значения при ректификации фтористоводородной и соляной кислот приведены в таблице 1.

**Табл. 1. Нагрузки для колонны при ректификации фтористоводородной кислоты околоазеотропного состава и 20%-ой соляной кислоты.**

Кислота	$L_{расч}^* \frac{кг}{час}$	$L_{экс.}^* \frac{кг}{час}$	$L^* \frac{кг}{час}$
HF	42,3	37,2	33,9
HCl	32,3	30,1	26,9

Гибкая производственная система для получения высокочистых кислот представляет собой систему технологических ячеек (модулей) – вымораживающей, адсорбционной, ректификационной, абсорбционной, фильтрации газа и жидкости. С целью обеспечения универсальности применения, ремонтпригодности и взаимозаменяемости технологические модули выполнены из стандартизированных деталей (емкостей, царг, теплообменников), изготовленных из фторопласта-4. Кроме того, используя принцип формирования технологических модулей и ячеек из стандартных деталей, можно добавлять дополнительные стадии и методы очистки, направленные на целевое отделение лимитирующих примесей, определяющих качество продукции следующих, более высоких уровней чистоты с учетом перспективных требований к данной продукции.

Разработка гибкой модульной технологии неорганических кислот особой чистоты осуществлялась в рамках наиболее современной и перспективной системы компьютерной поддержки – CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта) [2]. Это позволяет не только повысить качество исследовательских и конструкторских работ, но и обеспечить полное компьютерное сопровождение всех этапов жизненного цикла.

Приведенный в CALS-проекте модуль дистилляции (рис. 1) техноло-

гической схемы для получения высокочистых кислот представляет собой установку периодической ректификации с необходимыми технологическими подводками (электричество, охлаждающая вода, фильтрованный воздух, вакуум).

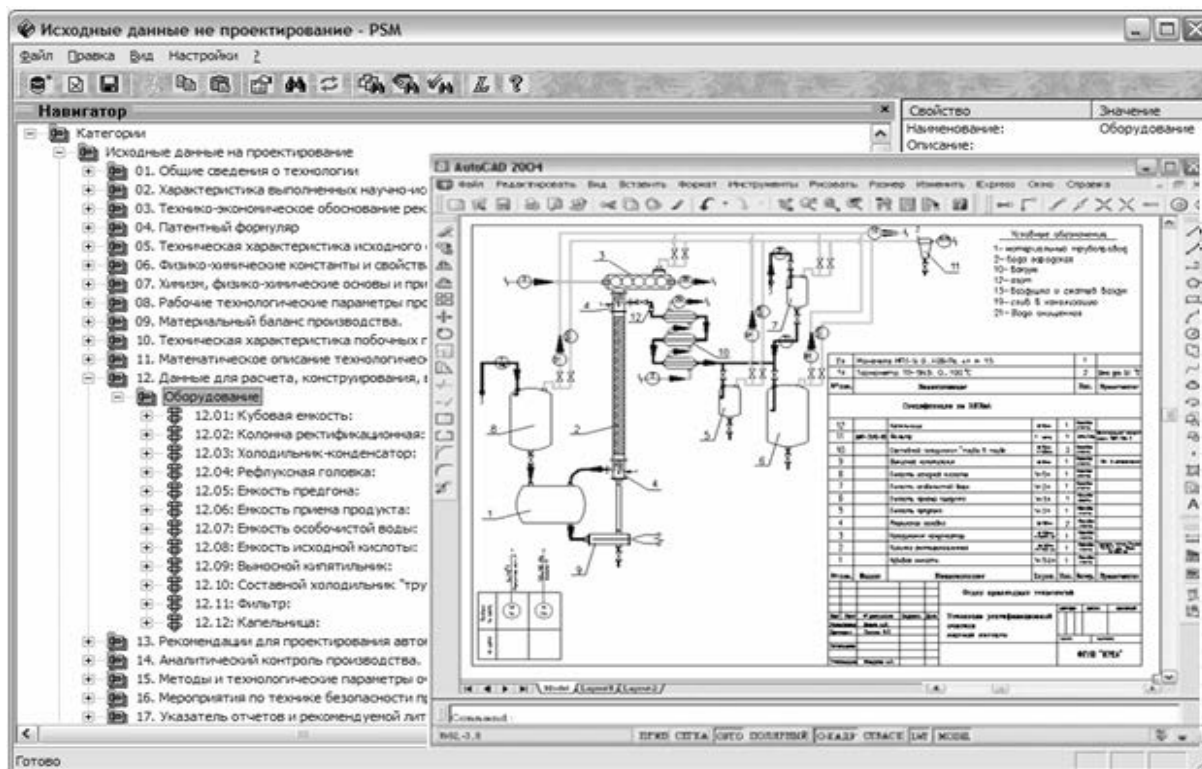
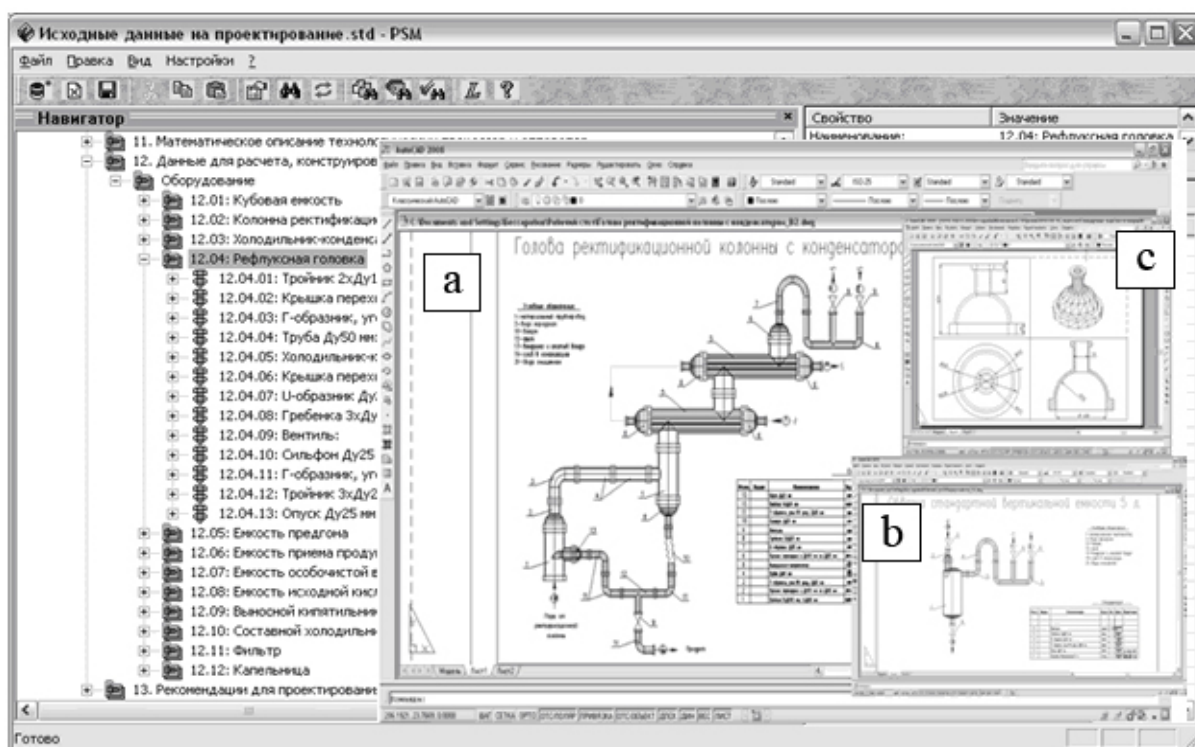


Рис. 1. Элемент CALS-проекта модуля ректификационной очистки (а)

Конструктивно установка состоит из отдельных узлов, занесенных в соответствующие подкатегории CALS-проекта (рис. 2): кубовой емкости (поз. 1), ректифицирующей части (поз. 2), холодильника-конденсатора (поз. 3), верхнего и нижнего переточных устройств – рефлюксной головки (поз. 4), сборника предгона (поз. 5), сборника готового продукта (поз. 6), сборника воды особой чистоты (поз. 7), сборника исходного сырья (поз. 8), выносного кипятильника (поз. 9), составного захолаживателя отгона (поз. 10), фильтра для фильтрационной очистки воздуха (поз. 11), капельница (поз. 12). Вся совокупность применяемого оборудования занесена в CALS-проект. Разработка документации проводилась с применением программного обеспечения для автоматизированного проектирования «AutoCAD».

При конструировании модуля абсорбционной и ректификационной

очистки, кроме технологической эффективности, по возможности, прилагались усилия выполнить требования по технологичности изготовления деталей, узлов и всей установки в целом. Выполнение этих требований связано с необходимостью легкости формирования технологической схемы, и ремонтпригодностью составляющих ее частей, возможности быстрой замены вышедших из строя частей путем их изготовления при помощи стандартных технологических приемов (сварка, токарные и фрезерные работы). В качестве примера (рис. 2) в рамках конструкторского CALS-проекта приведены отдельные узлы и детали, входящие в ректификационный модуль. Для выполнения этого требования, при формировании технологической схемы ректификационного модуля были максимально использованы агрегаты и аппараты, унифицированные с аналогичными частями остальных модулей.



**Рис. 2.** Элемент CALS-проекта. Подкатегория: «Оборудование». Узлы технологической схемы: **a** – головка ректификационной колонны; **b** – обвязка вертикальной емкости; **c** – крышка-переходник

В разработанной нами классификационной системе [3] технология неорганических кислот относится к производственно-технологическому уровню гибкости. На этом уровне решаются задачи: оптимальное исполь-

зование общих исходных реагентов; использование элементов гибкости с целью расширения производственных групп по наименованиям; варьирование мощности всего технологического процесса. Функционирование данного уровня обеспечивается технологической гибкостью, которая определяется способностью на имеющемся оборудовании выполнять несколько технологических задач за счет гибких технологических способов получения заданных веществ (по номенклатуре) или при незначительных затратах на переналадку оборудования (остановка на промывку, перекоммутация трубопроводов и прочие операции).

#### Библиографический список

1. Бессарабов А.М., Вендило А.Г., Трохин В.Е., Попов А.К., Казаков А.А. CALS-система для проектирования промышленного производства хлорной и азотной кислоты особой чистоты // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. – № 2. – С. 1-7.

2. Saaksvuori A., Immonen A. Product Lifecycle Management, 3rd edition, Springer, – 2010 – 253 p.

3. Лысенко А.Ю., Бессарабов А.М. Моделирование и оптимизация при реконструкции производств химических реактивов и особо чистых веществ. Серия «Реактивы и особо чистые вещества». – М.: НИИТЭХИМ, 1990. – 34 с.