

Эффективность процесса комбинирования в цехах разделения воздуха

Плешков В.П. epiop2010@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

В статье рассматриваются вопросы количественного измерения уровня процесса комбинирования в цехах разделения воздуха. Показывается экономическая эффективность комплексного разделения воздуха.

Ключевые слова: комбинирование производства, комплексное разделение атмосферного воздуха, ректификация, чистый дисконтированный доход, цех разделения воздуха, эксергия.

Комбинирование является целесообразной и прогрессивной формой организации общественного производства, значение которого в настоящее время неизменно возрастает и представляет собой закономерный процесс его развития.

Процесс комбинирования общественного производства характеризуется как объединение отраслей промышленности, представляющих собой либо последовательные ступени обработки сырья (например, выплавка чугуна из руды и переделка чугуна в сталь, а далее, может быть, производство тех или иных готовых продуктов из стали) – либо играющих вспомогательную роль одно по отношению к другой (например, обработка отходов или побочных продуктов; производство предметов упаковки и т.п.).

Особенно большое значение комбинирование имеет в сырьевых отраслях промышленности, где происходит преобразование веществ, например, при производстве продуктов разделения воздуха и других газовых смесей.

Рассмотрим процесс комбинирования на примере кислородного производства, которое использует для получения основной продукции (кислорода и азота) атмосферный воздух, являющегося сложной много-компонентной газовой смесью. Он содержит в себе кроме азота – 70,09 % и кислорода – 20,95 %, так называемые инертные газы: аргон — 0,93 %, неон – $8 \cdot 10^{-3}$ %, гелий – $5,24 \cdot 10^{-4}$ %, криптон – $1,0 \cdot 10^{-4}$ %, ксенон – $8,0 \cdot 10^{-6}$ % и водород – $5,0 \cdot 10^{-5}$ %.

Ускоренное развитие газоразделительного производства, в связи с возрастающими потребностями не только в кислороде и азоте, но и редких газах, требует их производства прежде всего на основе комплексного разделения воздуха методом низкотемпературной ректификации. Комплексное разделение воздуха как форма комбинирования производства имеет большое значение в повышении эффективности криогенного воздухоразделения.

Основными факторами, оказывающими влияние на уровень развития комплексного разделения воздуха, являются:

- Объем производства и потребность в инертных газах;

- Свойства сырья;
- Уровень развития техники и технологии криогенного машиностроения;
- Форма организации производства на действующих предприятиях;
- Развитие транспортных средств и т.п.

Наибольшее воздействие на процессе комплексного разделения воздуха оказывают такие факторы, как растущая потребность в технических газах и развития транспортных средств.

Потребление кислорода, азота и инертных газов в ближайшие годы возрастёт в среднем более чем в 4 раза. Такой рост производства продуктов разделения воздуха вызван применением их не только в отраслях промышленности, где они используются традиционно, но и появлением новых производств, потребляющих инертные газы в различных агрегатных состояниях (энергетика, электротехника, нефтехимия, металлургия, химическая промышленность, космическая отрасль, системы управления, медицина, нанотехнологии) [2].

Развитие криогенного машиностроения позволяет в настоящее время выделять из воздуха все ценные компоненты. Производство инертных газов в высокой концентрации в основном налажено на установках специального назначения, которые эксплуатируются в различных научно-исследовательских организациях. На кислородных заводах освоено, главным образом, производство смесей инертных газов – это неон-гелиевая смесь, криптоно-ксеноновый концентрат. На крупных же станциях разделения воздуха из инертных газов производится в основном аргон, хотя имеются все возможности получать и другие компоненты. Все это и предопределяет необходимость развития комплексного разделения воздуха.

В современных условиях развития промышленного производства процесс комбинирования представляет собой: объединение нескольких отраслей на основе последовательных и взаимосвязанных основных стадий производства (например, металлургический комбинат); объединение нескольких отраслей промышленности для использования получаемых в процессе определенного производства отходов либо побочных продуктов определенного производства (использование отбросного азота при производстве кислорода); объединение нескольких отраслей промышленности в одном предприятии для комплексного использования предмета труда (сырья, материала) и т.д.

При комплексном разделении газовых смесей (воздуха, попутных газов и т.д.) происходит сочетание элементов первой и второй формы. Поступающий на переработку газ последовательно проходит через компрессор, регенераторы, теплообменники, детандер (или дроссель), где происходит его качественное применение, в дальнейшем в ректификационной колонке выделяются продукционные газы.

Анализ уровня структуры и развития процесса комбинирования, который позволяет вскрыть резервы, выявить недостатки и принять необходимые меры для их устранения, возможен в результате изучения соответствующих показателей, характеризующие уровень комбинирования.

Для этих целей в разных отраслях промышленности применяются следующие общие показатели: удельный вес определенного вида продукции, производимых на комбинатах, в общем объеме выпуска этой продукции в отрасли; количество объединенных в комбинатах подразделений, представляющих определенную отрасль промышленности, либо определенную стадию производства; удельный вес сырья или полуфабрикатов, перерабатываемых на месте их получения, в общем количестве того же сырья или полуфабрикатов, произведенном на данном предприятии; количество различных видов продукции, произведенной из единицы исходного сырья, перерабатываемого на данном комбинате; количество наименований полезных компонентов, извлекаемых при переработке исходного сырья на данном предприятии; степень извлечения полезных компонентов из сырья (или показатель комплексности) и т. д. [2].

Например, уровень комбинирования кислородного производства (в отраслевом аспекте) целесообразно определять на основе следующих показателей:

- удельный вес кислородных заводов, цехов разделения воздуха, комплексно разделяющих воздух;
- выпуск продукции на кислородных заводах и в цехах разделения воздуха комплексно его разделяющих в процентах к общему выпуску продукции соответственно на всех кислородных заводах и цехах разделения воздуха.

При определении уровня комбинирования на кислородных заводах и в целях разделения воздуха целесообразно использовать коэффициент комплексности.

Комплексное использование продуктов разделения воздуха характеризуется двумя основными направлениями: использование отходящих газов (например, организацией на металлургическом заводе производства, потребляющего отбросной азот) и получение инертных газов и их смесей с последующей их продажей. Во втором случае происходит уменьшение выпуска основной продукции (например, на установке КТ-12 получение криптоно-ксенонового концентрата и неона-гелиевой смеси снижает выпуск технологического кислорода с 14000 м³/ч до 12500 м³/ч), именно, исходя из этих особенностей кислородного производства, следует рассматривать вопрос о формировании показателя комплексного разделения воздуха [1].

В экономической литературе существует две основные точки зрения по методике определения показателя комплексности. Одни авторы предлагают определять его как отношение суммы фактических натуральных показателей извлечения к общему числу компонентов, которые устанавливаются для предприятия (цеха разделения воздуха) постоянными на длительный период. Однако этот показатель, по существу, является среднеарифметическим и не имеет конкретного как технического, так и экономического содержания, не отражает количественных и качественных особенностей выпускаемой продукции при производстве газов методом глубокого охлаждения.

В некоторых отраслях промышленности коэффициент комплексности определяется как отношение количества извлекаемых компонентов к их общему числу, содержащихся в сырье K_1 .

Другие авторы предлагают применять в качестве обобщающего показателя степени комплексного использования сырья, отношение суммарной стоимости компонентов в товарной продукции, исчисленной по действующим договорным (рыночным) ценам к суммарной стоимости всех полезных компонентов в сырье исчисленного по тем же ценам (K_2):

$$K_2 = \frac{V_{O_2} C_{O_2} + V_{N_2} C_{N_2} + V_{Ar} C_{Ar} + V_{Ne} C_{Ne} + V_{Xe} C_{Xe} + \dots}{V C_v},$$

где V_{O_2} , V_{N_2} , V_{Ar} , V_{Ne} , V_{Xe} – получаемые продукты разделения воздуха в m^3 ; C_{O_2} , C_{N_2} , C_{Ar} , C_{Ne} , C_{Xe} – договорные цены за соответствующие продукты разделения воздуха, руб/ m^3 ; V – объем перерабатываемого атмосферного воздуха, m^3 ; C_v – стоимость газов, извлеченных из $1m^3$ атмосферного воздуха методом глубокого охлаждения, руб.

Использование такого показателя комплексности в цехах разделения воздуха становится возможным в связи с тем, что уже несколько лет предприятия криогенного машиностроения (например ОАО «Криогенмаш») используют систему работы «on site».

Система работы «on site» проекта признана в мире наиболее перспективной. Эта система предполагает представлять весь комплекс услуг в области криогенного разделения воздуха: научные исследования и разработки, проектирование, поставки оборудования и инжиниринг, строительные-монтажные работы и пуск объектов в эксплуатацию, при этом воздухоразделительный комплекс остается в собственности ОАО «Криогенмаш», а клиент (например, металлургический завод) получает гарантированный объем газа по гарантированным ценам [1].

Данный проект ОАО «Криогенмаш» осуществил на Северском трубном заводе.

На разных стадиях готовности находятся еще три подобных проекта – для Первоуральского новотрубного, Златоустовского и Таганрогского металлургического заводов.

Наряду с показателем K_2 в цехах разделения воздуха целесообразно исчислять показатель комплексности в натуральном выражении K_3 . Его определении основано на использовании приведенной производительности воздухоразделительных установок по условному газу, которая в достаточной степени учитывает концентрацию, давление и агрегатное состояние продуктов разделения воздуха Q :

$$K_3 = \frac{Q}{V},$$

где V – объем перерабатываемого атмосферного воздуха, m^3 .

$$Q = \frac{V_{O_2} e_{O_2} + V_{N_2} e_{N_2} + V_{Ar} e_{Ar} + V_{Ne} e_{Ne} + V_{Xe} e_{Xe} + \dots}{e'_{O_2}},$$

где e_{O_2} , e_{N_2} , e_{Ar} , e_{Ne} , e_{Xe} – эксергия соответствующих продуктов разделения воздуха, кВтч/м³, e'_{O_2} – эксергия чистого кислорода при нормальных условиях, кВтч/м³.

Экономическая эффективность комплексного разделения воздуха заключается, прежде всего, в одновременном извлечении нескольких газов, тогда как при отдельных производствах ряд основных технологических процессов приходится повторять (сжатие газа, дросселирование или расширение и т. д.). Очевидно, что это приводит к значительным дополнительным энергетическим, материальным и трудовым затратам. Кроме того, при комплексной переработке газов затраты распределяются между большим количеством извлеченных газов, в результате чего обеспечивается экономия единовременных затрат и снижение себестоимости продуктов разделения газов [2].

Экономическая эффективность процесса комбинирования в цехах разделения воздуха приведена в табл. 1 [1].

Таблица 1

Влияние количества извлекаемых газов на эффективность производства в цехах разделения газов

N п/ п	Группы цехов разделения по количеству получаемых газов	Число цехов разделения воздуха в % к итогу	Основные показатели эффективности производства			
			Себестоимость приведенной продукции в % к I группе	Выработка приведенной продукции на одного работника ППП в % к I группе	Фондоотдача в % к I группе	Фондооборуженность в % к I группе
1	1	23,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	2	23,0	85,3	253,0	162,8	146,7
3	3	54,0	78,3	187,8	138,9	154,6

Значительный удельный вес (54%) занимают цехи, где помимо кислорода и азота, производятся и другие газы: аргон, криптоно-ксеноновый концентрат и неон-гелиевая смесь. При этом увеличение числа извлеченных газов оказывает заметное влияние на повышение эффективности производства. Так, например, при получении 3 компонентов, выработка приведенной продукции по условному газу на одного работника промышленно-производственного персонала (ППП) возрастает в 1,87 раза, а фондоотдача – на 38,9%, себестоимость же единицы приведенной продукции снижается на 21,7%.

Исследование влияния изменения процесса комбинирования на экономические показатели кислородных установок показывает, что между ними существует значительная взаимосвязь. Так, увеличение коэффициента комплексного разделения воздуха K_3 на 1% уменьшает эксплуатационные затраты на единицу приведенной продукции по условному газу на 10-20%. При этом

чистый дисконтированный доход для установки АКТ-15 увеличивается на 30 тыс.руб., а для установки К-12 – на 20 тыс.руб. [2].

Список литературы

1. <http://www.cryogenmash.ru>
2. <http://www.giprokislород.ru>

Economic efficiency of combining process in the shops of air separation

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food engineering

Pleshkov V. P. epiop2010@yandex.ru

The article provides a method of calculating the coefficient of the complex production in the workshops of air separation. It contains calculations of economic efficiency of an integrated air separation in the oxygen production.

Key words: combining production, integrated air separation, method of deep cooling, ratio of integrated air separation, exergy.