

Орлов А. В., канд. хим. наук, доц.
Дзержинский политехнический институт (филиал)
Нижегородского государственного технического университета им. П. Е. Алексеева

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ТЕПЛОТДАЧИ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

orlean2000@yandex.ru

Рассмотрена группировка химических производств по совокупности таких показателей, как теплоотдача и стоимость выделенной теплоэнергии. На основе общности теплоотдачи и стоимости выделенной теплоэнергии химические производства были классифицированы на три группы. Определены химические производства с наибольшей теплоотдачей и наибольшей стоимостью выделенной теплоэнергии.

Ключевые слова: *многомерный статистический анализ, теплоэнергия, теплоотдача, химическая производства, кластерный анализ, стоимость выделенной теплоэнергии.*

Химическая промышленность - одна из самых энергоемких отраслей во всем мире. Она играет важную роль в экономическом развитии практически всех отраслей промышленности и других сфер деятельности. Достижениями химии определяют конкурентоспособность таких отраслей как машиностроение, автомобилестроение, авиастроение, энергетика, лесная промышленность, легкая промышленность, сельское хозяйство. Более того, без развития химической промышленности невозможно улучшение состояния окружающей среды и решение таких глобальных проблем, как нехватка ресурсов, энергии и продовольствия.

Российская химическая промышленность в докризисном 2008 году имела выручку в 74,1 млрд. долларов США. В 2012 году после выхода из экономического кризиса объем выпуска продукции химического комплекса увеличился до 107,7 млрд. долларов. Вклад химического комплекса в ВВП России невелик и может быть оценен в 1,5%. В большинстве индустриально развитых стран вклад химической индустрии в ВВП значительно выше, причем особенно в этом отношении выделяется Южная Корея.

Химическая промышленность России является как крупным экспортером, так и крупным импортером различной продукции. Основными экспортными товарами являются аммиак, метанол, минеральные удобрения и синтетический каучук. Среди других химических товаров, которые в больших объемах поставляются за рубеж, можно отметить каустическую соду, полиэтилен, продукцию органического синтеза (капролактан, бутиловые спирты, этиленгликоли, фталевый ангидрид), технический углерод, синтетические моющие средства, шины. Основными рынками сбыта российской химической продукции за рубежом являются Европа и страны СНГ.

Поскольку Россия располагает большими ресурсами углеводородного сырья, химическая

промышленность в стране выполняет также функцию увеличения глубины его переработки и повышения отдачи от использования этих ограниченных ресурсов. При этом потенциал химической промышленности России в этой области сейчас используется минимально, большая часть ценного углеводородного сырья экспортируется или используется для топливных нужд.

В России химические предприятия используют около 12% от общего объема первичного потребления энергоресурсов. Энергоёмкость отрасли в среднем оценивается в 15-17%. По ряду производств, таких как, например, выпуск синтетических каучуков, доля энергоресурсов достигает 20-22% в себестоимости продукции [1].

Рост химического производства в 2011 г. составил 105,2% (к 2010 г.). Одновременно потребление электроэнергии увеличилось на 1,4% (до 35,2 млрд. кВт·ч).

Минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ) в натуральном выражении в 2011 г. было произведено около 18,8 млн. т (увеличение на 4,4% по сравнению с 2010 г.). Пластмасс в первичных формах в 2011 г. произведено на 9% больше, чем в 2010 г. Производство гидроксида натрия (каустической соды) в 2011 г. составило 97,5% к уровню производства в январе – декабре 2010 г. Снижение выпуска данного вида продукции продолжается с 2008 г. включительно, что обусловлено уменьшением производства хлорпотребляющей продукции (поливинилхлорид, хлор-органические соединения) и закрытием производства ООО «Усольхемпром» в связи с убыточностью производства продукта за счет высоких цен на сырье и энергию, а также частого выхода из строя изношенного оборудования. Выпуск синтетических каучуков в 2011 г. увеличился на 4,9%.

В 2011 г. увеличился по сравнению с 2010 г. и выпуск химических волокон и нитей на 5,2%

(до 135,4 тыс. т). Рост производства обусловлен ростом спроса со стороны текстильной и нефтехимической промышленности (производство шин) [2].

Потребление первичных энергоресурсов в химической промышленности составляет 20 млн. т.у.т., или 2% общего потребления в России.

Для того, чтобы снизить затраты на тепловую энергию, химические холдинги стараются снижать затраты на покупку энергоресурсов у внешних поставщиков, выкупать у генерирующих компаний источники энергоснабжения своих предприятий или строить собственную генерацию. Для уменьшения потребления энергоресурсов в отрасли реализуются программы энергоэффективности и энергосбережения.

В результате реализации программ энергоэффективности и энергосбережения химические предприятия могут получить еще более существенную экономию [1].

Одной из особенностей химической промышленности является одновременное потребление большого количества топлива, электрической и тепловой энергии. Непосредственное потребление топлива на энергетические цели составляет в химической промышленности около 12,5 % суммарного энергопотребления, при этом не учитывается использование топлива в качестве сырья химических производств. Около 40 % топлива сжигается в промышленных котельных и на ТЭЦ для производства тепловой и электрической энергии. Остальное топливо используется в технологических установках [2].

На технологические процессы расходуется около 75 % тепловой энергии. Тепловая энергия используется в большинстве химических производств для нагрева, перегонки, сушки, выпаривания, обжига, спекания, плавления и в других технологических процессах. Одной из характерных особенностей химических производств является большое потребление тепловой энергии на процессы, не связанные напрямую с технологией - отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха в производственных помещениях. На эти цели расходуется почти 25% тепловой энергии. Причем для обеспечения такого теплопотребления требуется теплота среднего и низкого температурного потенциала, что имеет особое значение при утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

В отличие от электро- и теплоэнергетики, отличающейся высокими потерями и общей неэффективностью производственного процесса, а также от черной металлургии, которая располагает значительными возможностями замены топлива побочными продуктами производства,

химическая промышленность может повысить энергоэффективность главным образом за счет обновления парка оборудования, что представляет собой длительный процесс, связанный с высокими затратами. При замене старых производственных мощностей новыми снижаются и средние показатели энергоемкости отрасли, и средние объемы удельных выбросов [3].

Эксперты подсчитали, что в связи с развитием отрасли потребление первичных энергоресурсов в российской химии может увеличиться с 20 млн. т.у.т. в 2008 году до 34 млн. т.у.т. в 2030 году. Однако внедрение мероприятий по сокращению энергопотребления позволит снизить затраты этой статьи себестоимости химической и нефтехимической продукции на 13-16%. [4]

Специфика повышения энергоэффективности в отдельных секторах экономики предопределила необходимость выделения конкретных направлений по реализации программных мероприятий по повышению энергоэффективности и снижению энергоёмкости.

Целью настоящих исследований являлось определение производств химической промышленности с наибольшей теплоотдачей и наибольшей стоимостью выделенной теплоэнергии.

По тепловому эффекту химические процессы подразделяются на экзотермические и эндотермические.

Экзотермическими процессами называются процессы, при которых теплота выделяется, а эндотермическими — процессы, при которых теплота поглощается. Числовое значение величин теплового эффекта определяется строением вещества и особенностями его переработки. Обычно тепловой эффект проявляется при сгорании вещества, образовании нового химического соединения, либо изменении агрегатного состояния вещества при его растворении, плавлении, испарении или конденсации.

Отличительной особенностью эндотермических процессов является высокий расход топлива и электроэнергии для подвода теплоты обработки, в то время как экзотермические процессы характеризуются значительным расходом охлаждающего теплоносителя (воды, воздуха и др.) для отвода теплоты. [5,6]

В соответствии с поставленной целью в данной работе предусматривалось решение задачи кластеризации производств химической промышленности.

Исследование проводилось с использованием программного пакета Statgraphics. Исходными данными для исследования являлись данные официального сайта Федеральной службы госу-

дарственной статистики и Международного энергетического агентства [7, 8].

В качестве метода классификации данных объектов нами был выбран кластерный анализ.

В данной работе проведена классификация множества объектов по двум переменным. Для проведения такой многомерной классификации используются методы кластерного анализа. Группы близких по какому-либо критерию объектов обычно называются кластерами. Кластеризацию можно считать процедурой, которая, начиная работать с тем или иным типом данных, преобразует их в данные о кластерах. Многие методы кластерного анализа отличаются от других методов многомерного анализа отсутствием обучающих выборок, т.е. априорной информации о распределении соответствующих переменных генеральной совокупности [9, 10].

Для проведения многомерной классификации были отобраны показатели теплоотдачи и стоимости выделенной теплоэнергии экзотермическими производствами химической про-

мышленности. Величины указанных показателей приведены в таблицах 1.

Кластерный анализ состоит из следующих этапов: выбор способа измерения расстояния или меры сходства; выбор метода кластеризации; принятие решения о количестве кластеров; интерпретация кластеров.

При кластерном анализе экзотермических производств химической промышленности в качестве меры сходства выбран квадрат евклидова расстояния. Данная мера расстояния используется в тех случаях, когда требуется придать больше значение более отдаленным друг от друга объектам.

После выбора меры сходства выбирается метод кластеризации. В данных исследованиях был использован иерархический агломеративный метод, в частности метод дальнего соседа. В этом методе расстояния между двумя кластерами определяется как расстояние между самыми удалёнными друг от друга значениями наблюдений, причём каждое наблюдение берётся из своего кластера.

Таблица 1

Стоимость выделенной теплоэнергии и теплоотдача экзотермических производств химической промышленности в 2012 г.

№ п/п	Наименование продукта	Стоимость выделенной теплоэнергии, млн. руб.	Теплоотдача, руб./т
Экзотермические производства			
1	Акрилонитрил	222,9	45,3
2	Окись этилена	212,2	244,9
3	Аммиак	199,4	2581,9
4	Капролактан	197,9	52,2
5	Полиэтилен в/д (LDPE)	107,4	41,7
6	Бензол	92,0	96,9
7	Бутадиен	81,8	32,8
8	Этилен	76,7	174,6
9	Пропилен	86,9	101,1

Источник: Росстат, IEA (Международное энергетическое агентство)

Следующим этапом решения является принятие решения о количестве кластеров. Процессу группировки объектов в иерархическом кластерном анализе соответствует постепенное возрастание расстояния между объединяемыми кластерами. Скачкообразное увеличение расстояния между объединяемыми кластерами можно определить как характеристику числа кластеров, которые действительно существуют в исследуемом наборе данных. Таким образом, этот способ сводится к определению скачкообразного увеличения расстояния между объединяемыми кластерами, которое характеризует переход от сильно связанного к слабо связанному состоянию объектов.

При исследовании экзотермических производств химической промышленности скачок происходит на 6 шаге объединения кластеров.

Оптимальным считается количество кластеров, равное разности количества наблюдений (9) и количества шагов до скачкообразного увеличения расстояния между объединяемыми кластерами (6). Следовательно, после создания трёх кластеров объединений больше производить не следует.

Двухмерная диаграмма рассеивания стоимости выделенной теплоэнергии и теплоотдачи экзотермических производств химической промышленности приведена на рис.1. Из диаграммы рассеивания видно, что первый кластер включает в себя три объекта (1, 2, 4), второй кластер включает в себя один объект (3), третий кластер включает в себя пять объектов (5-9).

Из диаграммы рассеивания следует, что первый кластер характеризуется низкой стоимостью выделенной теплоэнергии и высокой теп-

лоотдачей (1 – производство акрилонитрила, 2 – производство окиси этилена, 4 – производство капролактама). Во втором кластере наблюдается высокая стоимость выделенной теплоэнергии и

высокая теплоотдача (3 – производство аммиака). Третий кластер характеризуется низкой стоимостью выделенной теплоэнергии и низкой теплоотдачей.

Двухмерная диаграмма рассеивания

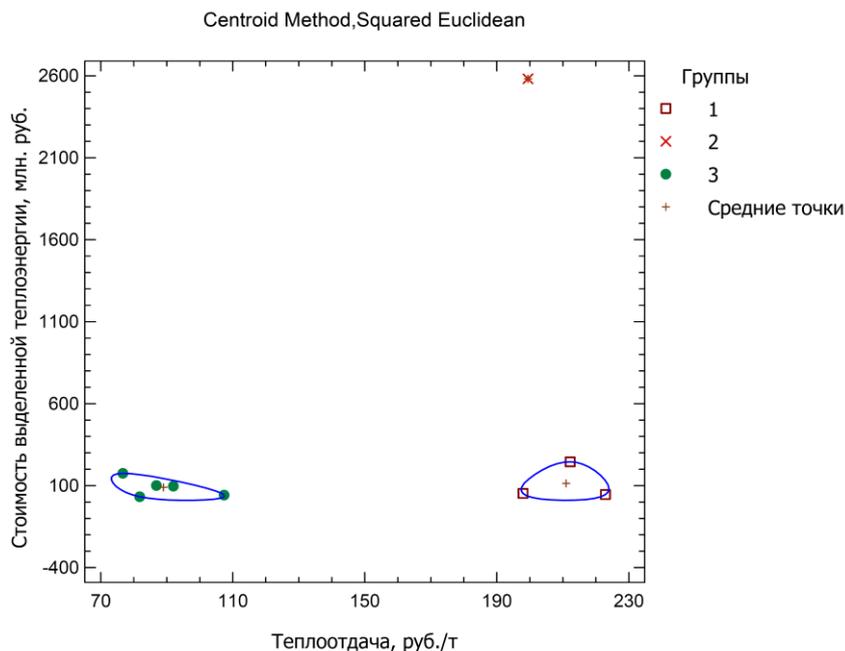


Рис. 1 Двухмерная диаграмма рассеивания экзотермических производств

По результатам проведенного анализа были определены химические производства с наибольшей теплоотдачей и наибольшей стоимостью выделенной теплоэнергии. Производства с наибольшей теплоотдачей являются производства акрилонитрила, окиси этилена, капролактама и аммиака. Производством с наибольшей стоимостью выделенной теплоэнергии является производство аммиака.

На основании вышесказанного следует, что использование кластерного анализа позволяет определить химические производства с наибольшей теплоотдачей и наибольшей стоимостью выделенной теплоэнергии. В связи с этим следует направить инвестиции в каждый из этих объектов анализа с целью внедрения технологий по использованию тепловых вторичных энергетических ресурсов, что позволит повысить энергоэффективность и снизить энергоёмкость в данных химических производствах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системное энергосбережение. [Электронный ресурс] // Сообщество «Рупек»: сайт. – <http://www.rupec.ru/analytics/?ID=3821>
2. Вяткин М.А. Основные направления развития энергетики химической промышленности (Экономия топлива и электроэнергии) / М.А. Вяткин, Н.И. Рябцев, С.Д. Чураков. – М.: Химия, 1987. – 32 с.

3. Энергоэффективная Россия // Отчёт, подготовленный экспертами McKinsey&Company. – 2009. – 160 с.

4. Готова Н.В. Системное энергосбережение / Н.В. Готова // Нефтехимия Российской Федерации. – 2011. – №5 (10). – с. 24-28.

5. Гинберг А.М. Технология важнейших отраслей промышленности: Учебник для экономических спец. вузов / А.М. Гинберг, Б.А. Хохлов, И.П. Дрякина и др.; Под ред. А. М. Гинберга, Б. А. Хохлова. — М.: Высшая школа, 1985. – 496 с.

6. Соколов Р.С. Химическая технология: Учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений: / Р.С. Соколов — М.: ВЛАДОС, 2000. — Т. 1: Химическое производство в антропогенной деятельности. Основные вопросы химической технологии. Производство неорганических веществ. — 368 с.

7. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики // <http://www.gks.ru>

8. Международное энергетическое агентство // <http://www.iea.org>

9. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. - М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

10. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка. - М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.