

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

КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ТОПЛИВОЁМКОСТИ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

orlean2000@yandex.ru

Рассмотрена группировка химических производств по совокупности таких показателей, как топливоёмкость и затраты на топливо. На основе общности топливоёмкости и затрат на топливо, химические производства были классифицированы на четыре группы. Определены наиболее топливоёмкие и топливопотребляющие химические производства.

Ключевые слова: классификация, кластерный анализ, группировка, многомерная классификация, химические производства, топливоёмкость, затраты.

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 2010 году после выхода из экономического кризиса объем выпуска продукции химического комплекса увеличился до 83,4 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.

Доля российской промышленности в общем объеме мирового химического производства составляет всего лишь 1%. В 90-е годы объемы производства химической продукции в России упали на 70% по сравнению с уровнем 1990 г. Хотя после 1998 г. рост в отрасли возобновился, производство до сих пор составляет лишь 60% от объемов 1990 г.

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 и электрическую 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].

Многие российские химические предприятия оснащены неэффективным оборудованием, которое потребляет большое количество электроэнергии. Из 20 млн. т.у.т. общего объема потребляемых в секторе первичных энергоресурсов более половины используется для обеспечения работы производственного электрооборудования. Однако, в США этот показатель составляет 30% от общего объема энергоресурсов. Если не будет принято никаких мер для повышения эффективности, конкурентоспособность российских компаний будет падать с ростом цен на электроэнергию.

Одной из особенностей химической промышленности, вытекающей из приведенных данных о размере и структуре энергопотребления отрасли, 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 (главным образом твердое и газообразное) используется в технологических установках [2].

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 наиболее топливоёмких и топливопотребляющих производств химической промышленности.

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 государственной статистики и Международного энергетического агентства [5, 6].

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

Классификация является одним из фундаментальных процессов в науке. Классификация – это упорядочение объектов по схожести.

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.

Наибольшее распространение в экономике получили иерархические агломеративные методы и итерационные методы группировки. При использовании методов кластерного анализа достаточно сложно дать однозначные рекомендации по предпочтению применения тех или иных методов. Необходимо понимать, что получаемые результаты классификации не являются единственными. Предпочтительность выбранного метода и полученных результатов следует обосновать.

Кластерный анализ – это способ группировки многомерных объектов, основанный на представлении результатов отдельных наблюдений точками подходящего геометрического пространства с последующим выделением групп как «сгустков» этих точек [7, 8].

Для проведения многомерной классификации были отобраны показатели затрат на топливо и топливоёмкости производств химической промышленности. Величины указанных показателей приведены в таблице 1.

Исследование состояло из следующих этапов:

- выбор способа измерения расстояния или меры сходства;
- выбор метода кластеризации;
- принятие решения о количестве кластеров;
- интерпретация кластеров.

В данной работе 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 удаленными друг от друга значениями наблюдений, причём каждое наблюдение берётся из своего кластера.

Таблица 1

Затраты на топливо и топливoёмкость производств химической промышленности в 2010 г.

№ п/п	Наименование продукта	Затраты на топливо, млн. руб.	Топливоемкость, руб./т
1	Акрилонитрил	30,5	220,3
2	Бензол	919,9	874,0
3	Бутадиен	373,0	930,9
4	Капролактam	63,5	199,0
5	Этилен	2119,2	930,9
6	Дихлорэтилен	8,0	312,7
7	Этиленгликоль	63,0	227,4
8	Окись этилена	50,7	177,6
9	Изопропиловый спирт	0,7	298,4
10	Фталевый ангидрид	256,6	1421,2
11	Пропилен	1149,1	987,7
12	п-Ксилол	183,9	348,2
13	Винилхлорид	103,5	191,9
14	Полиэтилентерефталат	58,6	291,3
15	Полистирол	89,8	348,2
16	Поливинилхлорид	210,1	397,9
17	Аммиак	10305,5	795,8

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.

В данном исследовании скачок происходит на 13 шаге объединения кластеров. Оптимальным считается количество кластеров, равное разности количества наблюдений (17) и количества шагов до скачкообразного увеличения расстояния между объединяемыми кластерами (13). Следовательно, после создания четырёх класте-

ров объединений больше производить не следует.

Двухмерная диаграмма рассеивания затрат на топливо и топливoёмкости приведена на рис.1. Из диаграммы рассеивания видно, что первый кластер включает в себя одиннадцать объектов (1, 4, 6-9, 12-16), второй кластер включает в себя четыре объекта (2, 3, 5, 11), третий кластер включает в себя один объект (10), четвертый кластер включает в себя один объект (17).

Из диаграммы рассеивания следует, что первый кластер характеризуется низкими затратами на топливо и низкой топливoёмкостью. Во втором кластере наблюдается низкие затраты на топливо и средняя топливoёмкость (2 – производство бензола, 3 – производство бутадиена, 5 – производство этилена, 11 – производство пропилена). Третий кластер характеризуется низкими затратами на топливо и высокой топливoёмкостью (10 – производство фталевого ангидрида). Четвёртый кластер характеризуется высокими затратами на топливо и средней топливoёмкостью (17 – производство аммиака).

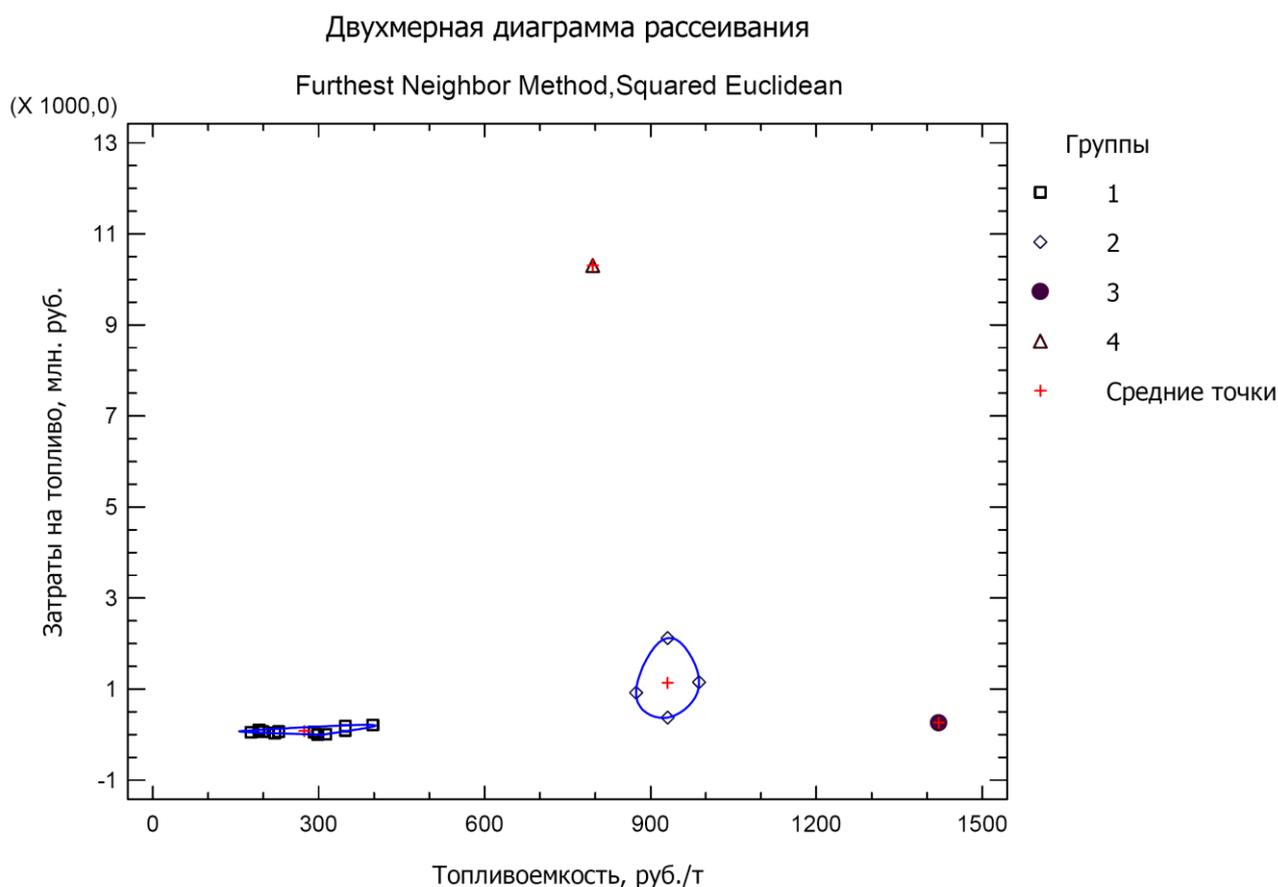


Рис. 1 Двухмерная диаграмма рассеивания затрат на топливо и топливoёмкости

По результатам проведенного анализа были определены наиболее топливoёмкие и топливoпотребляющие химические производства. Наиболее топливoёмким производством являются производство фталевого ангидрида. Наиболее топливoпотребляющим производством является производство аммиака. Это связано со значительным потреблением природного газа в качестве топлива для реформинга метана в трубчатых печах и большими объёмами производства аммиака.

На основании вышесказанного следует, что использование кластерного анализа позволяет определить наиболее топливoёмкие и топливoпотребляющие химические производства и направления инвестиций в каждый из этих объектов анализа, а также является основанием для разработки программ по повышению энергоэффективности и снижению энергоёмкости 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. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики // <http://www.gks.ru>

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

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

8. 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.