

1. Характеристика основных проблем энерго- и ресурсосбережения

Как известно, продукция химического комплекса характеризуется повышенным сырьевым и энергетическим индексом. В частности, доля материального компонента (сырье, топливо, материалы и др.) в структуре затрат на производство достигает 70%. Таким образом, становится очевидным, что существенного снижения себестоимости химической продукции невозможно добиться без воздействия на сырьевую и энергетическую составляющие. Анализируя показатели сравнительных технико-экономических показателей по энерго- и ресурсосбережению некоторых производств базовых химических продуктов в России и Зарубежье, необходимо отметить, что энергопотребление в России превышает зарубежное от 20% (производство кальцинированной соды) до 60% (каталитический крекинг). Аналогичная ситуация и с использованием сырья. Таким образом, у российской химической промышленности имеются серьезные проблемы в части ЭиРС, без решения которых невозможно устойчивое развитие и конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынке.

Подходы к ЭиРС в химической промышленности таковы:

- наилучшее использование движущей силы ХТП
- наилучшее использование сырья
- наилучшее использование топливно-энергетических ресурсов
- наилучшее функционально-структурное использование аппаратов и машин (в частности совмещенный реакционно-массообменный процесс)
- обеспечение и повышение надежности
- рациональная компоновка оборудования
 - замкнутое водоснабжение

В контексте сказанного выше, кратко рассмотрим некоторые положения характеризующие состояние минерально-сырьевого и топливно-энергетического секторов экономики России:

- износ фондов добывающих отраслей;
- годы резко сократились геологоразведывательные работы;
- в топливно-энергетическом балансе РФ очень высока доля нефти и газа (77%, а мировой – 57%), а доля угля крайне низка;
- наблюдается выработанность крупных нефтяных месторождений;

Иными словами, ЭиРС можно рассматривать как оптимизацию материальных и энергетических потоков существующих технологических процессов для производства продуктов. В то же время, эту задачу можно рассматривать и более широко, как поиск новых путей рационального использования энергии и сырья для получения новых продуктов.

2. Концепция полного использования сырья

Концепция полного использования сырья направлена на максимальный выход целевого продукта, максимальное превращение сырья в полезные продукты.

Концепция полного использования сырья реализуется в стремлении углубить переработку нефти и получить из нее максимум целевых продуктов. Разработанные и применяемые ныне технологические процессы переработки тяжелых остатков нефти позволяют увеличить отбор светлых нефтепродуктов до 75-80%.

Выбор схемы процесса – важнейший этап, на котором можно добиться улучшения использования сырьевых ресурсов. /одностадийное-двухстадийное/

Избыток одного из реагентов – как правило, более дешевого и доступного, а также возможность вернуть его в процесс. Используют два фактора влияния избытка реагента на увеличение выхода продукта

а) Термодинамический фактор заключается в том, что избыток одного реагента увеличивает равновесное превращение другого.

б) Кинетический фактор обусловлен особенностями механизма и кинетики протекающего процесса.

Противоточный контакт фаз – обеспечивает максимальную движущую силу процесса переноса, например противоточное движение теплоносителей в теплообменнике.

Рецикл используют при неполном превращении исходных реагентов. Для этого в системе разделения после реактора выделяют непрореагировавшие реагенты и возвращают в химический процесс. Типичным примером является синтез аммиака, в котором после конденсации и сепарации аммиака оставшуюся азотоводородную смесь снова направляют в реактор.

Регенерация с рециклом. В процессах с рециклом часто применяют вспомогательные материалы, которые вводят после проведения химической реакции и регенерируют на стадии выделения целевых продуктов или непрореагировавшего сырья.

3. Альтернативное сырье и утилизация отходов

Утилизация отходов позволяет получить дополнительные полезные вещества из побочных продуктов реакции, практически всегда образующиеся вместе с целевым продуктом (непрореагировавшие исходные вещества, побочные продукты реакции и примеси, имеющиеся в сырье).

/При синтезе аммиака часть циркулирующей азотоводородной смеси непрерывно выводят из системы. Это связано с тем, что свежая азотоводородная смесь содержит незначительное количество примесей, в основном метан, который не выводится с аммиаком и накапливается в цикле. Для предотвращения значительного накопления, приходится часть потока выводить из системы. В производстве аммиака применяют воздух как источник азота. С воздухом в азотоводородную смесь попадает аргон. Выделяя аргон из отходящего газа, получают дополнительный ценный продукт./

Альтернативное сырье. //Получение сырья для нефтехимической промышленности в основном базируется на трех ведущих процессах переработки нефти – каталитический крекинг (насыщенные и ненасыщенные углеводороды $C_2 - C_4$), термический пиролиз (этилен и другие низшие олефины) и каталитический риформинг (бензол и другие ароматические углеводороды). Относительная ограниченность запасов нефти, ухудшение качества нефти, рост затрат на добычу дает большую перспективу другим горючим ископаемым.//

Уголь – самое распространенное углеродсодержащее полезное ископаемое. Известны несколько методов, которые используются для превращения угля в жидкие углеводороды и топливо. Наибольшее значение приобрели гидрогенизация угля и газификация до CO и H_2 с последующим каталитическим синтезом углеводородов. В угленосных отложениях содержится природный газ.

///!!Нетрадиционные источники: сюда можно отнести тяжелые нефти, нефтяные пески и битумы, нефтегазонасыщенные низкопроницаемые коллектора, газогидраты, водорастворенные газы, а также диспергированные газы, сланцевая нефть и газ.//

Использование возобновляемых сырьевых ресурсов. В больших масштабах начинают применять продукты растительного происхождения. Помимо древесины потенциальным растительным сырьем вступают продукты (полуфабрикаты, отходы) сельского хозяйства (меласса, крахмал и др.).

4. Комбинирование процессов и комплексное использование сырья.

Комбинированное производство представляет собой комплекс взаимосвязанных технологических процессов для производства одного или нескольких продуктов.

//Характерным примером является совместное производство карбамида $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и аммиака NH_3 .//

Классификация комбинированных производств.

Первый - взаимосвязанные ХТС для производства двух и более продуктов. Характерным примером является совместное производство карбамида $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и аммиака NH_3 . Оба технологических процесса объединены не только линиями передачи CO_2 и NH_3 , но и другими вспомогательными связями – материальными и энергетическими.

Второй тип – комбинированные взаимосвязанные различные химико-технологические процессы, производящие один продукт. Пример – производство винилхлорида.

Более высоким уровнем комбинирования производств было бы замкнутое производство. В него поступает сырье и выходят только полезные потребляемые продукты для других производств. Вспомогательные материалы, имеющиеся отходы полностью используются для обеспечения процесса в замкнутых циклах. Замкнутых производств практически нет.

Полное использование потенциала сырья возможно при комплексной переработке сырьевых ресурсов, обеспечиваемой многими отраслями промышленности.

Концепция полного использования сырья реализуется в стремлении углубить переработку нефти и получить из нее максимум целевых продуктов. Разработанные и применяемые ныне технологические процессы переработки тяжелых остатков нефти позволяют увеличить отбор светлых нефтепродуктов до 75-80%.

7. Дайте определение понятиям: сырьё, полупродукт, побочный продукт. Приведите примеры из известных производств

Сырьё – все природные материалы, которые используются для производства промышленных продуктов. **Сырьё** - это необработанный природный продукт – объект переработки химическими способами.

Примеры сырья. Сырьё может иметь различное происхождение. **Минеральное сырьё** извлекается из недр земли, это всевозможные руды, твёрдое топливо, нефть, газ, минеральные соли и другие многочисленные минералы, которые располагаются в земной коре очень неравномерно. Второй вид **сырья** относится к **растительному и животному** происхождению. Это прежде всего древесина - материал, обладающий мощным ресурсом, продукты сельского хозяйства – хлопок, лен, джут, агавы, картофель, корнеплоды, масляничные и др.; животного происхождения – шерсть, жир, рыба.

В химическом производстве на различных стадиях переработки можно выделить следующие материальные объекты: сырьё, промежуточные продукты (полупродукты), побочные продукты, конечный целевой (готовый) продукт и отходы.

Полупродуктом называется сырьё, подвергшееся обработке на одной или нескольких стадиях производства, но не потреблённое в качестве готового целевого продукта. Полупродукт, полученный на предыдущей стадии производства, может быть сырьём для последующей стадии.

Примеры полупродуктов. Продукт производства **аммиак** может выступать в качестве продукта потребления – удобрения, непосредственно вносимого в почву, так и полупродукта – сырья для производства азотной кислоты. В свою очередь, **азотная кислота** может быть продуктом потребления, например, в текстильной промышленности, и полупродуктом – сырьём в производстве селитры.

Побочным продуктом называется вещество, образующееся в процессе переработки сырья наряду с целевым продуктом, но не являющееся целью данного производства. Побочные продукты, образующиеся при добыче или обогащении сырья, называются попутными продуктами.

Примеры побочных продуктов.

Шлам (белый порошок с включением небольшого количества комков) получается в процессе производства каустической и кальцинированной соды с использованием значительного количества известняка. **Железные (колчеданные) пиритные огарки** – отходы сернокислотных заводов – используются в дорожном строительстве в качестве минерального материала. Эти отходы на одних заводах получают в виде мелкозернистого, а на других – крупнозернистого материала.

Отходами производства называются остатки сырья, материалов и полупродуктов, образующихся в производстве и полностью или частично утративших свои качества.

Примеры отходов производства.

Доменный газ, древесная пыль, бишламы, пиромашины, химикалии, кислоты, щёлочи, пестициды.

8 Перечислите основные направления рационального использования сырья

К основным направлениям рационального использования сырьевых и топливно-энергетических ресурсов можно отнести:

- улучшение структуры топливного и топливно-энергетического баланса;
- более тщательную и качественную подготовку сырья к его непосредственному использованию на промышленных предприятиях;
- правильную организацию транспортировки и хранения сырья и топлива — недопущение потерь и снижения качества;
- комплексное использование сырья;
- химизацию производства;
- использование отходов производства;
- вторичное использование сырья и др.

Оптимальному использованию сырьевых ресурсов отвечает выполнение следующих условий организации производства:

- 1) Изыскание альтернативных источников первичного сырья в производстве базовых продуктов химической промышленности
- 2) Комплексное использование сырья
- 3) Применение производственных отходов в получении химической продукции.
- 4) Регенерация сырья и реагентов
- 5) Увеличение масштабов вовлечения возобновляемых сырьевых ресурсов в производстве химической продукции.
- 6) Использование бедных руд и концентрирование сырья.

10. Какие виды энергии и с какой целью используются в нефтехимической промышленности?

Современная химическая промышленность является одним из крупнейших потребителей топлива и электроэнергии; она широко использует тепловую, электрическую и механическую энергию. Структура потребления энергии характеризуется следующими данными (в %): электрическая – 40; тепловая (пар и горячая вода) – 50; топливо прямого использования – 10.

Тепловая энергия высокого потенциала ($> 623 \text{ K}$) используется главным образом для изменения физико-химических свойств сырья или полуфабрикатов посредством их обжига, а также для интенсификации химических реакций. Эту энергию получают за счет сжигания различных видов топлива (угля и продуктов его переработки – кокса, доменного и коксового газа, жидкого топлива и природного газа), непосредственно в технологических устройствах.

Тепловая энергия среднего ($373\text{-}623 \text{ K}$) и низкого ($323\text{-}423 \text{ K}$) потенциала используется для удовлетворения технологических нужд в таких производственных процессах, которые связаны с физико-химическими изменениями свойств обрабатываемых материалов и требуют для своего осуществления повышенных температур и давления. Это термический пиролиз и крекинг, выпарка, дистилляция, конверсия, сушка и обогрев в химической, нефтеперерабатывающей, лесоперерабатывающей промышленности и ряде других отраслей: очистка и сортировка обрабатываемых материалов (мокрое обогащение железных руд, промывка материалов в химической, целлюлозно-бумажной, легкой промышленности и т.п.). Низкопотенциальную энергию используют также для создания комфортных условий труда и быта в помещениях производственного и непромышленного назначения: бытового и коммунального горячего водоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха.

Основными энергоносителями, обеспечивающими тепловой энергией средне- и низкотемпературные процессы, являются пар и горячая вода. В перспективе их доля в составе энергоносителей достигнет 80-85 % потребления тепловой энергии среднего и низкого потенциала. Более 80 % от потребляемой химической промышленностью тепловой энергии расходуется на технологические нужды.

Электрическая энергия применяется для проведения электрохимических (электролиз растворов и расплавов) и электротермических (нагревание, плавление, возгонка, синтезы при высоких температурах и др.) процессов. В химической промышленности применяются также процессы, связанные с электромагнитными (в дуговых и индукционных печах, отделение магнитопроницаемых веществ от непроницаемых и т.п.) и электростатическими явлениями (электроосаждение пылей и туманов, электрокрекинг и др.).

Механическая энергия необходима главным образом для физических операций: дробления, измельчения, смешения, центрифугирования, работы насосов, компрессоров и вентиляторов, а также для различных вспомогательных операций (транспортировка грузов и т.п.).

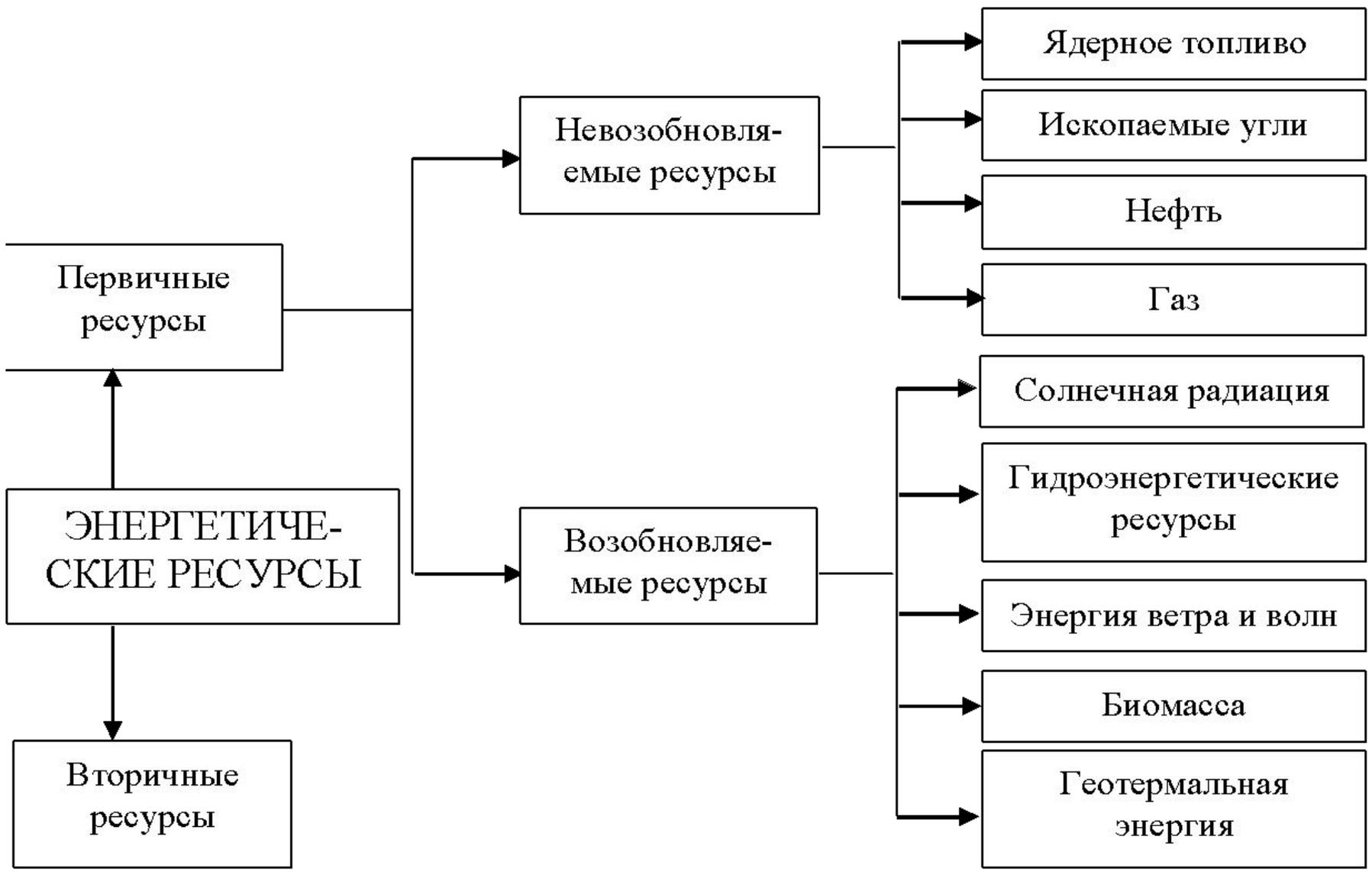
12. Перечислите основные источники энергии и классифицируйте их

К **первичным источникам** энергии относятся: ископаемые горючие и расщепляющиеся вещества, нагретые до высокой температуры воды недр Земли (термальные воды), солнце, ветер, энергия воды рек, морей, океанов и др.

Под **вторичными энергоресурсами (ВЭР)** подразумевается энергетический потенциал продукции, отходов, попутных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов (процессов). Под энергетическим потенциалом понимается наличие в указанных продуктах определенного запаса энергии (химически связанной энергии – теплоты, физической теплоты, потенциальной энергии избыточного давления). Например, отработавшие горючие органические вещества, горючие отработанные теплоносители промышленных производств (газ, вода, пар), нагретые вентиляционные выбросы. Как правило, это побочные продукты деятельности человека.

Первичные источники энергии условно разделяют на **невозобновляемые** и **возобновляемые**. К **невозобновляемым** первичным источникам энергии относят ископаемые горючие вещества (уголь, нефть, газ, сланец). К **возобновляемым** первичным источникам энергии относят все возможные источники энергии – продукты деятельности Солнца и природных процессов на поверхности Земли: ветер, водные ресурсы рек, океан, растительные продукты биологической деятельности (древесина и другие растительные вещества), а также энергия Солнца.

12. Перечислите основные источники энергии и классифицируйте их



13. Чем характеризуется энергетическая ценность топлива?

Энергетическая ценность топлива в первую очередь определяется его теплотой сгорания.

Топливо - вещество, основной составной частью которого является углерод, применяемое с целью получения, при его сжигании, тепловой энергии. По происхождению топливо делится на природное (нефть, уголь, природный газ, горючие сланцы, торф, древесина) и искусственное (кокс, моторные топлива, генераторные газы и др.), по агрегатному состоянию – на твердое, жидкое и газообразное. Основная характеристика топлива – теплота сгорания.

Теплота сгорания топлива

Для получения тепловой энергии и ее возможного дальнейшего превращения в механическую и электрическую энергию сжигают органическое топливо в энергетических котлах, промышленных печах и транспортных двигателях.

Теплота сгорания топлива - это количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м³ газообразного топлива. Часто теплоту сгорания называют также теплотворной способностью топлива.

14. Перечислите основные пути рационального использования энергии в химической промышленности

Высокая доля энергии в себестоимости химической продукции обусловила необходимость ее рационального и экономичного использования в производстве. Критерием экономичности *использования энергии* всех видов является коэффициент использования энергии, равный отношению количества энергии, теоретически необходимой на производство единицы продукции (W_T), к количеству энергии, практически затраченной на это ($Ж_n$).

Рациональное использование энергии в химическом производстве означает применение методов, повышающих коэффициент использования энергии. Эти методы могут быть сведены к двум группам: разработке энергосберегающих технологий и улучшению использования энергии в производственных процессах. К первой группе методов относятся:

- разработка новых энергоэкономных технологических схем;
- повышение активности катализаторов;
- замена существующих методов разделения продуктов производства на менее энергоемкие (например, ректификации на экстракцию и т. п.);
- создание комбинированных энерготехнологических схем, объединяющих технологические операции, протекающие с выделением и поглощением энергии (теплоты). Подобное сочетание в одном производстве энергетики и технологии позволяет значительно полнее использовать энергию химических процессов, другие энергоресурсы и повысить производительность энерготехнологических агрегатов.

Ко второй группе энергосберегающих методов относятся:

- уменьшение тепловых потерь за счет эффективной теплоизоляции и уменьшения излучающей поверхности аппаратуры;
- снижение потерь на сопротивление в электрохимических производствах;
- использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

ВЭР подразделяются на горючие (топливные), представляющие химическую энергию отходов технологических процессов переработки топлива и горючих газов металлургии; тепловые ВЭР, представляющие физическую теплоту отходящих газов и жидкостей технологических агрегатов и отходов основного производства, и ВЭР избыточного давления, представляющие потенциальную энергию газов и жидкостей, выходящих из технологических агрегатов, работающих под избыточным давлением.

В зависимости от вида и параметров состояния ВЭР различают четыре направления их использования в производстве:

- топливное направление в виде непосредственного использования горючих компонентов ВЭР в качестве топлива;
- тепловое направление в виде использования тепловых ВЭР;
- силовое направление в виде использования ВЭР для выработки механической или электрической энергии;
- комбинированное направление.

15. ВЭР

Вторичные энергоресурсы — низкопотенциальные источники тепловой энергии, использование которых позволяет снизить сжигание органического топлива и тем самым уменьшить загрязнение окружающей среды. Такими источниками, например, являются различные нагретые технологические газы (отходящие газы котельных установок, сушилок, печей), удаляемый вентиляционный воздух, нагретая вода от систем охлаждения технологического оборудования или продуктов производства, сточных вод.

Другими словами, вторичные энергетические ресурсы – это сырье, материалы, изделия и отходы производства, которые образуются при производстве продукции и могут быть в дальнейшем применены в производственном процессе при изготовлении новой продукции. Утилизация отходов позволяет более бережно расходовать природные ресурсы, например: 1 т макулатуры экономит 4 м³ древесины. Выделяют следующие основные виды вторичных энергетических ресурсов: горючие, избыточного давления, тепловые.

К горючим вторичным энергетическим ресурсам относятся образующиеся в процессе производства основной продукции газообразные, твердые или жидкие отходы, которые обладают химической энергией и могут быть использованы в качестве топлива. Источником горючих вторичных энергетических ресурсов являются лесная и деревообрабатывающая промышленность, химическая промышленность, сельское и коммунальное хозяйство. Вторичные энергетические избыточного давления (напора) – это потенциальная энергия газов, жидкостей и сыпучих тел, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением (напором), которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования этих жидкостей, газов, сыпучих тел или при выбросе их в атмосферу, водоёмы, ёмкости и другие приёмники. Сюда же относится избыточная кинетическая энергия.

Вторичные энергетические ресурсы избыточного давления преобразуются в механическую энергию, которая или непосредственно используется для привода механизмов и машин или преобразуется в электрическую энергию.

Примером применения этих ресурсов может служить использование избыточного давления доменного газа в утилизационных бескомпрессорных турбинах для выработки электрической энергии.

Тепловые вторичные энергетические ресурсы. К тепловым вторичным энергетическим ресурсам относится физическая теплота отходящих газов котельных установок и промышленных печей, основной или промежуточной продукции, других отходов основного производства, а также теплота рабочих тел, пара и горячей воды, отработавших в технологических и энергетических агрегатах. Для утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов используют теплообменники, котлы-утилизаторы или тепловые агенты. Рекуперация теплоты отработанных технологических потоков в теплообменниках может проходить через разделяющую их поверхность или при непосредственном контакте.

Основными направлениями использования ВЭР являются:

- топливное (ВЭР используются непосредственно в качестве топлива);
- тепловое (ВЭР используются непосредственно в качестве тепла или для выработки тепла в утилизационных установках);
- силовое (ВЭР используются непосредственно в виде электрической или механической энергии, полученной в утилизационных установках);
- комбинированное (ВЭР используются непосредственно как электрическая/механическая энергия и тепло, полученные одновременно в утилизационных установках за счет ВЭР).

В промышленности подобные энергетические ресурсы можно использовать для удовлетворения потребностей в топливе и энергии либо непосредственно (без изменения вида энергоносителя), либо путём выработки тепла, электроэнергии, холода и механической энергии в утилизационных установках. Большинство горючих ВЭР употребляются непосредственно в виде топлива, однако некоторые из них требуют специальных утилизационных установок. Непосредственно применяются также некоторые тепловые ВЭР (например, горячая вода систем охлаждения для отопления).

16. Перечислите основные технико-экономические показатели (ТЭП) химического производства и дайте им определения

Рентабельность процесса производства характеризуется следующими технико-экономическими показателями: расходным коэффициентом и степенью превращения, выходом продукта и селективностью, качеством продукции, производительностью и мощностью аппаратуры, интенсивностью процесса или аппарата, себестоимостью продукта и прибылью.

Расходный коэффициент и степень превращения сырья

Масса каждого вида сырья или количество энергии, которое затрачивается на единицу готового продукта, полученного в данном производстве, называется **расходным коэффициентом F_p** , который выражается в тоннах на тонну, кубических метрах на тонну и киловатт-часах на тонну.

Глубина протекания реакции, от которой зависят степень использования сырья и другие показатели химико-технологического процесса, характеризуется степенью превращения, выходом продукта и селективностью.

Степень превращения - это отношение количества вещества, вступившего в реакцию, к его исходному количеству. Допустим, протекает простая необратимая реакция типа $A \rightarrow B$. Если обозначить через v_{AB} исходное количество вещества A , а через v_A - количество вещества A в данный момент, то степень превращения $\alpha_A = \frac{v_{A0} - v_A}{v_{A0}}$ знта A составит:

Вместо степени превращения, тем большая часть исходного сырья вступила в реакцию и тем более продвинулся процесс химического превращения

$$\eta = \frac{G_{i\delta}}{G_{o\delta i\delta}} * 100\%$$

Выход продукта η - это отношение практически полученной массы продукта к теоретически возможной массе продукта в проц.

Максимальная масса продукта, которая может быть получена из данного сырья, рассчитывается по уравнению реакции, при этом учитывается содержание в сырье реагента, подлежащего превращению.

Для сложных реакций, когда с одним и тем же исходным веществом могут происходить несколько химических превращений и образовываться различные продукты, оценивать ход процесса лишь по степени превращения или выходу недостаточно. Степень превращения может быть высокой, т. е. большая часть исходных продуктов вступает в химическую реакцию, но не всегда приводит к образованию нужных (целевых) продуктов. Наряду с целевыми могут образовываться и ненужные (побочные) продукты. Чем больше образуется целевых и меньше побочных продуктов, тем эффективнее протекает процесс. Для характеристики таких сложных процессов и установления доли целевых продуктов в общем количестве полученных веществ пользуются величиной селективности.

Селективность - это отношение массы целевого продукта к общей массе полученных продуктов. Так, если в процессе протекают параллельные реакции $A \rightarrow B$, $A \rightarrow D$ и целевым является продукт B , а побочным D масса которых выражается через G_B и G_D соответств селективность составит:

$$\varphi_B = \frac{G_B}{G_B + G_D}$$

Поскольку общая масса полученных продуктов равна массе прореагировавшего вещества A ($G_B + G_D = G_{A0} - G_A$), селективность можно рассматривать как отношение массы полученного целевого продукта B к массе превращенного реагента A :

$$\varphi_B = \frac{G_B}{G_{A0} + G_A}$$

Производительность, мощность и интенсивность аппарата

Производительностью аппарата Π называется масса готового продукта G_{np} , фактически вырабатываемого в единицу времени τ при заданных условиях (режиме) процесса производства. Максимально возможная производительность аппарата при оптимальных условиях процесса производства называется его мощностью W . Таким образом, мощность аппарата есть его максимальная производительность: $\Pi = G_{np} / \tau$; $W = \Pi_{max}$

Интенсивностью J процесса или аппарата называется его производительность, отнесенная к единице полезного объема V или рабочей поверхности аппарата F . Так, интенсивность печей по обжигу колчедана выражается массой колчедана (в килограммах), обжигаемого в сутки на 1 м² рабочих сводов печи (например, 200 кг/(м²·сут)); сернокислотных установок башенной системы — массой безводной серной кислоты (в килограммах), получаемой в сутки с 1 м³ объема производонных башен (например, 70 кг/(м³·сут)); процесса синтеза аммиака — массой NH₃ (в килограммах), получаемого в час с 1 м³ колонны синтеза, заполненной катализатором (например, 5000кг/ (м³·ч)), и мартеновских печей — массой стали (в тоннах), снимаемой в сутки с 1 м² пода печи (например, 8 т/(м²·сут)) и т. д.

Интенсивность и производительность аппарата взаимосвязаны между собой $\Pi / V = G_{np} / V\tau$ $J = \Pi / F = G_{np} / F\tau$

Чем интенсивнее протекает процесс, тем выше производительность аппарата.

19. Основы энерготехнологии

Энерготехнология - комплекс мероприятий по организации взаимосвязи и взаимообусловленности технологических и энергетических процессов данного производства с целью экономии топливно-энергетических ресурсов и создания практически безотходных производств по сырью, материалам и теплоте.

То есть энерготехнологический процесс (ЭТП) представляет собой химико-энергетическую систему (ХЭС) с двумя сопряженными целевыми функциями.

Первая – химико-технологическая функция - в основе которой лежит химический способ переработки сырья для получения заданного продукта требуемого качества.

Вторая – энергетическая – обеспечивает наиболее полное использование тепла реакции горения топлива и протекающих экзотермических реакций, а также энергии вторичных ресурсов.

С помощью ХЭС можно создавать энергетически компенсированные производства, в которых тепло экзотермических реакций (включая технологическое горение) непосредственно применяется для организации эндотермических процессов.

Такая система не потребляет энергию извне, энергетически она автономна, потребляя необходимое количество топлива. Энергетический узел, вырабатывающий недостающую энергию из подводимого топлива, является подсистемой ХТС. Приведем два классических примера энерготехнологической системы.

В современном производстве азотной кислоты под давлением один из сырьевых компонентов - воздух - сжимается в компрессоре и направляется в технологические аппараты. После всех превращений остается практически только азот как отходящий газ под давлением меньшим, чем давление воздуха после компрессора. Потенциал отходящего газа недостаточен, чтобы полностью компенсировать затраты на сжатие исходного воздуха, хотя можно его использовать для частичного возмещения затрат. Увеличить энергию отходящего газа как рабочего тела турбины можно повышением его температуры. Для этого в линию отходящего газа подают топливо - природный газ - и сжигают его с остатками кислорода. Это и есть энергетический узел. Но его функции не только энергетические, но и технологические. Подогрев газа нужен для очистки его от остатков оксидов азота. Используя небольшой избыток метана, создают восстановительную атмосферу в отходящем газе, и на катализаторе в реакторе очистки оксиды азота восстанавливаются до азота. После реактора очистки потенциал горячего газа достаточен для привода компрессора воздуха с помощью газовой турбины. После турбины очищенный газ может быть направлен непосредственно в выхлопную трубу. В этой схеме также использована регенерация тепла, сокращающая расходы топлива.

Другой пример - энерготехнологическая схема в производстве аммиака. Для сжатия и циркуляции азотоводородной смеси на стадии синтеза используют мощные турбокомпрессоры, требующие скоростного привода (паровая турбина). Пар высоких параметров обычно получают на ТЭЦ, и производство аммиака становится сильно зависимым от нее. Избежать этого можно в энерготехнологической системе. Дымовые газы после трубчатой печи конверсии метана имеют температуру более 950 °С, и их можно использовать для выработки пара высоких параметров, но их не хватает для привода паровой турбины. Недостаток энергии восполняют сжиганием дополнительного топлива в дымовом газоходу после трубчатой печи, т.е. установкой энергетического узла как элемента технологической схемы. Используют также тепло технологического газа после второй, паровоздушной конверсии метана. Тепла технологического газа, дымовых газов и дополнительной горелки как энергетического узла достаточно, чтобы отказаться от потребления энергии извне. Таким образом, производство аммиака стало автономным по энергии.

20. Катализ и энерго- и ресурсосбережение

Каталитические технологии играют определяющую роль в современном состоянии топливно-энергетического, нефтеперерабатывающего и химического комплексов. На каталитических процессах практически полностью базируются производства моторных топлив, авиакеросина, ядерного топлива, взрывчатых веществ, минеральных удобрений. Современные каталитические технологии являются базой для создания новых производств, с более высоким энерго- и ресурсосберегающим потенциалом, а также для обеспечения эффективных природоохранных мер.

Некоторые химические реакции без катализаторов практически неосуществимы, например, из-за слишком большой энергии активации. Казалось бы, что для преодоления высокого энергетического барьера можно повысить кинетическую энергию молекул, т.е. увеличить температуру. Но для многих обратимых экзотермических реакций повышение температуры приводит к смещению равновесия в обратную сторону и делает реакцию неразрешенной термодинамически. В таких случаях применение катализатора не только оправдано, но и необходимо. Катализатор снижает энергию активации реакции и позволяет тем самым проводить ее при существенно более низких температурах, что резко снижает энергоемкость производства.

В настоящее время в нефтепереработке и нефтехимии гетерогенно-каталитические процессы составляют до 90%. Свыше 75% нефтепродуктов вырабатываются с использованием каталитического крекинга, гидрокрекинга, риформинга, гидроочистки от сернистых соединений и других каталитических процессов

Выбор катализатора для того или иного процесса определяется в основном технологическими и экономическими соображениями. Катализаторы должны иметь высокую активность, избирательность, низкую температуру зажигания, быть стабильными в работе, малочувствительными к перегреву, к действию контактных ядов, иметь достаточную механическую прочность. Ресурсосбережение в каталитических технологиях обеспечивается вследствие увеличения селективности выхода целевого продукта, что, естественно, приводит к снижению расходных показателей по сырью. Кроме того, высокая активность современных катализаторов дает возможность сократить габариты агрегатов (понижить металлоемкость).

Примером больших возможностей современных каталитических технологий в решении проблем ЭИРС может служить производство этилбензола. В настоящее время практически все действующие производства этилбензола как в РФ, так и в зарубежной практике базируются на использовании гомогенного катализатора (хлористого алюминия) алкилирования бензола этиленом. К недостаткам этого процесса относят необходимость утилизации большого количества сточных вод и твердых отходов, а также относительно высокие расходные нормы по сырью (до 800 кг бензола и до 290 кг этилена на тонну этилбензола).

В Институте катализа СО РАН были разработаны катализаторы для парофазного алкилирования бензола этиленом на основе высококремнеземного цеолита. Парофазный способ алкилирования позволяет снизить удельный расход этилена и бензола при производстве этилбензола максимум до 7-8%, а расход катализатора уменьшить более чем в 20 раз, что делает новый процесс весьма перспективным для вновь