

Слащев И.Н., к.т.н.,
(ИГТМ НАН Украины)
Приходченко С.Д., ассистент,
Слащев А.И., студент
(Государственный ВУЗ «НГУ»)

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Наведено метод, структурний алгоритм і програмне забезпечення для оцінки ефективності технологій переробки вуглевідходів, які дозволяють відпрацьовувати параметри енерготехнологічних комплексів модульного типу

LAYOUT SINGULARITIES ENERGOTECHNOLOGICAL COMPLEX ON PROCESSING OF CARBONACEOUS WASTE

A method, structural algorithms and software for evaluating the effectiveness of processing technologies breed-coal wastes allowing work parameters of energotechnological complexes of module type

Введение. Экологические и экономические проблемы, возникающие при использовании угольного топлива, требуют разработки и внедрения новых эффективных технологий переработки отходов производства. Повышение качества угля в Украине обеспечивают примерно 60 обогатительных фабрик. Шламы десятилетиями собираются в шламонакопителях, поэтому постоянно увеличивается количество потерянных сельскохозяйственных земель. Аналогичная проблема стоит перед тепловыми электростанциями, у которых возникает необходимость утилизации золошлаковых отходов. Миллионы тонн угольных шламов и золы исключены из производственного цикла, хотя могут быть эффективно использованы для вторичной переработки. В отличие от развитых стран, в странах СНГ годовое потребление золошлаковых отходов ниже в 10-30 раз и составляет около 4 % от количества образующихся некондиционных углесодержащих образований. Поэтому научные исследования по утилизации углесодержащих отходов весьма актуальны и позволяют найти решения, с одной стороны экологических проблем регионов Украины (ликвидировать шламонакопители, гидроотвалы, териконы и золохранилища), а с другой – значительно увеличить рентабельность угольных предприятий.

Анализ состояния проблемы. ИГТМ НАН Украины проведены обширные аналитические и лабораторные исследования, необходимые для разработки эффективных технологий термодеструкции шламов и некондиционного угля, в том числе с получением сырья для строительной промышленности. Получены зависимости изменения содержания химических компонентов в золе от режимов пиролиза. Установлены связи между параметрами процесса термодеструкции и параметрами технологии получения твердого остатка с заданными химическими показателями, которые отвечают наиболее перспективным направлениям использования углеотходов. Исследования позволили более полно рас-

крыть механизм термической переработки шламов и некондиционного угля с учетом свойств их органической и минеральной составляющих [1-3]. Вместе с тем, максимальной эффективности переработки можно достичь только путем обоснования рациональных технологий производства с выбором наиболее подходящего для данных условий варианта компоновки энерготехнологического комплекса [4-6].

Цель работы. Разработать метод, структурный алгоритм и программное обеспечение для отработки параметров технологии переработки углеотходов энерготехнологическими комплексами, в том числе модульного типа.

Естественным и перспективным развитием научных исследований в данном направлении является создание замкнутого цикла переработки максимально возможного объема шламов и некондиционных углей. Следует отдельно отметить, что выбор компоновки энерготехнологических комплексов (ЭК) весьма затруднен в связи с изменчивостью химико-структурного состава исходного сырья и получаемых материалов, значительным количеством способов первичной обработки и параметров промежуточных процессов, многовариантностью возможных результирующих продуктов и других изначально неопределенных данных. Кроме того, необходимо оценивать как можно большее количество вариантов, из которых в результате анализа должен быть выбран наилучший.

В качестве структурного варианта компоновки ЭК на основе отечественного и мирового опыта высокоэффективных и экологически сбалансированных способов безотходной переработки предложено применять многофункциональные ЭК модульного типа, которые наиболее полно соответствуют требованиям успешной приспособляемости к различным условиям эксплуатации. Они представляют собой систему, состоящую из отдельных модулей, конструктивно и функционально совместимых между собой. Комбинации различных согласуемых модулей позволяют получать различные по составу и мощности ЭК, преимуществами которых являются: модульность, приспособленность к исходному сырью и климатическим условиям, многофункциональность, достаточно короткие сроки окупаемости. В данном случае многофункциональность трактуется как возможность из некондиционных органоминеральных углесодержащих ресурсов попутно извлекать электрическую и тепловую энергию, генераторные газы, а также производить широкий спектр строительных и других материалов. Поэтому модульная компоновка сочетает принципы технической рациональности, экономической выгоды и экологической безопасности. Для реализации этой концепции предложена методология оценки вариантов ЭК, позволяющая применить установленные закономерности изменения свойств исходных компонентов органоминерального продукта при его термодеструкции [3-5] к вполне определенной технологии получения твердого остатка с заданными химическими показателями, которые, в свою очередь, регламентируются нормативно-техническими документами на строительные материалы.

Разработка проекта ЭК предусматривает создание замкнутого технологического цикла. При определении взаимосвязей отдельных процессов переработки и планируемой компоновки ЭК используется принцип наследования парамет-

ров каждого технологического модуля с учетом характеристики применяемого оборудования, который заключается в том, что наиболее эффективные технологии переработки и их параметры, полученные после предыдущего технологического цикла, являются исходными данными для последующего этапа проектирования. Каждый технологический цикл анализируется отдельно путем оценки многофакторных связей между параметрами в системе «свойства исходного сырья – параметры технологии – свойства конечных продуктов».

Структурную схему ЭК можно представить тремя основными модулями. В качестве исходного сырья для первого модуля ЭК используются шламы и некондиционные смеси вмещающих пород с низкокачественными углями. В процессе переработки по сравнению с первичным материалом происходит существенное изменение минерального и химического состава, на фоне которого отмечается или аккумуляция, или исчезновение как полезных, так и вредных элементов. В связи с этим первый и второй модули ЭК содержат алгоритмы анализа рациональных технологий предварительной и промежуточной переработки, критериальной оценкой которых на каждом этапе являются нормативные требования и ограничения на исходные и получаемые в результате переработки параметры продуктов, содержащиеся в действующих нормативных документах. Эти параметры включают: физико-химические составы и объемы выделяемых газов; структуру, химический и гранулометрический составы твердого остатка; состав жидкой фракции и других продуктов переработки, а также технологические – режимы нагревания, способ и скорость подводки тепла, конечная температура нагревания, давление и др. То есть, выполняется комплексный анализ исходных свойств углеотходов и продуктов их промежуточной переработки. Это позволяет отработать наиболее перспективные направления промышленного использования материалов, полученных в ходе промежуточных технологических процессов, обосновать и выбрать в каждом конкретном случае наиболее привлекательный проект технологии утилизации.

На практике обычно рассматривают несколько альтернативных вариантов промежуточных и конечных циклов переработки. Поэтому после каждого технологического цикла оценивается возможность применения полученных продуктов для производства тепловой и электрической энергии, промышленных газов, жидкого топлива и масел, строительных и других материалов. В отдельных случаях применение продуктов переработки не допускается из-за несоответствия требованиям технологии производства, содержания серы и других примесей. Результатом работы полного цикла ЭК является получение готовой продукции из компонентов промежуточных циклов переработки и конечного продукта при полном цикле утилизации (модули получения готовой продукции).

Поскольку целесообразность строительства ЭК можно оценить только на основе детального исследования с учетом условий конкретной площадки, то оценка вариантов его компоновки предусматривает максимальный учет особенностей исходного физико-химического состава сырья конкретного месторождения с прослеживанием его изменения после каждого промежуточного

технологического цикла. При пиролизе углесодержащей фракции в некондиционной горной массе и шламах происходит увеличение (в десятки раз по сравнению с углем) концентрации необходимых для строительных материалов химических элементов. Так, если в результате пиролиза шламов Червоноградской ЦОФ с исходной зольностью 30-60 % снизить содержание органического углерода до 12 % (и содержание серы до 1,5 %), то можно получить строительную керамику и основания для дорожного строительства, а до 8 % – керамзит или вяжущие материалы. То есть, в каждом случае нужен разный режим работы оборудования и достижение более 30 значений основных нормируемых параметров.

Основные нормируемые параметры, технические требования к строительным материалам, производимым в Украине, а также требования безопасности и охраны окружающей среды содержатся в государственных стандартах, государственных и ведомственных строительных нормах, технических условиях и других нормативно-технических документах. Только на производство керамической и бетонной черепицы, бетонных и железобетонных изделий, стеновых камней и кирпича, теплоизоляционных изделий, строительных растворов и пористых заполнителей существует более ста нормативно-технических документов. Кроме того, они постоянно пополняются и изменяются, появляются новые исследования по технологиям переработки и новым материалам. Поэтому полный анализ параметрических данных и оценка вариантов ЭК возможны только при создании специализированного программного обеспечения, позволяющего в автоматическом режиме анализировать все доступные нормативно-технические документы и достижения новых научных разработок.

Общие принципы построения алгоритма для программного обеспечения, реализующего методологию компоновки ЭК, основаны на разделении систем ввода, вывода, редактирования и анализа данных на структурные блоки (рис. 1), которые имеют собственные интерфейсы и элементы управления, взаимодействие между которыми осуществляется путем передачи сообщений. Первый и третий блоки служат для ввода и корректировки оператором исходных параметров исследуемого материала, который является сырьем для наиболее предпочтительного технологического цикла переработки, и параметров, полученных в результате данного процесса. Второй блок содержит редактируемую базу данных нормативно-технических документов, регламентирующих возможные варианты практического использования получаемой продукции, а также ограничения и нормативные требования на параметры выбранной технологии. Третий блок служит для контроля параметров промежуточных процессов переработки. Четвертый и пятый блоки включают алгоритмы запросов поиска в базах данных необходимой документации, анализа найденной информации и сопоставления нормативных данных со значениями параметров, определяемых пользователем.

Блок результатов поиска и анализа данных сгруппирован по двум направлениям (блок 6, рис. 1). Первое включает список строительных и других материалов, которые можно непосредственно получить на данном этапе технологи-

ского цикла с указанием их наименований, параметров технологии переработки и способов контроля получаемых материалов (например, температуры, остатка на сите, прочности и др.), наименований регламентирующих данную технологию нормативных документов. Второе направление включает список материалов, для производства которых требуется дальнейшая переработка или не хватает исходной информации по свойствам сырья с указанием наименования предполагаемого материала, неудовлетворяющих нормативным требованиям или недостающих параметров, возможных путей дальнейшей переработки. Этот блок структурного алгоритма предназначен для отработки параметров многофункциональных ЭК модульного типа и помогает оценить разные варианты компоновки ЭК с получением сведений о предполагаемом конечном продукте.

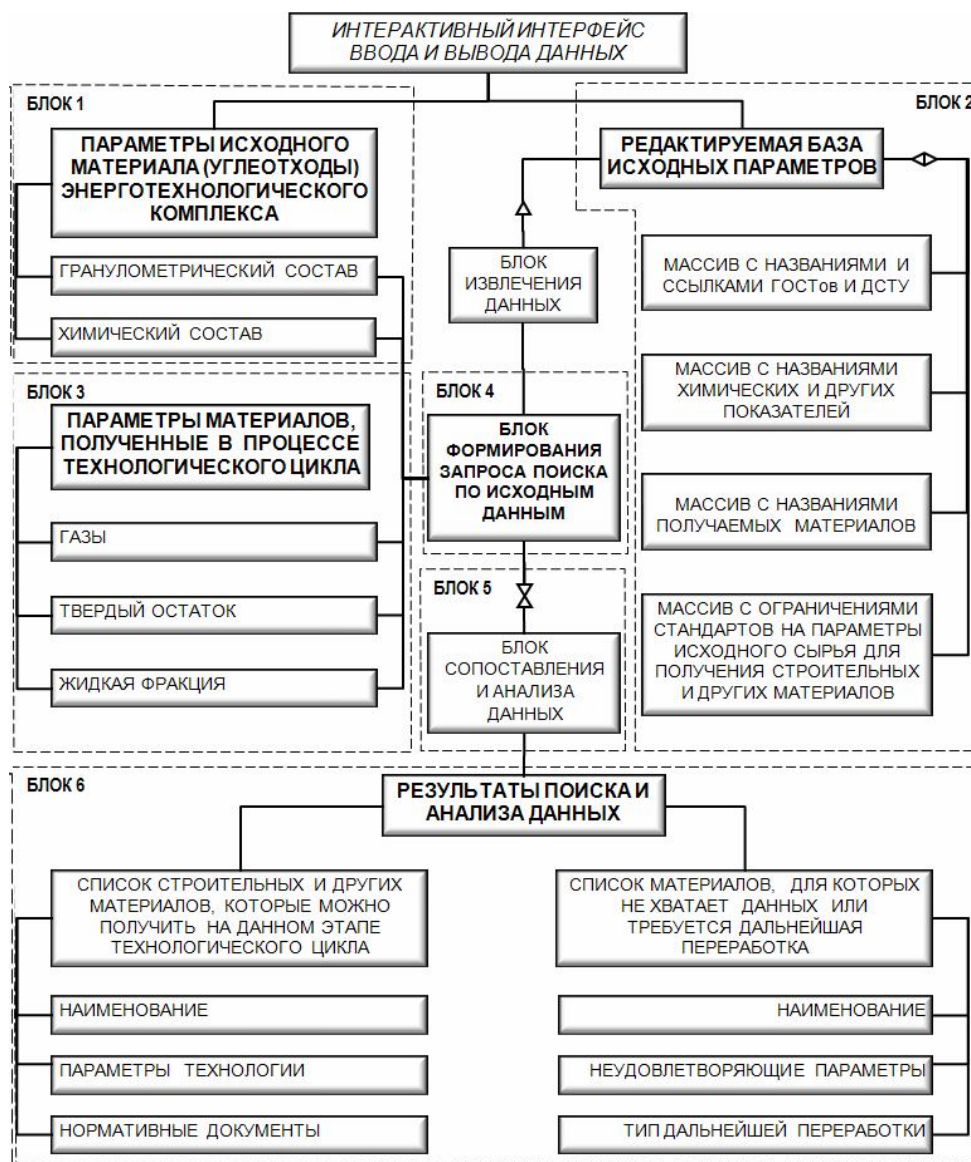


Рис. 1 – Структурный алгоритм анализа параметров ЭК

Для реализации алгоритма оценки исходных и получаемых параметров многофункциональных ЭК модульного типа и определения направлений возможно-

го использования углеотходов в промышленности разработана программа «Перспектива», которая удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к программному обеспечению высокого уровня. Программа дает возможность: оперативно проводить сравнительный анализ баз данных широкого спектра нормативно-технических документов, содержащих нормативные требования и технологические ограничения по физико-химическому, гранулометрическому составам и другим параметрам углеотходов; выполнять автоматический поиск рациональных решений по их переработке и утилизации; имеет алгоритмы интерактивного дополнения баз данных нормативно-технической документации и параметров технологических процессов.

Объектно-ориентированная методология проектирования программы позволила в полном объеме использовать новейшие концепции программирования (наследование, инкапсуляцию, полиморфизм и др.). В ней использован современный язык объектно-ориентированного программирования C#, который спроектирован специально для применения с Microsoft .NET Framework (развитой платформой разработки, развертывания и исполнения распределенных приложений), что дало возможность разработать интерактивный интерфейс, основанный на Windows Forms (отображает информацию, запрашивает ответы пользователя). Такая технология создания программного приложения дала возможность получить следующие преимущества. Во-первых – использовать компьютерную технологию автоматического управления памятью *garbage collection* (GC, «сбор мусора»), с помощью которой периодически удаляются объекты, далее не востребованные приложением, оптимизируя его ресурсы. Во-вторых – применить процесс перевода структур данных в последовательность битов и восстановления начального состояния структуры из битовой последовательности *serialization* («сериализацию»), который использован для упрощенного сохранения данных на диске. В третьих – применить управляемые объекты *delegate* (делегаты), что гарантировало указание на допустимый объект, а это в свою очередь, исключило применение недопустимых адресов.

Программа состоит из шести основных блоков, которые представлены векторами классов и алгоритмами их обработки. Можно выделить четыре основных класса: *standard* – используется для класса *Material* и хранит в себе название нормативных документов и данные по их местонахождению; *properties* – используется для хранения физико-химических и других параметров, применяемых для сравнительной оценки нормированных показателей с данными лабораторных исследований; *quantity* – указывает в каком соотношении физико-химические и другие показатели находятся в исследуемом материале; *material* – в этом программном классе хранится название материала, описание материала, векторы классов *Quantity* и *Standard*. Каждый из перечисленных классов имеет форму для редактирования (например, класс *Material* редактируется формой *FormMaterial* и т.д. Главной и обобщающей является форма *FormMain*.

Программа «Перспектива» удобна и проста в применении, так как окна для заполнения физико-химических параметров углеотходов и нормативных документов, а также определения возможной технологии переработки созданы ин-

терактивными и привычными для пользователя операционной системы Window's. Для интерактивного взаимодействия пользователя с программой разработаны три пользовательских элемента управления (рис. 2). Элемент управления ListX представляет собой вектор классов с усовершенствованным интерфейсом, ListXEdit – позволяет манипулировать вектором классов и привязать формы редактирования классов к массивам данных, ListXSelect – дает возможность из одного вектора классов получить другой вектор, что необходимо для ввода и корректировки исходных данных.



Рис. 2 – Пользовательские интерактивные элементы управления

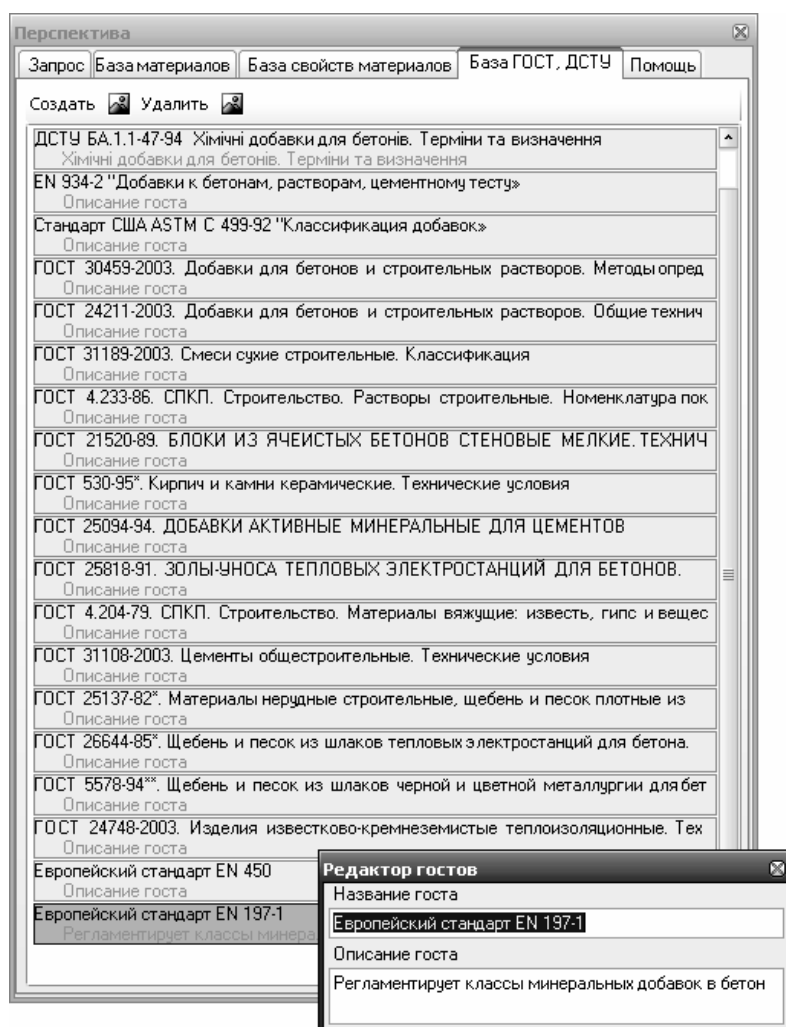


Рис. 3 – Интерфейсы пользователя для дополнения и корректировки данных нормативно-технической документации и свойств материалов

Нормативно-технические требования и ограничения вводятся пользователем в интерфейсы дополнения и корректировки баз данных (рис. 3). Это позволило расширить возможности программы путем ввода новых параметров свойств материалов и нормативно-технических документов. Переход с одного окна на другое осуществляется с помощью мыши.

База нормативных ограничений и требований к сырью и материалам заполняется оператором.

Пользователь заполняет подписанные окна, для увеличения скорости заполнения при вводе физико-химических параметров углеотходов предоставляется ряд функций, например, выбор знаков «больше», «меньше», «больше или равно» и других (рис. 4).

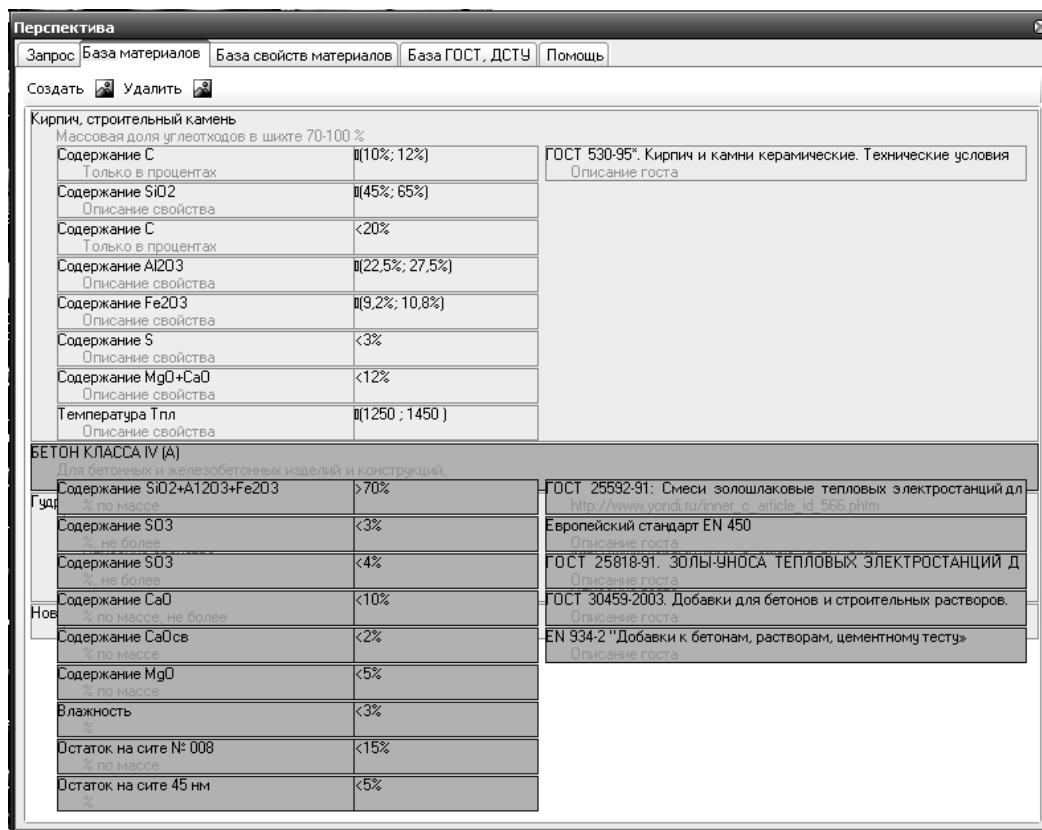


Рис. 4 – Задание и корректировка свойств материалов

Для добавления базы данных по нормативным документам, а также просмотра нормативных документов и ссылок на интернет-адрес институтов и учреждений, где они опубликованы, служит окно «редактор материалов» (рис. 5). В каждом конкретном случае для анализа того или иного процесса пользователь имеет возможность выбора соответствующих нормативных документов и типов параметров.

Для сравнительного анализа параметров углеотходов нужно занести исходные данные исследуемого материала (влажность, химический, гранулометрический и др. составы) в «базу материалов» (рис. 4, 5) и вызвать окно «запрос по базе». Программа автоматически производит поиск и анализ данных, после чего в окнах, отображающих результаты поиска, показывает список строительных и других материалов, которые можно получить на данном этапе проектирования технологического цикла, и список материалов, для производства которых требуется дальнейшая переработка или не хватает исходной информации по свойствам сырья (рис. 6).

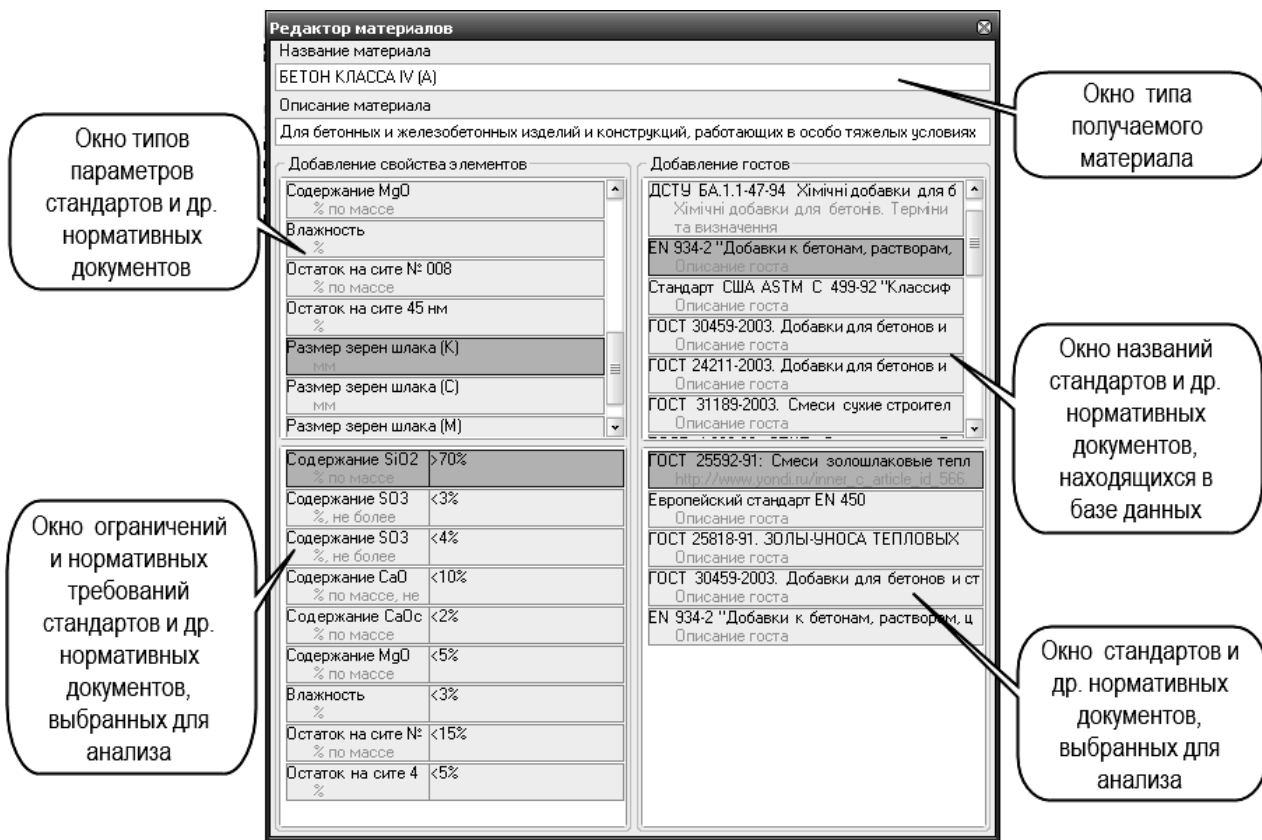


Рис. 5 – Окно выбора из базы данных нормируемых параметров

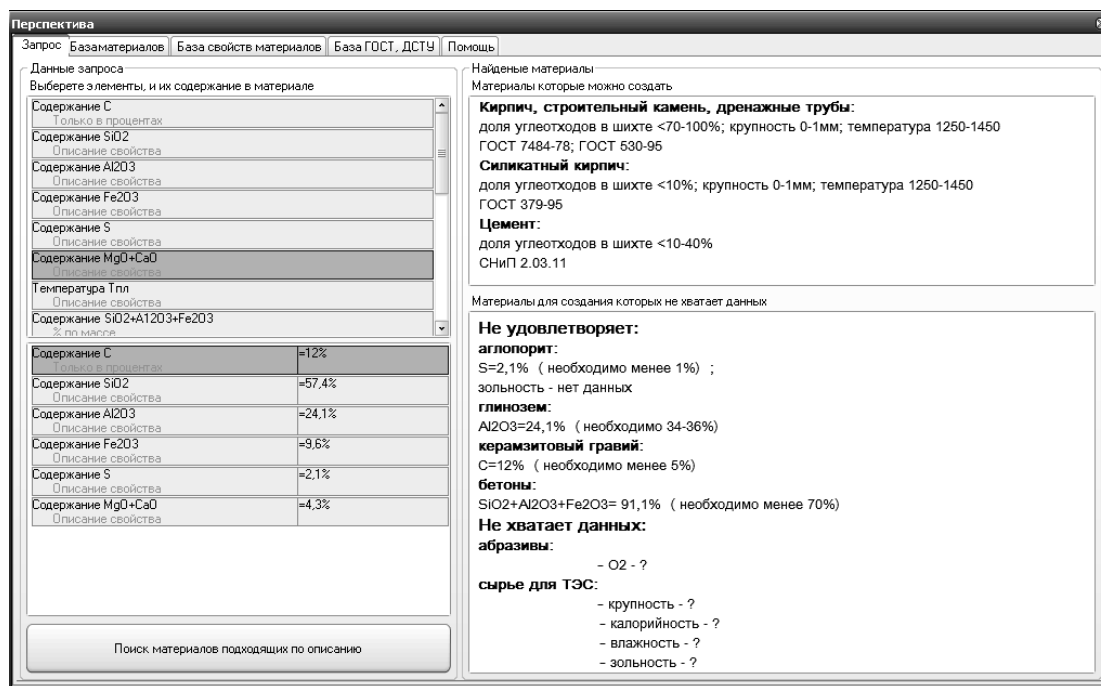


Рис. 6 – Выполнение запроса на поиск и анализ данных

Программа «Перспектива» для отработки параметров ЭК и оценки направлений использования углеродов в промышленности представляет собой многофункциональную научную программу с высокой вычислительной эффектив-

ностью, современной и удобной визуализацией результатов расчетов, имеет специальные алгоритмы поиска и упорядочивания данных, а также возможность постоянного пополнения баз минерально-химического состава и других параметров с целью их корректировки при утверждении новых стандартов, а также получении более поздних научных данных.

Выводы.

1. Предложена методология оценки технологических вариантов многофункциональных энерготехнологических комплексов по утилизации шламов и некондиционных углей с учетом закономерностей изменения свойств исходных компонентов органоминерального продукта при его термодеструкции, которая основана на конструктивно, функционально и параметрически совместимом модульном построении. Для компоновки энерготехнологического комплекса используется принцип наследования параметров каждого модуля, когда наиболее эффективные технологии переработки и их параметры, полученные после предыдущего технологического цикла, являются исходными данными для последующего этапа проектирования. При этом проводится нормативно-техническая проверка характеристик промежуточного и готового продуктов. Это позволяет отработать наиболее перспективные направления промышленного использования материалов, полученных в ходе промежуточных технологических процессов, обосновать и выбрать в каждом конкретном случае наиболее привлекательный проект технологии переработки.

2. Для анализа параметров энерготехнологических комплексов модульного типа разработана многофункциональная научная программа с высокой вычислительной эффективностью, современной и удобной визуализацией результатов расчетов, которая дает возможность: оперативно проводить сравнительный анализ широкого спектра нормативных требований и технологических ограничений по составам и другим параметрам продуктов переработки, выполнять автоматический поиск рациональных решений по их переработке, а также имеет алгоритмы интерактивного дополнения баз данных нормативно-технической документации и параметров технологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слащева Е.А. Оценка продуктов термопереработки низкосортных углей и угольных шламов для обоснования эффективной технологии их использования и утилизации / Е.А. Слащева, В.Л. Приходченко, И.Л. Кратковский // Геотехническая механика. – Днепропетровск : ИГТМ НАНУ, 2009. – Вып. 83. – С. 263-268.
2. Результаты исследования термодеструкции низкосортных углей и угольных шламов / В.Л. Приходченко, Е.А. Слащева, В.Я. Осенний, Н.В. Коваль // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. – Вып. 85. – С. 154-160.
3. Решение проблем экологической безопасности шламохранилищ углеобогатительных предприятий / В.Л. Приходченко, Е.А. Слащева, В.Я. Осенний и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. // Сб. науч. тр. – Днепропетровск: ГВУЗ ПГАСА, 2010. – Вып. 52. в 2-х частях. – С. 81-85.
4. Лебедев В.В. Комплексное использование углей / В.В. Лебедев, В.А. Рубан, М.Я. Шпирт. – М. : Недра, 1980. – 228 с.
5. Given, P. Analit Methods for Coal and Coal Products / P. Given, R. Yarzab. – N. Y, 1981. – V II. – P. 29-36.
6. Топтыгин М.А. Утилизация отходов переработки углей / М.А. Топтыгин, Г.А. Филипов, В.В. Шимановский // Уголь. – 1984. № 6. – С. 16-18.