

Optimization of Development and Location of Enterprises of the Coal Industry

G.S.Gold, B.I. Kovsh, V.A.Masch, G.I.Fedorova

In "Problems of Optimal Functioning of Socialist Economy"
(“Проблемы Оптимального Функционирования
Сщциалистической Экономки”)

Moscow, Science (Наука), 1972

логических установок

(4**)

$\dots \Phi_i$
 $\dots L$

(5**)

$\dots = \max.$

исанных ограниче-
е характерные си-
ов: сырье и другие
я сверху (\leq); ре-
ваны ($=$), причем
принимается оди-
тва промежуточных
ты ограничиваются,
случае, когда каче-
ер, содержание се-
имеет место нера-
пример, октановое
иц), то записывает-
нства можно изме-
равенства на миниму

методика оптимально
ающей промышленно-

обывающей промыш-

нефтеперерабатываю-
плекса. — «Материалы
есных методов и ЭВМ
СР, 1966 (роталпринт).
ния в нефтеперераба-
не и совершенствован-
о для рождения акад.

Глава третья

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Угольная промышленность осуществляет добычу и переработку как углей для коксования, так и энергетических углей. Добыча углей для коксования отличается рядом особенностей от добычи энергетических углей, в связи с чем оптимизационная задача развития и размещения добычи и переработки углей для коксования и аналогичная задача для энергетических углей рассматривались как два крупных блока общей задачи развития угольной промышленности, взаимная увязка которых осуществляется в ходе итеративного процесса решения. Эти блоки рассматриваются соответственно в разделах А и Б настоящей главы.

А. ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕЙ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

1. Постановка задачи

В соответствии с применявшимися ранее традиционными методами перспективное планирование развития добычи углей для коксования осуществлялось, как правило, на основе сопоставления среднебассейновых технико-экономических показателей требуемых марок угля двух-трех бассейнов на коксохимических заводах-потребителях. При таких расчетах игнорировались различия в технико-экономических показателях отдельных угледобывающих предприятий в пределах рассматриваемых бассейнов, не учитывались затраты у потребителей при использовании углей различных марок, не в полной мере учитывались затраты на транспортировку угля до потребителей. Сравнимые бассейны рассматривались вне связи с остальными бассейнами и с объемами потребности. В то же время вопросы определения рациональной структуры угольной шихты решались в известной степени локально без учета наличия ресурсов углей нужных марок в других бассейнах. Деятельность угольной и коксовой промышленности удавалось согласовывать лишь по небольшому числу обобщающих показателей, что было далеко не достаточно. По одним заводам и районам это приводило к избыточному расходованию дефицитных, высококачественных или дорогих марок угля, а по другим — к нехватке отдельных марок и к невозможности составить шихту нужного качества.

Разумеется, недостатки такого типа нежелательны в любой отрасли промышленности. Однако они приводят к особенно высоким народнохозяйственным потерям в угольной промышленности, где различия в горногеологических и горнотехнических условиях угольных бассейнов и месторождений и обусловленная ими техника и технология добычи угля, а также разное качество углей приводят к большим колебаниям в технико-экономических показателях добычи угля не только по бассейнам, но и по отдельным предприятиям одного и того же бассейна.

Так, себестоимость добычи угля по бассейнам (на 1 т натурального топлива), по отчетным данным за 1968 г., колебалась от 1,28 руб. в Канско-Ачинском бассейне до 19,07 руб. на шахтах острова Сахалина, а удельные капиталовложения на 1 т производственной мощности — от 2,9 руб. в Канско-Ачинском бассейне до 34,4 руб. в Донецком бассейне, т. е. различались в 10—12 раз. Наряду с этим себестоимость добычи угля по отдельным шахтам Донецкого бассейна колебалась от 6,1 до 25,1 руб., или различалась более чем в 4 раза, по шахтам Кузнецкого бассейна — от 10,9 до 24,6 руб., или в 2,3 раза, по шахтам Печорского бассейна — от 8,9 до 24,6 руб., или в 2,8 раза, и т. д.

Таким образом, расчеты на основе среднебассейновых показателей могут оказаться ошибочными: несмотря на более низкую среднюю себестоимость добычи угля, например в Кузнецком бассейне по сравнению с Донецким, отдельные шахты в Донецком бассейне могут быть гораздо более эффективными, чем многие шахты в Кузнецком бассейне.

На экономические показатели может существенно повлиять и разница в коэффициентах выхода концентрата из рядового угля, которые для разных бассейнов неодинаковы. Так, для Донецкого и Кузнецкого бассейнов среднemarочный выход концентрата (в преysкурантной влажности, при марочной структуре технически возможной добычи коксующихся углей в 1980 г.) составляет 74,7—74,8%, а для Карагандинского бассейна — 49,7%, или в 1,5 раза ниже. Понятно, что для отдельных марок этот разрыв возрастает до 2 раз и более. Этому сопутствуют значительные колебания выхода промежуточного продукта и шлама (от 5% в Донецком бассейне до 26,7% в Карагандинском) и углей попутной добычи (от 10 до 30%). При традиционных методах планирования соответствующее ухудшение показателей углей с низким выходом концентрата также не учитывалось в должной мере.

Наконец, следует учесть и то, что при традиционных методах планирования угольной и коксовой промышленности может возникнуть несоответствие между марочной структурой добываемых углей для коксования и той структурой, которая необходима для составления шихты требуемого качества. Видимо, одно из возможных последствий этого — ухудшение качества кокса, а затем чугуна и далее по технологической цепочке. Особенно важно, что (как показали выполненные оптимизационные расчеты) в процессе текущей деятельности такое несоответствие может оказаться неустранимым; его необходимо выявлять и устранять заблаговременно, в процессе выбора шахт и карьеров для включения в план строительства, т. е. не позже чем за 8—10 лет.

Как выяснилось в процессе исследования, устранить подобные диспропорции марочной структуры вовсе не просто. Запасы, которые можно освоить в рассматриваемом периоде, весьма ограничены и в некоторых вариантах расчета только лишь достаточны для обеспечения нужд черной металлургии в коксе; возникают трудности при построении не только оптимального, но даже допустимого плана развития.

Таким образом, было заведомо очевидно (и позже подтвердилось в процессе исследования), что в перспективном планировании добычи и переработки углей для коксования оптимизационные расчеты могут дать очень большой эффект.

Как следует из приведенных выше соображений, ввиду значительной сложности рассматриваемой отраслевой системы, большого количества входящих в нее объектов и существенных различий в их технико-экономических показателях рациональную схему размещения промыш-

на 1 т натурального
с от 1,28 руб. в Кан
острова Сахалина,
енной мощности — от
Донецком бассейне,
стоимость добычи уг
лебалась от 6,1 до
шахтам Кузнецкого
шахтам Печорского
д.
Новых показателей
изкую среднюю себе
сейне по сравнению
не могут быть гораз
нецком бассейне.

но повлиять и раз
ового угля, которые
ецкого и Кузнецкого
ейскуравтной влаж
ной добычи коксую
ля Карагандинского
о для отдельных ма
сопутствуют значи
га и шлама (от 5%
углей попутной до
планирования соот
планированием концен

онных методах пла
ожет возникнуть не
ых углей для коксо
составления шихты
последствий этого —
по технологической
ценные оптимизаци
кое несоответствие
являть и устранять
ров для включения

нить подобные дис
асы, которые мож
нченны и в некото
обеспечения нужд
при построении не
азвития.

же подтвердилось
анировании добычи
ые расчеты могут

, ввиду значитель
ы, большого коли
ичий в их технико
зменения промыш

ленности можно разработать лишь на основе выбора для строительства и эксплуатации наиболее эффективных шахт и карьеров, но не бассейнов в целом, а также комплексного изучения связей горнодобывающих и перерабатывающих производств. Соответственно при разработке рационального плана развития и размещения рассматриваемой системы приходилось решать в рамках единой задачи следующие вопросы:

а) развитие и размещение добычи угля на действующих и новых шахтах и карьерах и объем добычи каждой из марок угля (в динамике) на отдельных предприятиях и определение предприятий, дальнейшая эксплуатация которых неэффективна;

б) размещение новых обогатительных фабрик и распределение объемов обогащения добываемых углей между обогатительными фабриками, расположенными в разных угольных бассейнах или районах потребления;

в) выбор вариантов шихты на каждом из коксохимических заводов с учетом как различий в качественных и экономических показателях углей разных марок и разных бассейнов, так и наличия их ресурсов и распределения этих ресурсов между коксохимическими заводами;

г) определение направлений использования углей попутной добычи, промежуточного продукта и шлама для нужд энергетики;

д) определение схемы транспортных потоков — рядового угля и обогащенного угля (концентрата).

Различные потребители предъявляют разные требования к качеству углей: в коксовании решающее значение имеет марочный состав углей, а в энергетике — содержание золы и калорийность угля. Кроме того, количество потребителей углей для коксования в отличие от потребителей энергетических углей невелико. В связи с этим, как отмечалось выше, задача развития и размещения добычи углей для коксования и аналогичная задача для энергетических углей рассматривались как два крупных блока общей задачи развития угольной промышленности, существенные связи между которыми сводятся к использованию для нужд энергетики попутно добываемых углей, промышленного продукта и шлама, высвобождающих эквивалентное количество замещаемых видов топлива. Взаимная увязка деятельности этих блоков осуществлялась в ходе итеративного процесса решения посредством обчета попутно получаемых энергетических ресурсов по оценкам оптимального топливно-энергетического баланса, а также учета полученных объемных показателей попутной добычи, выхода промежуточного продукта и шлама при решении задачи для энергетических углей. Такой несколько «односторонне направленный» характер увязки блоков обусловлен как особой важностью, которая в угольной промышленности придается добыче углей для коксования, так и относительной трудностью построения допустимого плана ее развития.

Аналогичная «односторонняя направленность» в еще большей степени характерна для увязки объемов деятельности черной металлургии, коксовой промышленности и добычи и обогащения углей для коксования: план развития производства чугуна полностью определяет требуемый объем этих углей в целом по стране. Соответственно в качестве критерия оптимальности задачи был принят минимум совокупных затрат на добычу угля, производство коксового концентрата, транспортировку к местам потребления и на использование углей в коксовом и доменном производстве с учетом применения для нужд энергетики углей попутной добычи, промежуточного продукта и шлама.

Задача решалась в статической постановке на 1980 г.

Методика определения технических показателей. К углям для коксования были отнесены угли тех же марок, которые используются для производства кокса в настоящее время, поскольку новые способы его производства, предусматривающие возможность дальнейшего расширения набора коксовых углей или получения кокса из одних слабоспекающихся углей, не будут внедряться в промышленность до 1980 г.

Для тех шахт, где параллельно ведется добыча нескольких марок углей для коксования, а также энергетических углей попутной добычи, соотношение объемов добычи задавалось в соответствии с проектными вариантами разработки шахтного поля и ввиду отсутствия более детальной информации считалось постоянным во времени. Таким образом, возможный объем добычи угля по отдельным шахтам и карьерам устанавливался с распределением его по маркам и качественным показателям (по сернистости, зольности, выходу летучих и т. д.) и способам добычи (подземный, открытый).

Технические возможности максимально допустимого развития добычи углей для коксования в 1980 г. определялись исходя из данных о запасах углей, степени их разведанности и горногеологических условий залегания. При этом учитывались:

а) максимально возможное развитие добычи угля на действующих шахтах и карьерах с учетом окончания начатой и целесообразности вновь предпринимаемой их реконструкции, а также выбытия шахт вследствие отработки запасов;

б) возможности строительства новых шахт и карьеров в период до 1980 г. на выявленных геологической разведкой резервных и прочих участках и их мощность;

в) сроки геологической доразведки, разработки проектной документации и осуществления строительства (включая строительство начатых шахт и карьеров).

Добыча угля на действующих шахтах и карьерах, не подвергающихся реконструкции, определялась исходя из производственной мощности на начало периода планирования с учетом последующего освоения проектных мощностей и их увеличения на основе комплексной механизации, модернизации и т. д.

Уровень добычи угля для реконструируемых шахт и карьеров устанавливался в соответствии с проектами реконструкции и сроками ее осуществления. Добыча угля на реконструируемых шахтах и карьерах до окончания реконструкции принималась равной добыче в начале периода планирования.

Развитие добычи угля по шахтам и карьерам, строительство которых было начато к моменту проведения расчетов, определялось по проектам, планам ввода в эксплуатацию и срокам освоения мощностей.

Мощности новых шахт и карьеров определялись исходя из разведанных запасов угля и горногеологических условий. Сроки строительства и развития добычи устанавливались в соответствии с действующими нормативами.

Ввиду напряженности с ресурсами углей для коксования и со средствами на капитальные вложения принималось, что действующие предприятия, за исключением выбывающих из-за отработки запасов, должны быть полностью использованы; только по отдельным шахтам, имеющим крайне низкие технико-экономические показатели, проверялась целесообразность их дальнейшей эксплуатации (путем сравнения их с новыми предприятиями).

Не рассматривается строительство шахт к моменту окончания строительства.

Таким образом, «технические показатели» и «методика исчисления функций оптимальных затрат исчисляла для отдельных многолетних параметров исп...

а) длительности
б) продолжительности от развития
в) изменения мощностей, эксплуатации в зависимости от времени для поддержания передвигается запасы уг...

При исчислении расчетного срока полного срока велик и не с достаточной точности, за пределами незначительного ряда предприятий и т. концентраты срока службы, с...

для шахт (г)
для карьеров (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

для карьеров (г)
для обогащения (г)

В соответствии с расчетными сроками строящихся в указанной раз...

При исчислении внимание также обращено на варианты шихтовых веществ, и требуют догас расхода флюсов плавления шихты и серы привода. Содержан...

Не рассматривалась также целесообразность консервации начатых строительством шахт, поскольку по подавляющему большинству таких шахт к моменту проведения расчетов было освоено более 20% сметной стоимости.

Таким образом, все предприятия были сведены в две группы: «обязательных» и «необязательных» к включению в план.

Методика исчисления экономических показателей. Значение целевой функции оптимизационной задачи, т. е. общая сумма минимизируемых затрат исчислялась для условий 1980 г., а показатели затрат в этом году для отдельных предприятий — как среднегодовые взвешенные за многолетний период. Этот метод определения значений экономических параметров использовался ввиду следующих особенностей отрасли:

а) длительных сроков строительства угледобывающих предприятий;

б) продолжительных сроков освоения проектных мощностей, зависящих от развития фронта добычных работ;

в) изменения уровня текущих затрат как в период освоения проектных мощностей, так и в дальнейшем, в течение периода нормальной эксплуатации в зависимости от изменения горногеологических условий;

г) необходимости капитальных вложений в процессе эксплуатации для поддержания добычи на проектном уровне, вызываемых непрерывным передвижением рабочих мест по угольным пластам по мере отработки запасов угля.

При исчислении среднегодовых взвешенных показателей в качестве расчетного срока может быть принят весь срок службы объекта. Однако полный срок службы предприятий угольной промышленности слишком велик и не позволяет прогнозировать показатели на весь этот срок с достаточной степенью достоверности. Кроме того, как показали расчеты, за пределами 20—25-летнего периода среднегодовые затраты меняются незначительно, в пределах точности информации. Расчеты по ряду предприятий показали, что разница в среднегодовых затратах на 1 т концентрата, исчисленных для 20 лет эксплуатации и для полного срока службы, составляет:

для шахт (полный срок службы 33—80 лет)	2,6—4,6%
для карьеров, строящихся в одну очередь (полный срок службы 38—60 лет),	4,1—4,3%
для карьеров, строящихся в несколько очередей (полный срок службы 47—70 лет),	5,8—7,3%
для обогатительных фабрик (полный срок службы 60 лет)	2,4—5%

В соответствии с этими данными для всех предприятий был принят расчетный срок, включающий 20 лет эксплуатации. Лишь для карьеров, строящихся в несколько очередей, он был увеличен до 25 лет, так что указанная разница снизилась до 2—3,3%.

При исчислении экономических показателей необходимо принять во внимание также следующие обстоятельства. Качество кокса при разных вариантах шихты зависит от содержания в углях золы, серы и летучих веществ. Зола и сера являются балластом в доменном процессе и требуют дополнительных затрат тепла для их удаления, добавочного расхода флюсов (известняка) и повышенного расхода кокса для расплавления шлаков. Применение кокса с большим содержанием золы и серы приводит также к снижению производительности доменной печи. Содержание летучих веществ влияет на выход кокса. Поэтому для

различных вариантов шихты должны быть учтены дополнительные затраты, обусловленные:

а) необходимостью проведения для отдельных видов шихты специальных мероприятий (избирательное дробление, глубокая сушка шихты, сухое тушение кокса и т. п.);

б) различным экономическим эффектом от использования в коксовом и доменном производствах углей неодинакового качества (по зольности, сернистости и количеству летучих веществ).

Методика уменьшения размерности задачи. Рассматриваемая система по существу является многоотраслевой (или многоэтапной). В нее входят предприятия угольной промышленности (шахты, карьеры, обогатительные фабрики угольных бассейнов) и черной металлургии (коксохимические заводы и их обогатительные фабрики). В круг рассматриваемых объектов были включены все действующие, реконструируемые и строящиеся предприятия и установки, а также новые угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия, которые можно ввести в эксплуатацию до 1980 г.

Система включает 230 действующих и 60 проектируемых шахт и карьеров, причем на ряде шахт параллельно ведется добыча 2—3 марок коксующихся углей (не считая углей попутной добычи). Общее число марок коксующегося угля — 15, эти марки различаются качеством, теплотворной способностью, механической прочностью, содержанием золы и серы. Рассматриваемые угли обогащаются на более чем 20 обогатительных фабриках, а затем направляются для производства кокса на 25 коксохимических заводов. Следует подчеркнуть, что требования технологии производства кокса обуславливают необходимость использования только определенных вариантов шихты со строго зафиксированными для каждого из них соотношениями между входящими в нее углями разных марок, так что шихта какой-либо произвольной структуры может оказаться непригодной, хотя она и удовлетворяет ограничениям по содержанию серы и т. п. В связи с этим было разработано (углехимическими институтами ВУХИН и УХИН и институтом ИГИ) 165 вариантов шихты, предусматривающих выжиг кокса из углей разных марок одного бассейна или разных бассейнов и обеспечивающих необходимое качество кокса. С учетом использования этих вариантов на разных заводах общее количество рассматриваемых вариантов шихты на всех заводах составило 315.

Как видно из приведенного описания, задача оптимизации развития и размещения добычи и переработки углей для коксования характеризуется весьма сложной структурой и большой размерностью. Поэтому необходимо было найти возможности ее уменьшения.

Сокращение размерности задачи было осуществлено главным образом посредством агрегирования производственных и потребляющих объектов, причем с использованием таких приемов, которые не изменили бы экономической сущности задачи и не повлекли бы за собой искажения результатов ее решения.

Прежде всего, исходя из возможных ресурсов углей для коксования, географического размещения угольных бассейнов и расположения заводов-потребителей, было принято, что все коксохимические и металлургические заводы Юга и Юго-Запада будут обеспечиваться донецкими углями, заводы Сибири и Урала (за исключением Магнитогорского и Орско-Халиловского) — кузнецкими; Карагандинский металлургический завод — карагандинскими углями. По остальным заводам выбор бассей-

на — поставщик результатов ре

Предприятия в зависимости или назначении районам в соот углей потребит рых транспорт ются в пределах регированы же

На основе т т. е. пункт тра угля. В зависи марок маркопу сейна могут не дового угля и п лило сократить

В задаче бы вания, которые

В заключени ной промышлен личие информа и т. д.) позвол предприятия в модели: была емлемой.

Таким образ углей для кокс ских многопрод с непрерывными

Экономико-м шим образом: $X_{j,k}$, $X_{j,p}$, $X_{j,l}$ значение общей

$Z =$

+

и удовлетворяю

на — поставщика углей для производства кокса определялся на основе результатов решения задачи.

Предприятия-поставщики и потребители углей были сгруппированы в зависимости от расположения железнодорожных станций отправления или назначения. Эти станции для каждого бассейна группировались по районам в соответствии с величиной транспортных затрат на доставку углей потребителям; в район включались станции отгрузки, для которых транспортные затраты при поставке любому потребителю изменяются в пределах 10%-ного интервала. Аналогичным образом были агрегированы железнодорожные станции в районах потребления.

На основе такого агрегирования было введено понятие «маркопункт», т. е. пункт транспортной сети, откуда поставляется некоторая марка угля. В зависимости от места расположения центров добычи разных марок маркопункты для этих марок в пределах одного и того же бассейна могут не совпадать; это относится и к маркопунктам вывоза рядового угля и концентрата одной марки. Введение маркопунктов позволило сократить размерность транспортного блока задачи.

В задаче были использованы и другие известные приемы агрегирования, которые здесь не рассматриваются.

В заключение отметим, что варианты развития предприятий угольной промышленности можно было бы считать дискретными. Однако наличие информации (по каждой шахте имеется не более одного проекта и т. д.) позволило представить план перспективного развития каждого предприятия в виде только одного варианта. Это повлияло на выбор модели: была использована линейная модель, которая оказалась приемлемой.

Таким образом, план развития и размещения добычи и переработки углей для коксования на 1980 г. отыскивался путем решения статических многопродуктовых производственно-транспортных линейных задач с непрерывными переменными.

2. Экономико-математическая модель

Экономико-математическая модель задачи формулируется следующим образом: найти план, т. е. набор значений переменных $X_{fl,k}$, $X_{fl,p}$, $X_{iln,k}$, $X_{iln,p}$, X_{lr} , X_d , X_j , $X_{jrl,k}$ и $X_{qjl,k}$, минимизирующий значение общей суммы затрат Z :

$$\begin{aligned}
 Z = & \sum_{i=1}^p (Z_i - Z_{i,od}) \sum_{l=1}^L (X_{fl,k} + X_{fl,p}) + \sum_{d=1}^4 Z_d X_d + \\
 & + \sum_{j=1}^n Z_j X_j + \sum_{l \in I_p} \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varphi_l} (Z_{iln} - Z_{il}) X_{iln,p} + \\
 & + \sum_{l \in I_k} \sum_{l=1}^L (Z_{iln} - Z_{dl}) X_{iln,k} + \sum_{r=1}^{S_{jr}} Z_{jr} X_{jr}
 \end{aligned} \quad (1)$$

и удовлетворяющий условиям

$$X_{fl,k} + X_{fl,p} = M_{fl,ob} \quad \left(\begin{array}{l} l=1, 2, \dots, L \\ f=1, 2, \dots, p_1 \end{array} \right); \quad (2)$$

$$X_{fl,k} + X_{fl,p} \leq M_{fl} \quad \left(\begin{array}{l} l=1, 2, \dots, L \\ f=p_1+1, p_1+2, \dots, p \end{array} \right); \quad (3)$$

$$X_{fl, \kappa} + X_{fl, p} = \Psi_{fl} \sum_{l \in L_f} (X_{fl, \kappa} + X_{fl, p}) \quad (4)$$

$$\left(\begin{array}{l} l_0 \in L_f \\ f_1 = p_1 + 1, p_1 + 2, \dots, p \end{array} \right);$$

$$\sum_{l \in L_d} \sum_{l=1}^L X_{fl, \kappa} - X_d = M_d \quad (d = 1, 2, 3, 4); \quad (5)$$

$$\sum_{l \in L_p} \sum_{l=1}^L X_{il, p} - X_j = M_j \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad (6)$$

$$X_j \leq \bar{M}_j \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad (7)$$

$$\sum_{l \in I_p} X_{il, p} - \sum_{q=1}^n X_{jq, \kappa} = 0 \quad \left(\begin{array}{l} l = 1, 2, \dots, L \\ j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right); \quad (8)$$

$$\sum_{l \in F_i} \delta_{il} X_{fl, p} - \delta_{il} \sum_{i=1}^n X_{il, p} = 0 \quad \left(\begin{array}{l} l = 1, 2, \dots, L \\ i \in I_p \\ f = 1, 2, \dots, p \end{array} \right); \quad (9)$$

$$\sum_{l \in F_i} \delta_{il} X_{fl, \kappa} - \delta_{il} \sum_{i=1}^n X_{il, \kappa} = 0 \quad \left(\begin{array}{l} l = 1, 2, \dots, L \\ i \in I_\kappa \\ f = 1, 2, \dots, p \end{array} \right); \quad (10)$$

$$\sum_{r=1}^{s_{jr}} a_{jr} X_{jr} - \sum_{l \in I_h} \delta_{il} X_{il, \kappa} - \sum_{q=1}^n \delta_{ql} X_{ql, \kappa} \leq 0 \quad \left(\begin{array}{l} l = 1, 2, \dots, L \\ j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right); \quad (11)$$

$$\sum_{r=1}^{k_{jr}} X_{jr} \geq A_j \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad (12)$$

$$\begin{array}{l} X_{fl, \kappa}, X_{fl, p}, X_{il, \kappa}, X_{il, p}, X_{jq, \kappa}, X_{ql, \kappa}, \\ X_{jr}, X_d, X_j \geq 0. \end{array} \quad (13)$$

В модели приняты следующие обозначения параметров:

- d — индекс бассейна ($d = 1, 2, 3, 4$);
- f — индекс шахты (или карьера);
- p — общее число шахт;
- p_1 — число существующих шахт, которые обязательно включаются в план (им присвоены индексы от 1 до p_1);
- F_d — множество шахт, относящихся к d -му бассейну;
- l — индекс марки угля (марки одного и того же наименования, добываемые на разных шахтах и различающиеся качественными показателями, рассматриваются как различные марки);
- L — число марок угля;
- L_f — множество марок углей для коксования, добываемых на f -й шахте;
- Ψ_{fl} — доля угля l -й марки в общей добыче рядового угля на f -й шахте;
- Φ_i — коэффициент выхода влажного концентрата из рядового угля l -й марки (в долях единицы);
- i — индекс маркопункта;
- I_p и I_h — множества маркопунктов, откуда поставляется рядовой уголь и концентрат;

- F_i — множе
- j, q — индек
- заводе
- n — общее
- r — индек
- s_{jr} — число
- a_{jr} — доля l
- $M_{fl, \text{об}}$ — объем д
- обязате
- ном ко
- M_{fl} — максим
- шахте,
- ривает
- M_p и M_j — возмож
- ных фе
- концен
- \bar{M}_j — максим
- дополн
- рики п
- δ_{fl} — коэффи
- бываем
- содерж
- δ_{il} — то же
- δ_{jl}, δ_{ql} — то же
- A_j — потреб
- золей, с
- концен
- Z_j — средн
- ходящи
- $Z_{j, \text{ог}}$ — средн
- углей г
- концен
- Z_d и Z_j — средн
- заводе
- Z_{dl} и Z_{jl} — средн
- по l -й м
- обога
- завода
- Z_{il} — средн
- угля и
- Z_j' — средн
- рианта
- Приняты также
- к контрольному г
- $X_{fl, \kappa}$ — количес
- щаемого
- $X_{fl, p}$ — то же д
- влажном
- $X_{il, \kappa}$ — поставка
- (во вла
- $X_{il, p}$ — то же д
- $X_{jq, \kappa}$ — поставка
- на q -й

(4)

F_i — множество шахт, примыкающих к i -му маркопункту;
 j, q — индексы коксохимического завода, а также находящейся при заводе обогатительной фабрики;

n — общее число коксохимических заводов;

r — индекс варианта шихты;

s_{jr} — число вариантов шихты на j -м заводе;

α_{jrl} — доля l -й марки угля в r -м варианте шихты на j -м заводе;

$M_{fl, об}$ — объем добычи угля l -й марки на f -й действующей шахте, которая обязательно включается в план (в контрольном году, во влажном концентрате);

M_{fl} — максимально возможный объем добычи угля l -й марки на f -й шахте, обязательное включение которой в план не предусматривается (в контрольном году, во влажном концентрате);

M_d и M_j — возможный объем переработки на существующих обогатительных фабриках в d -м бассейне или на j -м заводе (во влажном концентрате);

\bar{M}_j — максимально допустимый объем переработки на новых или дополнительно создаваемых мощностях обогатительной фабрики при j -м заводе (во влажном концентрате);

δ_{fl} — коэффициент перевода влажного концентрата l -й марки, добываемого на f -й шахте, в сухой концентрат со стандартным содержанием золы, серы и летучих веществ;

δ_{it} — то же для шахт, примыкающих к i -му маркопункту;

δ_{jl}, δ_{qt} — то же для j -й (q -й) обогатительной фабрики;

A_j — потребность j -го завода в шихте со стандартным содержанием золы, серы и летучих веществ (в контрольном году, в сухом концентрате);

Z_j — среднегодовые производственные затраты по f -й шахте, приходящиеся на 1 т влажного концентрата;

$Z_{j, эг}$ — среднегодовой доход оптимизируемой системы от реализации углей попутной добычи для нужд энергетики (на 1 т влажного концентрата);

Z_d и Z_j — среднегодовые затраты обогащения в d -м бассейне или на j -м заводе (на 1 т влажного концентрата);

Z_{dl} и Z_{jl} — среднегодовой доход от использования промпродукта и шлама по l -й марке угля для нужд энергетики в районе расположения обогатительной фабрики, т. е. в районе d -го бассейна или j -го завода (на 1 т влажного концентрата);

Z_{il} — среднегодовые затраты по перевозке 1 т концентрата l -й марки угля из i -го маркопункта на j -й завод;

Z_j^r — среднегодовые затраты, связанные с использованием r -го варианта шихты на j -м заводе (на 1 т сухой шихты).

Приняты также следующие обозначения переменных (все они относятся к контрольному году):

$X_{fl, к}$ — количество угля l -й марки, добываемого на f -й шахте и обогащаемого в d -м бассейне (во влажном концентрате);

$X_{fl, p}$ — то же для угля, обогащаемого на коксохимическом заводе (во влажном концентрате);

$X_{il, к}$ — поставка концентрата l -й марки из i -го маркопункта на j -й завод (во влажном концентрате);

$X_{il, p}$ — то же для рядового угля (в пересчете во влажный концентрат);

$X_{jl, к}$ — поставка концентрата l -й марки с j -й обогатительной фабрики на q -й завод (во влажном концентрате);

$X_{dl, k}$ — то же для поставок с q -й обогатительной фабрики на j -й завод;
 X_{jr} — годовое производство по r -му варианту шихты на j -м заводе
 (в сухом концентрате);
 X_d и X_j — объем переработки на новых или дополнительно создаваемых
 мощностях обогатительных фабриках d -го бассейна или j -го
 завода (во влажном концентрате).

Формализованная модель (1) — (13) задачи оптимального планиро-
 вания развития отрасли отображает основные условия ее деятельности
 и учитывает необходимые допущения и ограничения.

Как отмечалось выше, целевая функция (1) отображает суммарные
 затраты на добычу, обогащение, транспортировку коксующихся углей
 (в виде концентрата или рядового угля) и их использование у потреби-
 теля за вычетом дохода от использования для нужд энергетики углей
 попутной добычи, промпродукта и шлама. При этом для приведения всех
 транспортных затрат к одинаковой единице измерения (1 т концентра-
 та) в выражении (1) сумма этих затрат для потоков рядового угля
 $X_{ij, r}$ умножается на поправочный коэффициент $\frac{1}{\varphi_i}$.

Уравнение (2) показывает, что для действующих шахт, в обязатель-
 ном порядке включаемых в план, сумма поставок рядового угля и кон-
 центрата любой марки должна быть равна установленному объему до-
 бычи.

Согласно неравенству (3), для шахт, обязательное включение в план
 которых не предусматривается, сумма поставок рядового угля и концен-
 трата любой марки не должна превышать установленного максимально
 допустимого объема добычи.

Согласно уравнению (4), на каждой шахте, не включаемой в план в
 обязательном порядке, где добывается более одной марки углей для
 коксования, соблюдаются заданные соотношения между объемами до-
 бычи разных марок углей; для «обязательных» шахт соблюдение этого
 условия обеспечивается уравнением (2).

Уравнение (5) показывает, что сумма поставок концентрата из бас-
 сейна превышает производственные возможности действующих обогати-
 тельных фабрик на неизвестную величину X_d , представляющую собой
 мощность новых обогатительных фабрик для этого бассейна в оптималь-
 ном плане. Аналогично этому сумма поставок рядового угля на обогати-
 тельную фабрику при коксохимическом заводе, т. е. объем переработ-
 ки угля на фабрике, превышает производственные возможности дейст-
 вующей обогатительной фабрики завода на X_j — ограничение (6). При
 этом неравенство (7) отображает ограниченные возможности строи-
 тельства новых или введения дополнительных мощностей обогатитель-
 ной фабрики на промышленной площадке завода. Ограничения (5) и (6)
 вместе отображают требование обогащения всех добываемых углей для
 коксования.

Согласно уравнению (8), сумма поставок рядового угля рассматри-
 ваемой марки на обогатительную фабрику равняется сумме поставок
 концентрата этой марки на все коксохимические заводы, включая тот
 завод, на площадке которого расположена фабрика.

Уравнения (9) — (10) отображают сбалансированность ввоза и вы-
 воза рядового угля (9) и концентрата (10) для любого из маркопунк-
 тов: общие поставки угля и концентрата из шахт, примыкающих к дан-
 ному маркопункту, равны общим поставкам угля или концентрата из
 этого маркопункта на все заводы, в шихте которых используется рас-

сматриваемая
 ревода в сухой
 (для отдельны
 му к маркопун
 Неравенство
 ния потребности
 мых марок с о
 заводов, включ
 вается влажнос
 Неравенство
 заводов сумма
 на обеспечиват
 конец, неравен

Исходную ин
 показатели пот
 циевтов (первая
 (вторая группа)
 усилий потребо
 ля: анализ разв
 и карьерного ф
 добычи на этих
 возможных срок
 дут находиться
 добычи на них в
 тельства новых
 цию до 1980 г.,
 нами здесь не ра

Потребность
 прогнозами отде
 ЦНИИчермет и
 ной металлургии
 ночный кокс) и
 ные размеры экс
 ной плавки с при
 за, высокотемпер

Рассматривал
 на 1980 г. Для ка
 вался резерв при
 Этот резерв устан
 вал возможные
 и маркировки уг
 возможное измене

В задаче расс
 ные на основе да
 институты. При
 ворительное качес

Рассмотрим та
 Показатели М

ой фабрики на j -й завод;
у шихты на j -м заводе

олнительно создаваемых
 d -го бассейна или j -го

оптимального планиро-
вания ее деятельности

отображает суммарные
ку коксующихся углей
пользование у потреби-
туд энергии углей
для приведения всех
рента (1 т concentra-
отоков рядового угля

ших шахт, в обязатель-
рядового угля и кон-
овленному объему до-

ное включение в план
дового угля и концен-
вленного максимально

включаемой в план в
ой марки углей для
между объемами до-
ахт соблюдение этого

концентрата из бас-
действующих обогати-
представляющую собой
бассейна в оптималь-
ового угля на обога-
е. объем переработ-
возможности дейст-
граничение (6). При
возможности строи-
ностей обогатитель-
граничения (5) и (6)
бываемых углей для

ового угля рассматри-
ется сумме поставок
заводы, включая тот

анность ввоза и вы-
обого из маркопунк-
примыкающих к дан-
или концентрата из
их используется рас-

считываемая марка углей. При этом учитываются коэффициенты пе-
ревода в сухой концентрат стандартного качества — как индивидуальные
(для отдельных шахт), так и средние по комплексу шахт, примыкающе-
му к маркопункту.

Неравенство (11) отображает необходимость полного удовлетворе-
ния потребностей завода-потребителя поставками концентрата требуе-
мых марок с обогатительных фабрик бассейнов и всех коксохимических
заводов, включая фабрику рассматриваемого завода. При этом учиты-
вается влажность и качество концентрата.

Неравенство (12) показывает, что по каждому из коксохимических
заводов сумма вошедших в оптимальный план вариантов шихты долж-
на обеспечивать выполнение годовой производственной программы. На-
конец, неравенства (13) — условия неотрицательности всех переменных.

3. Формирование исходной информации

Исходную информацию можно разделить на две группы параметров:
показатели потребности, наличия ресурсов, технологических коэффи-
циентов (первая группа) и экономические показатели целевой функции
(вторая группа). При разработке параметров первой группы больших
усилий потребовало определение технических возможностей добычи уг-
ля: анализ разведанных запасов углей, анализ действующего шахтного
и карьерного фонда с целью определения максимальных возможностей
добычи на этих шахтах и карьерах в календарном разрезе, выявление
возможных сроков ввода в эксплуатацию шахт и карьеров, которые бу-
дут находиться в процессе строительства на 1 января 1971 г., и объемов
добычи на них в рассматриваемом периоде, определение перечня строи-
тельства новых шахт и карьеров, которые возможно ввести в эксплуа-
тацию до 1980 г., и развития добычи на них. Методика этой части работы
нами здесь не рассматривается.

Потребность в углях для коксования определялась в соответствии с
прогнозами отдела черной металлургии Госплана СССР и институтов
ЦНИИчермет и Гипрококк. При этом учитывались нужды черной и цвет-
ной металлургии, химической промышленности, машиностроения (вагран-
очный кокс) и прочих отраслей народного хозяйства, а также возмож-
ные размеры экспорта. Было учтено дальнейшее освоение техники домен-
ной плавки с применением улучшенного качества сырья, природного га-
за, высокотемпературного дутья, кислорода и других интенсификаторов.

Рассматривались три наиболее вероятных варианта выплавки чугуна
на 1980 г. Для каждого из вариантов производства чугуна предусматри-
вался резерв примерно в 10—11% расчетной потребности в концентрате.
Этот резерв устанавливался для каждого завода в отдельности и учиты-
вал возможные отклонения фактических горногеологических условий
и маркировки углей от принятых в расчетах показателей, а также воз-
можное изменение программы производства чугуна на данном заводе.

В задаче рассматриваются наборы вариантов шихты, сформирован-
ные на основе данных соответствующих исследований коксохимических
институтов. Признаком допустимости варианта шихты считается удовлет-
ворительное качество получаемого кокса.

Рассмотрим также некоторые другие параметры.

Показатели M_{fl} или $M_{fl,об}$ исчислялись по формуле:

$$M_{fl} = M_{fl} \Phi_{fl} \Phi_{fl} \quad (14)$$

где M_j — общая добыча рядовых углей в контрольном году (включающая как угли для коксования, так и энергетические угли попутной добычи).

Коэффициенты перевода влажного концентрата в сухой концентрат стандартного качества исчислялись по формуле:

$$\delta_{f, \alpha} = \frac{\delta_{f, \alpha}}{(1 + \delta_{f, \alpha}) (1 + \delta_{f, \alpha})}, \quad (15)$$

где $\delta_{f, \alpha}$ — коэффициенты выхода сухого концентрата из влажного концентрата l -й марки, добываемой на f -й шахте;

$\delta_{f, \alpha}$ — изменение расхода кокса на единицу чугуна вследствие изменения зольности и сернистости;

$\delta_{f, \alpha}$ — изменение расхода шихты на единицу кокса вследствие изменения содержания летучих веществ.

Поправки $\delta_{f, \alpha}$ и $\delta_{f, \alpha}$ могут быть как положительными, так и отрицательными.

Перейдем к методике исчисления экономических показателей.

Капитальные и эксплуатационные затраты исчислялись по предприятиям, не подлежащим обязательному включению в план. Для «обязательных» предприятий эти показатели условно принимались равными нулю, поскольку они не оказывают влияния на включение шахты, карьера или фабрики в оптимальный план и на систему оценок продуктов у потребителя.

Показатели капиталовложений в добычу угля определялись с учетом предстоящих затрат на производственное строительство угледобывающих предприятий, геологоразведочные работы, сооружение районных объектов, а также капитальных затрат в процессе эксплуатации. Показатели капиталовложений в добычу угля исчислялись по каждой шахте и карьере в отдельности.

По новым шахтам и карьерам, имеющим утвержденную проектно-сметную документацию, расходы на производственное строительство исчислялись по последним сметно-финансовым расчетам. По объектам, не имеющим утвержденной документации, эти показатели определялись на основе данных титульных списков строительства, комплексных проектов развития бассейнов, а также действующих нормативов удельных капитальных вложений.

Затраты на геологоразведочные работы исчислялись в среднем по каждому геологическому участку исходя из необходимости обеспечения шахт и карьеров запасами угля на весь срок их службы.

Затраты на сооружение районных объектов (железнодорожных путей, автодорог, линий электропередач, каналов и т. д.), обслуживающих группу шахт или карьеров, не включенные в сметы затрат на строительство отдельных шахт и карьеров, исчислялись для района добычи угля или месторождения на основе комплексных проектов или титульных списков. Эти затраты распределялись между угледобывающими предприятиями пропорционально их мощности.

Наряду с первоначальными капиталовложениями учитывались капитальные затраты, необходимые в процессе эксплуатации для обеспечения проектного уровня добычи. При этом учитывались все капиталовложения независимо от того, приводят ли они к увеличению размера основных фондов предприятия или нет.

Капитальные затраты на строительство углеобогатительных фабрик

исчислялись на основе комплексных смет. Затраты на строительство исчислялись на основе

В эксплуатацию производственных

По новым и реконструируемым предприятиям

По действующим предприятиям исчислялись на основе средних значений себестоимости

Ввиду того что в плановом исчислении фактической себестоимости

Как отмечалось в сметных документах и

добычи и обогащения угля в течение срока службы фабрики; для карьеров срок равняется ($T_{стр, j}$)

Для сокращения сроков строительства предприятий

включает годы строительства с последующими годами эксплуатации с постоянными затратами с этим значением формулы:

$$Z_j = \frac{M_j}{\sum_{i \in L_j} M_i}$$

где $Z_{f, \text{шт}}$ и $Z_{f, \text{шт}}$ —

$M_{f, \text{шт}}$ и $M_{f, \text{шт}}$ —

$Z_{f, \text{шт}}$ —

В свою очередь эти формулы:

исчислялись на основе сметно-финансовых расчетов или титульных списков, комплексных проектов или действующих нормативов.

Затраты на сооружение жилья и культурно-бытовых объектов определялись на основе районных различий в капиталовложениях на строительство.

В эксплуатационные затраты на добычу и обогащение угля включались производственные затраты и коммерческие расходы.

По новым и реконструируемым предприятиям эти показатели определялись на основе данных имеющихся проектов (проекта для рассматриваемого предприятия, комплексного проекта или проекта-аналога).

По действующим предприятиям эксплуатационные затраты исчислялись на основе средней фактической себестоимости и намечаемого снижения себестоимости в течение расчетного срока.

Ввиду того что в состав капитальных затрат были включены все капиталовложения в процессе эксплуатации предприятия, из проектной или фактической себестоимости исключались отчисления на реновацию.

Как отмечалось в п. 1, на основе показателей капитальных и эксплуатационных затрат исчислялись среднегодовые взвешенные показатели добычи и обогащения углей (Z_j, Z_d или Z_j). При этом в качестве расчетного срока была принята величина, равная ($T_{стр,j} + 20$) лет, где $T_{стр,j}$ — срок строительства j -й шахты, карьера или углеобогатительной фабрики; для карьеров, строящихся в несколько очередей, расчетный срок равняется ($T_{стр,j} + 25$) лет.

Для сокращения трудоемкости вычислений расчетный срок для угледобывающих предприятий расчленялся на два периода, первый из которых включает годы строительства и первые 10 лет эксплуатации, а второй период — последующие 10 (или 15) лет нормальной эксплуатации предприятия с постоянными по годам объемами выпуска продукции. В соответствии с этим значения среднегодовых показателей Z_j исчислялись по формуле:

$$Z_j = \frac{M_j}{\sum_{t \in L_j} M_{jj}} \cdot \frac{Z_{j,инт}^I + Z_{j,инт}^{II}}{M_{j,инт}^I + M_{j,инт}^{II}} + \frac{\sum_{t \in L_j} M_{jл} Z_{jл,исп}}{\sum_{t \in L_j} M_{jл} \delta_{jл,в}} \quad (16)$$

где $Z_{j,инт}^I$ и $Z_{j,инт}^{II}$ — интегральные затраты за первый и второй периоды расчетного срока по j -й шахте;

$M_{j,инт}^I$ и $M_{j,инт}^{II}$ — дисконтированный интегральный объем добычи (за первый и второй периоды расчетного срока) рядовых углей по j -й шахте;

$Z_{jл,исп}$ — дополнительные затраты по использованию угля l -й марки, добываемого на j -й шахте, при производстве кокса и чугуна, обусловленные ухудшением качества (зольность и сернистость) этих углей (на 1 т сухого концентрата).

В свою очередь элементы формулы (16) исчислялись по следующим формулам:

$$Z_{j,инт}^I = \sum_{t=1}^{T_{j,стр}+10} (K_j^t + C_j^t) B_j^t \quad (17)$$

$$Z_{f, \text{инт}}^{\text{II}} = B_f^{11} (1 + E) \left[\frac{K_{f, \text{экс}}}{E} \left[1 - \frac{1}{(1 + E)^{10}} \right] + \frac{C_{f, \text{экс}}^{11}}{E + \beta_f} \left[1 - \left(\frac{1 - \beta_f}{1 + E} \right)^{10} \right] \right], \quad (18)$$

$$M_{f, \text{инт}}^{\text{I}} = \sum_{t=1}^{T_{f, \text{стр}} + 10} B_f^t M_f^t, \quad (19)$$

$$M_{f, \text{инт}}^{\text{II}} = B_f^{11} \frac{1 + E}{E} \left[1 - \frac{1}{(1 + E)^{10}} \right] M_f^{11}, \quad (20)$$

где E — норма эффективности, значение которой принято равным 0,15;
 $T_{f, \text{стр}}$ — порядковый номер последнего года строительства шахты в ее расчетном сроке (если добычу угля предполагается начать в последнем году строительства, берется предыдущий год);

B_f^t — коэффициент дисконтирования для t -го года расчетного срока f -й шахты;

M_f^t — максимально допустимый (в t -м году первого периода расчетного срока) объем добычи рядовых углей (включая попутную добычу) на f -й шахте;

M_f^{11} — то же в 11-м году эксплуатации f -й шахты;

K_f^t и C_f^t — соответственно капитальные и текущие затраты по f -й шахте в t -м году первого периода расчетного срока;

$K_{f, \text{экс}}$ — ежегодные капиталовложения по f -й шахте в течение периода нормальной эксплуатации;

$C_{f, \text{экс}}^{11}$ — текущие затраты по f -й шахте в 11-м году эксплуатации;

β_f — ежегодное снижение текущих затрат на единицу продукции в течение периода нормальной эксплуатации f -й шахты (в долях единицы).

При этом B_f^t исчислялся по формуле:

$$B_f^t = (1 + E)^{T_f - t}, \quad (21)$$

где t — порядковый номер рассматриваемого года в расчетном сроке f -й шахты;

T_f — порядковый номер первого года эксплуатации f -й шахты в ее расчетном сроке, т. е.

$$T_f = T_{\text{стр}, f} + 1.$$

В основу исчисления среднегодовых затрат обогащения Z_d или Z_j были заложены аналогичные принципы.

Значения среднегодовых показателей дохода от реализации углей попутной добычи, промышленного продукта и шлама исчислялись по формулам:

$$Z_{f, \text{пд}} = \frac{M_f}{\sum_{i \in L_f} M_{ji}} \Psi_{f, \text{пд}} [(C_{d, \text{эн}} - C_{f, \text{пд}, \text{сж}}) \gamma_{i, \text{пд}} - C_{f, \text{тр}}], \quad (22)$$

$$Z_{d1} = \alpha_{i, \text{пн}} [(C_{d, \text{эн}} - C_{d, \text{пн}, \text{сж}}) \gamma_{i, \text{пн}} - C_{d, \text{тр}}], \quad (23)$$

$$Z_{j1} = \alpha_{i, \text{пн}} [(C_{j, \text{эн}} - C_{j, \text{пн}, \text{сж}}) \gamma_{i, \text{пн}} - C_{j, \text{тр}}], \quad (24)$$

где $C_{d, \text{эн}}$ и $C_{j, \text{эн}}$

$C_{f, \text{пд}, \text{сж}}$

$C_{d, \text{пн}, \text{сж}}$ и $C_{j, \text{пн}, \text{сж}}$
 $C_{f, \text{тр}}$, $C_{j, \text{тр}}$

$\gamma_{i, \text{пд}}$

$\gamma_{i, \text{пн}}$

$\alpha_{i, \text{пн}}$

$\Psi_{f, \text{пд}}$

Транспортные
 лись по методико
 спективного пери
 Как отмечало
 потребителей угл
 жание летучих в
 мероприятия по
 кокса, глубокая с
 щей и т. д.).

Настоящая гл
 там решения зад
 тально.

После агреги
 соответстви с ц
 было построено
 ния, включающей
 шения каждого
 времени на мощи

Линейная пос
 целочисленной по
 менных, где неде
 теризующих загр
 лись очень близк
 корректирующая

Варианты зад
 коксе. Согласно
 в связи с ростом

$$\left[\frac{1}{\beta_f} + \frac{1}{E} \right] + \frac{1}{\beta_f} \left[1 - \left(\frac{1 - \beta_f}{1 + E} \right)^{10} \right], \quad (18)$$

$$M_f^i, \quad (19)$$

$$\frac{1}{E} M_f^{i+1}, \quad (20)$$

торой принято равным 0,15; а строительства шахты в ее предполагается начать в году предыдущий год);

t -го года расчетного срока

оду первого периода расчетов углей (включая попутную

шахты;

ище затраты по f -й шахте в срока;

-й шахте в течение периода

м году эксплуатации;

г на единицу продукции в те- гации f -й шахты (в долях

(21)

года в расчетном сроке f -й

уатации f -й шахты в ее рас-

т обогащения Z_d или Z_j бы-

ода от реализации углей по- лама исчислялись по фор-

$$C_{d,nn} \gamma_{i,nd} - C_{f,mp} l, \quad (22)$$

$$C_{d,nn} - C_{d,mp} l, \quad (23)$$

$$C_{j,nn} - C_{j,mp} l, \quad (24)$$

где $C_{d,эн}$ и $C_{j,эн}$ — оценки оптимального топливно-энергетического балан- са для замещаемого топлива (в расчете на 1 тунт) в пункте расположения потребителя (электростанции), где намечается использование углей попутной добычи или промпродукта и шлама, получаемых в районе d -го бассейна или j -го завода;

$C_{f,нд,сж}$ — дополнительные затраты на сжигание углей попутной добычи f -й шахты по сравнению с замещаемым топли- вом на рассматриваемой электростанции (на 1 тунт);

$C_{d,nn,сж}$ и $C_{j,nn,сж}$ — то же для промпродукта и шлама;

$C_{f,mp}$, $C_{d,mp}$ и $C_{j,mp}$ — транспортные затраты на перевозку 1 т груза (угля попутной добычи, промпродукта и шлама) от шахты или обогатительной фабрики до электростан- ции;

$\gamma_{f,nd}$ — отношение теплотворной способности угля попутной добычи на f -й шахте к теплотворной способности услов- ного топлива;

$\gamma_{i,nn}$ — то же для промпродукта и шлама, получаемых при обогащении i -й марки угля;

$\alpha_{i,nn}$ — выход промпродукта и шлама при обогащении i -й марки (в расчете на единицу концентрата);

$\Psi_{f,nd}$ — доля углей попутной добычи в общей добыче рядового угля на f -й шахте.

Транспортные затраты по участкам железнодорожной сети определя- лись по методике, разработанной ИКТП при Госплане СССР для пер- спективного периода 1975—1980 гг.

Как отмечалось в п. 1, кроме затрат, связанных с использованием у потребителей углей различного качества (зольность, сернистость, содер- жание летучих веществ), учитывались дополнительные затраты Z_{jr} на мероприятия по улучшению качества шихты или кокса (сухое тушение кокса, глубокая сушка шихты, избирательное дробление с пневмосепара- цией и т. д.).

4. Результаты решения

Настоящая глава в первую очередь посвящена методическим аспек- там решения задачи, поэтому результаты ее решения не излагаются де- тально.

После агрегирования и других приемов уменьшения размерности в соответствии с приведенной в п. 2 экономико-математической моделью было построено несколько вариантов задачи линейного программирова- ния, включающей примерно 400 уравнений и 1600 неизвестных. Для ре- шения каждого варианта задачи требовалось 15—18 мин. машинного времени на мощной ЭВМ.

Линейная постановка задачи оказалась достаточной, переходить к целочисленной постановке не было необходимым: значения всех пере- менных, где неделимость существенна (например, переменных, харак- теризующих загрузку мощности угледобывающих предприятий), оказа- лись очень близки к целочисленным, так что даже не потребовалась корректирующая доводка.

Варианты задачи различались принятыми уровнями потребности в коксе. Согласно полученным результатам, добычу углей для коксования в связи с ростом потребности необходимо увеличить в 1,5—1,6 раза.

Предусматривается увеличить добычу углей за счет наиболее дешевых и малододефицитных марок. Такое изменение марочной структуры добычи имеет большое значение не только по экономическим соображениям, но и из-за дефицитности ряда марок.

Вместе с тем необходимо учитывать, что включение в шихту углей малододефицитных марок допустимо лишь в ограниченном размере. Вследствие этого возникают трудности при построении плана. Если не ввести в баланс коксовые угли Южно-Якутского бассейна, максимальную потребность (250 млн. т) не удастся удовлетворить, хотя общий объем технической возможной добычи превышает эту потребность и равен 266 млн. т. Это обстоятельство было установлено в результате решения оптимизационных задач.

Обогащение углей для коксования к 1980 г. может быть на 78—82% обеспечено за счет действующих, реконструируемых и строящихся обогатительных фабрик. Обогащение остальной части углей возможно лишь за счет строительства новых обогатительных фабрик или их расширения. Такое строительство необходимо, так как к 1980 г. запасы малозольных коксовых углей будут отработаны и все угли потребуют обогащения. В настоящее время часть углей, добытых для коксования, из-за отсутствия мощностей обогатительных фабрик используется не по прямому назначению, а для энергетических целей. К 1980 г. предусматривается полностью использовать по прямому назначению все угли, добываемые для коксования.

Известно, что строительство углеобогатительных фабрик при металлургических и коксохимических заводах создает известные технологические и экономические преимущества. Однако такое их размещение приводит к увеличению транспортных расходов, поскольку в этом случае приходится перевозить пустую породу.

Как показали оптимизационные расчеты, при принятом уровне удельных транспортных затрат, возможное расширение фабрик при заводах Юга и Юго-Запада экономически эффективно.

Увеличение объемов обогащения коксовых углей других бассейнов целесообразно осуществить за счет строительства обогатительных фабрик непосредственно в самих бассейнах.

Из 315 вариантов возможных угольных шихт в план вошло 25 вариантов. При этом состав шихт менялся в зависимости от варианта задачи (уровня потребности).

Вошедшие в план варианты шихты предусматривают, в соответствии с возможной марочной структурой ресурсов коксовых углей, значительное расширение использования газовых углей для производства кокса: в шихтах из донецких углей — с 30% в 1968 г. до 38—39% в 1980 г., из кузнецких углей — соответственно с 16 до 22%. Это потребует осуществления на коксохимических заводах ряда мероприятий по подготовке шихты для коксования к доменному процессу (избирательное измельчение шихты с пневмосепарацией, глубокая сушка шихты, сухое тушение кокса и др.), что позволит получить кокс необходимого качества из шихты с меньшей спекаемостью. Разумеется, как уже отмечалось выше, допустимое использование газовых углей ограничено.

Полученная схема поставок показала необходимость снижения удельного веса потребления донецких углей для коксования в районах Центра и полного прекращения завоза этих углей в Северо-Западный район. Доля кузнецких углей в потреблении районов Центра возрастает с 10 до 28—35%, а их завоз в Казахскую ССР прекращается. При этом затраты

на транспортировку полностью перекрыты более дешевых по стоимости углей для коксования почти не изменяется потребление Казахского

Расчет экономичности развития и размещения в 1980 г., осложняется введением в план с соответствующими изменениями использовать для решения плановых капитальных задач по углям для коксования, там, где приближенно ляет сотни миллионов

Следует отметить, что влияние может оказать на портных затрат; осудельного веса деш

При расчете экономичности в углях и их

В настоящее время плана развития коксования: увеличивается с совершенствуются мической и целочи

Б. ДОБЫ

Оптимальный план энергетических угля ЦНИЭНуголь расбывающим предприместорождениям иципальное положив технико-экономигеологических услотолько по бассейнтням одного бассей

Другим принципам плана развития и углей должно быэнергетического хобольшинстве случном энергетическо

¹ Настоящая методика Министерства уголь

за счет наиболее дешевой марочной структуры до-
мическим соображени-

печение в шихту углей
иченном размере. Вслед-
нн плана. Если не вве-
ссейна, максимальную
нть, хотя общий объем
потребность и равен
в результате решения

ожет быть на 78—82%
ых и строящихся обо-
углей возможно лишь
брик или их расшире-
1980 г. запасы мало-
угли потребуют обо-
их для коксования, из-
к используется не по
К 1980 г. предусмат-
назначению все угли,

их фабрик при метал-
известные технологиче-
е их размещение при-
кольку в этом случае

ниятном уровне удель-
фабрик при заводах

ей других бассейнов
обогатительных фаб-

план вошло 25 вари-
ти от варианта зада-

ивают, в соответствии
ных углей, значитель-
производства кокса:
88—39% в 1980 г., из
о потребует осуществ-
ятий по подготовке
ирательное измельче-
ихты, сухое тушение
ого качества из шихт
ечалось выше, допу-

ость снижения удель-
ния в районах Цент-
ро-Западный район.
а возрастает с 10 до
я. При этом затраты

на транспортировку из Кузнецкого бассейна в европейскую часть СССР полностью перекрываются эффектом от использования кузнецких углей, более дешевых по сравнению с другими углями. Удельный вес печорских углей для коксования в Центре снижается, а в Северо-Западном районе почти не изменяется. Карагандинские угли полностью обеспечивают потребности Казахской ССР, а также вывозятся на Урал.

Расчет экономического эффекта, который дает предлагаемый план развития и размещения добычи и переработки углей для коксования на 1980 г., осложняется ввиду отсутствия достаточно проработанного «базового» плана с соответствующими затратами, который можно было бы использовать для сравнения. Однако по сравнению с ранее принятым планом капитального строительства разработанный на основе оптимизационных задач план развития и размещения добычи и переработки углей для коксования позволит сэкономить, по предварительным расчетам, приблизительно 14% затрат, что в абсолютном выражении составляет сотни миллионов рублей в год.

Следует отметить, что на размер этой экономии очень небольшое влияние может оказать изменение (повышение) уровня удельных транспортных затрат; основная сумма экономии обусловлена увеличением удельного веса дешевых углей с высоким выходом концентрата.

При расчете экономии не принимался во внимание эффект от устранения возможного несоответствия между марочной структурой потребности в углях и их ресурсами.

В настоящее время проводятся дальнейшие разработки перспективного плана развития и размещения добычи и переработки углей для коксования: увеличивается длительность периода планирования; улучшается увязка с перспективным планом развития черной металлургии; совершенствуются экономико-математические модели (переход к динамической и целочисленной постановке задачи и т. д.).

Б. ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ¹

5. Исходные положения

Оптимальный план развития и размещения добычи и переработки энергетических углей в настоящей постановке задачи по предложению ЦНИЭИуголь рассматривается применительно к конкретным угледобывающим предприятиям, а не определяется в целом по бассейнам и месторождениям на основе среднебассейновых показателей. Это принципиальное положение связано с необходимостью учитывать различия в технико-экономических показателях добычи угля, зависящие от горно-геологических условий и качества углей. Эти показатели изменяются не только по бассейнам, но и по отдельным угледобывающим предприятиям одного бассейна или месторождения.

Другим принципиально важным моментом разработки оптимального плана развития и размещения добычи и переработки энергетических углей должно быть установление взаимосвязей с прочими отраслями энергетического хозяйства страны. Энергетические угли в подавляющем большинстве случаев являются замыкающим топливом в перспективном энергетическом балансе страны. Следовательно, потребность в энер-

¹ Настоящая методика разработана сотрудниками ЦЭМИ АН СССР и ЦНИЭИуголь Министерства угольной промышленности СССР.