

100120

А.А.Федотов

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
БЕЗОТХОДНОГО
ПРОИЗВОДСТВА
В МЕТАЛЛУРГИИ**



А.А.Федотов

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
БЕЗОТХОДНОГО
ПРОИЗВОДСТВА
В МЕТАЛЛУРГИИ



Москва "Металлургия"
1980

УДК 669.1 : 658.5.012.1

Технико-экономические проблемы безотходного производства в металлургии.
Федотов А.А. М., "Металлургия", 1980, 192 с.

Изложены проблемы оптимального использования отходов и побочной продукции в черной металлургии и экономические предпосылки создания безотходной технологии и безотходного производства. Рассмотрено их влияние на эффективность производства, проанализированы экономические аспекты материалоемкости в металлургии и основные факторы ее снижения. Проблема отходов рассмотрена в связи с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды. Освещены методические принципы оценки вторичных ресурсов.

Предназначена для инженерно-технических работников, экономистов, плановых работников металлургических предприятий. Может быть полезна студентам металлургических вузов и факультетов. Ил. 15. Табл. 45. Библиогр. список: 64 назв.

Ф 31001 - 175 140-80 2601010000
04С (01) - 80

ВВЕДЕНИЕ

Подъем всех отраслей социалистической экономики в десятой пятилетке в результате повышения эффективности и качества работы, а также оценка деятельности отраслей по конкретным результатам хозяйствования позволили заложить надежную основу роста производительных сил СССР. Среди задач по дальнейшему экономическому развитию страны, которые будут поставлены на XXVI съезде КПСС, важное место по-прежнему будет занимать улучшение использования сырьевых, топливных и энергетических ресурсов.

Большое внимание уделено рациональному использованию материальных ресурсов, усилению режима экономии и устранению потерь в народном хозяйстве страны в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР "Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы".

XXV съезд КПСС обратил особое внимание на необходимость дальнейшего развития научных исследований, открывающих принципиально новые пути и возможности для преобразования производительных сил страны, создания техники и технологии будущего. Это нашло отражение в основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976 — 1980 гг.: "Внедрять новые эффективные способы и системы разработки месторождений полезных ископаемых, прогрессивные технологические процессы их добычи, обогащения и переработки, имея в виду повысить степень извлечения полезных ископаемых из недр, обеспечить более полную и комплексную переработку минерального сырья, а также резко уменьшить вредное воздействие отходов на окружающую среду"¹.

Центральный Комитет КПСС принял постановление 8 июня 1980 г. "О работе министерств металлургии, машиностроения и строительства по повышению качества металлопродукции, эффективному использованию металла на основе внедрения малоотходной технологии в свете требований ноябрьского (1979 года) Пленума ЦК КПСС". Центральный Комитет, подчеркивая важность разработки мер по экономии металла, отметил, что министерствам необходимо предусмотреть решение вопросов, связанных с улучшением качества и увеличением производства экономических видов металлопродукции, значительным сокращением отходов металла, созданием и выпуском прогрессивного оборудования для металлургии и металлообработки, а также других вопросов, направленных на всемерное сбережение металла.

Эффективность общественного производства не может рассматриваться вне проблем рационального использования природных ресурсов, так как в конечном итоге вся производственная деятельность связана с их потреблением и преобразованием в продукты производственного и индивидуального потребления. Возникает необходимость их экономного расходования с точки зрения стремления к уменьшению объема ресурсов, вовлекаемых в народнохозяйственный оборот, и полного ис-

¹ Материалы XXV съезда КПСС, М., Политиздат, 1976, с. 174.

пользования в результате вовлечения. Полное использование ресурсов в наибольшей мере разрешается при создании безотходной технологии или на первом ее этапе — экономически безотходного производства.

Проблема рационального использования материальных ресурсов в металлургической промышленности в современных условиях имеет особо важное научное и практическое значение. Несмотря на обширные научные исследования, экономические аспекты проблемы далеко еще не решены. При современном уровне развития науки и техники в условиях социалистической экономики вопросы рационального использования материальных ресурсов всегда могут быть технически успешно решены. В производстве неизбежно образуются побочные продукты и "отходы". Следствием бурного развития научно-технического прогресса явился также постоянный рост объема промышленных выбросов в окружающую среду, которые, с одной стороны, составляют крупные потери минерального сырья и, с другой, наносят огромный ущерб состоянию природной среды и отрицательно влияют на здоровье человека.

Возникает проблема совершенствования производства с точки зрения полного использования всей массы добываемого сырья и прекращения загрязнения природной среды. Решение ее — в создании безотходной технологии. Перед наукой и производством встают сложные технические и экономические задачи. Развитие безотходной технологии происходит по двум основным направлениям: первое — создание новых технологических процессов, которые до минимума сведут образование различных отходов и побочных продуктов, и второе — полное и эффективное использование образующихся отходов и побочной продукции. Это второе направление является первым этапом создания безотходной технологии.

Полное и рациональное использование отходов и побочной продукции позволяет создать в металлургии комплексное, высококомбинированное производство.

Развитие черной металлургии обуславливает все более широкое использование природных ресурсов, и это еще в большей мере ставит задачи рационального природопользования. В связи с этим побочная продукция и отходы производства экономически выступают как вторичные ресурсы производства. Но при этом должны быть решены многие научные и практические проблемы оценки влияния использования вторичных ресурсов на эффективность черной металлургии.

В настоящее время проблеме оптимального использования природных и материальных ресурсов уделяется самое серьезное внимание. Исследования экономических проблем использования вторичных ресурсов и условий создания безотходного производства в металлургии много лет ведутся в Московском институте стали и сплавов. Автор выражает глубокую благодарность ст. инж. А.Н. Батурину, ст. научн. сотр. А.М. Сниткину и Н.И. Гурову за большую помощь в проведении этих исследований и подготовке настоящей книги к изданию.

Раздел I

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БЕЗОТХОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Глава I

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОТХОДОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

1. Проблемы эффективности производства и рационального природопользования

Разработка теоретических и практических проблем оптимального использования материальных ресурсов, их оценка и определение эффективности металлургического производства на основе комплексного использования всех природных ресурсов занимают все более видное место в экономике черной металлургии. Различные виды природных ресурсов соответственно требуют различных затрат общественного труда, чтобы эффективно использовать их в общественном производстве. Сами по себе они не создают стоимости, ее создает труд. Однако качество природных ресурсов и условий их использования оказывает непосредственное влияние на производительность труда. К. Маркс отмечал, что производительная сила труда определяется в том числе и природными условиями¹.

Различия природных ресурсов, используемых в металлургии, вызывают в свою очередь различные комбинации производства, в результате которых может быть получен соответственно и различный экономический результат. На него непосредственное влияние оказывают рациональное использование природных ресурсов и развитие безотходного производства как факторы полного использования материальных ресурсов. Успешное решение такой народнохозяйственной задачи в значительной мере зависит от многих еще не исследованных в достаточной степени теоретических и практических вопросов в области методологии и методики экономического анализа, оценки, стимулирования и изыскания путей повышения эффективности использования побочной продукции и отходов металлургического производства.

Одним из коренных преимуществ социалистической экономики является полное и рациональное использование ресурсов труда, средств производства, природных богатств и обеспечение на этой основе высоких темпов экономического роста. Это определяет основные источники роста эффективности общественного производства — повышение производительности живого труда, увеличение отдачи производственных затрат за счет их более полного и рационального использования, снижение материалоемкости, вовлечение в народнохозяйственный оборот наиболее эффективных природных ресурсов, полное и рациональное использование вторичных ресурсов (отходов, побочной продукции и др.). Особенно

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 48.

важное значение приобретают эти источники в современных условиях, когда возможности увеличения ресурсов ограничены сокращением численности населения, вступающего в трудоспособный возраст, размерами производственных фондов, величиной изученных и освоенных запасов полезных ископаемых.

В металлургической промышленности аккумулируются крупные трудовые и материальные ресурсы. Металлургия к тому же в существенной мере определяет материалоемкость продукции большинства отраслей народного хозяйства, а металл — это основной материал, из которого изготавливаются орудия труда.

Множественные межотраслевые связи металлургии с народным хозяйством определяют огромное влияние эффективности металлургического производства на эффективность общественного производства в целом. Разнообразие технологических процессов, территориальные аспекты развития, сложность капитального строительства и многие другие вопросы, создающие в металлургии многообразие вариантов достижения цели производства, обуславливают широкое использование при оценке развития металлургии различных критериев и показателей эффективности производства.

Такие показатели, как материалоемкость, трудоемкость, фондоемкость и т. д., взятые каждый в отдельности, служат для характеристики использования соответствующих ресурсов, но они безусловно взаимосвязаны, что отражает объективную взаимообусловленность функционирования различных ресурсов в производстве. Так, повышение эффективности производительно функционирующего живого труда приводит к непрерывным качественным и количественным изменениям использования вещественных элементов производства; повышение технического уровня средств труда вызывает сдвиги в использовании природных ресурсов и их подготовке к производительному использованию; качественные сдвиги или улучшение норм использования предметов труда приводят к соответствующим сдвигам в структуре производства, средствах производства или даже в использовании рабочей силы.

В черной металлургии среди этих проблем в настоящее время особое место занимает проблема снижения материалоемкости, которую А.М. Поляк справедливо называет специфической формой интенсификации производства. Объективно закономерным процессом является неуклонное снижение расходных коэффициентов как за счет оптимального и комплексного использования сырья и материалов, так и за счет сокращения отходов или рационального использования побочной продукции и отходов производства.

Таким образом, даже такая проблема черной металлургии, как использование побочной продукции и отходов, тесно связана с эффективностью общественного производства и оказывает влияние на все ее показатели и прежде всего на общественную производительность труда. Затраты общественного труда на производство товара тем ниже и тем выше производительность труда, чем меньше затраты в производство средств производства, чем рациональнее используются природные ресур-

сы и чем меньше их расходуется на единицу изделия. "С общественной точки зрения производительность труда возрастает также с его экономией. Последняя включает в себя не только экономию средств производства, но и устранение всякого бесполезного труда"¹, -- писал К. Маркс. В конечном итоге всякая экономия овеществленного труда равноценна повышению производительности живого труда. Экономия овеществленного труда означает, что для производства данного продукта общество должно затрачивать меньше живого труда на предприятиях, которые производят экономленный продукт.

Всякая экономия, достигаемая в расходовании сырья, материалов, топлива, или использование более дешевых взаимозаменяемых их видов приводит к экономии затрат общественного труда и повышению производительности труда. Точно также в экономических показателях находит отражение рациональное использование отходов и побочной продукции. Отсюда и возникает тесная экономическая связь народнохозяйственных проблем соизмерения затрат труда и рационального использования всех видов отходов и побочной продукции черной металлургии.

2. Вторичные ресурсы и эффективность производства

Важнейшим фактором повышения эффективности производства является снижение материалоемкости выпускаемой продукции. В производстве материальных ресурсов занято около 75% производственных фондов и 50% трудовых ресурсов страны. На производство продукции, поступающей в дальнейшую переработку, расходуется свыше 70% производственных капитальных вложений.

Масштабы развития народного хозяйства СССР и намечаемые перспективы дальнейшего роста советской экономики неразрывно связаны со все возрастающими темпами вовлечения в переработку разнообразного минерального сырья. За последние 30 лет (с 1950 по 1980 г.) добыча нефти возросла в 15,3 раза, природного газа более чем в 50 раз, угля в 3 раза, железной руды в 6 раз и т. д. Добыча некоторых видов минеральных ресурсов в 1971 — 1978 гг. характеризуется следующими данными:

	1971 г.	1975 г.	1978 г.
Нефть (включая газовый конденсат), млн. т	377,1	490,8	572
Газ естественный, млрд. м ³	212,4	289,3	372
Уголь, млн. т	640,9	701,3	724
Железная руда (сырая), млн. т.	374,8	440,5	480
Марганцевая руда (сырая), млн. т.	18,06	20,2	21
Хромитовая руда (сырая), млн. т.	3,48	3,8	3,2

Вовлечение в сферу производства непрерывно растущих огромных масс сырьевых ресурсов объективно обуславливает все более настоятельную необходимость рационального их использования. В черной металлургии на 1 т выплавляемой стали расходуется 6 — 12 т различного

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т.23, с. 539.

сырья, материалов, топлива, а в целом в черной металлургии расходуются сотни миллионов тонн минерального сырья в год. В связи с этим велика доля затрат металлургии на создание общественного продукта в общей сумме затрат важнейших отраслей народного хозяйства: в промышленности — 12,5%, сельском хозяйстве — 0,8% и строительстве — 11,2%.

Непрерывный рост добычи минерального сырья сопровождается ухудшением его качества и горнотехнических условий эксплуатации месторождений, что приводит к повышению эксплуатационных затрат и показателей удельной фондоемкости на горнорудных предприятиях. Последнее подтверждается следующими данными роста выплавки стали и промышленно-производственных фондов черной металлургии за 1965 — 1978 гг., % к 1965 г.:

	1970 г.	1975 г.	1978 г.
Выплавка стали	127	155	166
Рост промышленно-производственных фондов	152	228	258
Отношение темпов роста промышленно-производственных фондов к темпам роста выплавки стали	1,20	1,47	1,55

Снижение затрат на добычу и переработку рудного сырья, обусловленное прогрессом техники в горнорудной и металлургической промышленности, пока не компенсирует роста затрат, вызываемого ухудшением горнотехнических условий эксплуатации и снижением качества руды.

Вовлечение в переработку все больших масс минерального сырья приводит к росту общей суммы затрат живого и овеществленного труда на производство металла не только в результате большой капиталоемкости горнорудной промышленности и удорожания добычи руды, но и вследствие значительных потерь сырья при современных масштабах его добычи и переработки.

Чем выше темпы промышленного развития страны, тем важнее становится проблема рационального использования ресурсов: сокращение материальных затрат только на 1% обеспечивает прирост годового национального дохода на 5 млрд. руд. ". . . Чтобы не идти на чрезмерное увеличение капиталовложений, — отмечалось на XXV съезде КПСС, — надо добиваться более рационального использования ресурсов, в том числе за счет снижения материалоемкости продукции, применения более дешевых и эффективных материалов, а также экономного их расходования"¹.

Ежегодно из недр земли и с ее поверхности человечество забирает около 10 млрд. т минеральных и почти столько же органических сырьевых продуктов. При этом десятки процентов от исходной массы сырья превращаются в отходы, их выбрасывают в атмосферу, водоемы. Количество отходов увеличивается пропорционально росту промышленности и других сфер производства. Вместе с тем природные богатства велики, но далеко не безграничны. Залежи полезных ископаемых практически не

¹ Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976, с. 43.

возобновляются и поэтому по мере развития промышленности все значительнее влияет относительная ограниченность природных ресурсов. Все это остро ставит ряд экономических проблем: рационального использования природных ресурсов, охраны природы, снижения отходов производства и их использования и др.

Среди других отраслей материального производства в наибольшей мере с природными ресурсами и окружающей средой связана черная металлургия. С позиций современного научно-технического уровня производства в черной металлургии практически нет монокомпонентных ресурсов. Разнообразны виды сырья и технология их переработки. Все это на современной стадии производства объективно обуславливает образование отходов и побочной продукции¹, полное и рациональное использование которых позволяет создавать в металлургии комплексно комбинированное производство и расширить его межотраслевые связи.

Среди других показателей эффективность производства определяется количеством созданного данной массой труда продукта и его общественной полезностью, а это находится в непосредственной связи с отходами и побочной продукцией: чем меньше образуется отходов или чем полнее и рациональнее они используются, тем больше и с меньшими затратами создается материальных благ. Важность полного и рационального использования отходов производства в черной металлургии обусловлена характером ее современной технологии, при которой более половины всего потребляемого топлива (тепла) превращается в различного рода отходы, измеряемые десятками миллионов тонн условного топлива, где образуются десятки миллионов тонн ценных для строительства шлаков, различные графитсодержащие отходы и др.

Современное многоотраслевое индустриальное производство практически представляет собой геохимически открытую систему, в которой исходное природное сырье перерабатывается в продукцию целевого назначения. Готовая (основная) продукция, ради которой функционирует производство, по массе составляет небольшую часть израсходованных исходных сырья и материалов. Так, в черной металлургии из более чем 1 млрд. т сырья произведено в 1977 г. всего около 130 млн. т металлопродукции. Но и эта часть потребляемого природного сырья переходит в отходы в процессе потребления.

Такая производственная система может быть использована в течение весьма короткого отрезка геологического времени за счет разбавления отходов в большом объеме биосферы. Открытая система использования природных ресурсов рано или поздно должна прийти в столкновение с окружающей природой, привести к нарушению природного равновесия. В работе Б.Коммонера показано, что кризис окружающей среды обуслов-

¹ К основной продукции относится та, изготовление которой является главной целью данного производства; побочная образуется вместе с основной в силу характера технологии или специфики (комплексности) сырья; к отходам относится продукт, образующийся из основного исходного сырья или продукта (металлоотходы, колошниковая пыль и др.) вследствие несовершенства технического базиса.

лен не столько ростом масштабов современного производства, сколько изменениями, происшедшими в последние два—три десятилетия в характере его технологии. В результате становится очевидным, что любая попытка уменьшить неблагоприятное влияние производства на окружающую среду неизбежно столкнется с проблемой изменения технологии производства.

Производственная система должна быть дополнена восстановительной фазой, замыкающей цикл природопользования и образующей подобие природного геохимического круговорота. Моделью такого круговорота может служить любая экономическая система, где отходы одних производств служат сырьем для производства продукции другими организациями (производствами) и где в конечном итоге на выходе образуются те же исходные вещества (минеральные соли, уголекислота, кислород, вода, пар), которые поступали в систему на входе.

Узкоспециализированное до сих пор развитие металлургической техники и технологии привело к серьезным диспропорциям в районном ресурсопотреблении. Огромные массы металлургических огненножидких шлаков с их высоким технологическим потенциалом были по субъективным причинам практически недоступны для промышленности строительных материалов и местного строительства. 50 млн. т/год гомогенного стабильного по составу расплава силикатов пока не используются. На некоторых металлургических предприятиях уже осваивается производство шлаковой пемзы, литого щебня и шлаковатных изделий.

Технологические уносы с отходящими газами — второй по объему и технологическому потенциалу побочный продукт металлургического производства. По своей природе технологические уносы обогащены рядом полезных элементов (например, цветными металлами, кристаллическим графитом и др.) и в ряде случаев представляют готовый полуфабрикат для соответствующих производств: миксерные графитовые уносы — для графитовой промышленности, уносы мартеновского производства — для производства красок на основе сурика и т. д.

Полное и комплексное использование сырья и материалов, составляющих минеральную систему металлургического предприятия, природоохранные мероприятия — это те важнейшие факторы, которые обуславливают возникновение и становление проблемы изменения технологии производства, создание малоотходной технологии и безотходного производства. Создание безотходной технологии — это прежде всего создание межотраслевых производственных и научно-производственных комплексов и объединений. Например, в черной металлургии немислимо создание принципиально новых комплексных технологий без кооперирования с производствами строительных материалов и местным строительством, без формирования строительно-металлургических территориально-производственных комплексов. Такое кооперирование в настоящее время подготавливается, во-первых, общим усложнением минерального хозяйства комбинатов, практикой вторичного вовлечения минеральных отходов (шламов) в основное производство, во-вторых, раз-

вitiем на этой основе специальных побочных производств (шлакошлакоперерабатывающих).

Проблема использования отходов производства и побочной продукции имеет два основных экономических аспекта — развитие и совершенствование технологии по пути снижения их выхода и, если они образуются, полное и рациональное их использование. В этом случае принцип безотходности технологии осуществляется передачей отходов в качестве сырья другому производству, образованием цепей из производств, последовательно друг за другом утилизирующих отходы до их минерализации на уровне простых химических соединений, которые могут вновь использоваться на входе в технологический процесс. Беспрепятственное межотраслевое взаимодействие и глубокая интеграция производств в рамках территориально-производственного комплекса способствуют решению проблемы отходов и создания безотходного производства.

Создание безотходного производства с развитием техники должно осуществляться поэтапно — от малоотходной технологии до безотходной. Запорожская лаборатория экологизации производства предлагает в качестве одного из первых шагов экологизации районного производства создать комбинат восстановления природных ресурсов, который будет играть роль, аналогичную роли почвы в биогеоценозе. На таком комбинате должно осуществляться усреднение контрастных разнообразных отходов, выбывающих из районных производств, и подготовка их либо к новому циклу производства, либо к возвращению природе в виде природного тела.

Если отходы имеют тот же вещественный состав, что и конечная (целевая) продукция, то во многих случаях они вновь возвращаются в производство, где образуются, и создается определенный оборотный цикл, например металлолома. При повторном использовании отходов достигается большая экономия общественного труда. Именно поэтому К. Маркс подчеркивал: "От этой экономии на отходах производства путем вторичного использования последних следует отличать экономию за счет сокращения самих отходов, т. е. сведение экскрементов производства к минимуму и непосредственное максимальное использование сырья и вспомогательных материалов, входящих в производство"¹. К таким отходам относятся металлоотходы и вторичные топливные и энергетические ресурсы. Они в известной мере характеризуют несовершенство техники и технологии производства. Идеальным случаем для подобной ситуации будет производство без отходов.

Если же отходы иного вещественного состава, то в производстве создается новый цикл или новая ветвь самостоятельного производства, которое удешевляет основное производство и является источником дополнительного эффекта.

Однако в действительности крупные по масштабам и зачастую не полностью используемые ресурсы отходов и побочной продукции занимают

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. I, с. 114.

сегодня более чем скромное место в экономике металлургических предприятий: снижение себестоимости чугуна за счет реализации отходов и побочной продукции доменного производства составляет в среднем 3%, а в сталеплавильном производстве и того меньше — снижение себестоимости стали за счет использования отходов и побочной продукции всего 1 — 2%.

В мировой черной металлургии наибольшую ценность всегда представляли главным образом железосодержащие отходы. Их использование находится на достаточно высоком уровне. И все-таки 10 — 15% (по железу) от всех железосодержащих отходов металлургического предприятия теряется или не используется вторично. В целом по черной металлургии это 8 — 9 млн. т железа (60 — 70 кг на 1 т стали).

В пересчете на товарную руду это составит примерно 15 млн. т и сырую — более 30 млн. т в год. Много железа теряется при обогащении. В СССР добывается в настоящее время более 550 млн. т железной руды в год и примерно 80% ее идет на обогащение. При извлечении железа в концентрат, равном 80%, потери железа с хвостами обогащения составляют в год 25 — 27 млн. т, т. е. более 60 млн. т руды добывается для возмещения потерь железа при обогащении. Аналогичное положение и с другими отходами черной металлургии.

3. Принципы оценки вторичных ресурсов в металлургии

Различие природных ресурсов и технологических процессов, используемых в металлургии, вызывает сложные комбинации производства, в результате которых может быть получен соответственно и различный экономический результат, который определяется эффективностью использования материальных ресурсов, предусматривающего полное и рациональное использование побочной продукции и отходов производства. Задачу правильного определения эффективности использования материальных ресурсов нельзя решить без научно обоснованной оценки всех продуктов комплексного металлургического производства, без разработки методологических принципов и методических приемов распределения затрат между основной продукцией и отходами.

Отходы производства являются его отбросами до тех пор, пока они не обладают потребительной стоимостью, т. е. до момента появления под воздействием научно-технического прогресса технической возможности их использования в промышленном производстве. Пока они не используются, все затраты труда в процессах, где образуются отходы, относятся на основную продукцию.

Еще в работе "Империализм как высшая стадия капитализма" В.И. Ленин, подчеркивая роль технического прогресса в расширении источников сырья, среди других источников отметил утилизацию тех или иных сырых материалов, что становится возможным с развитием техники и появлением новых приемов их обработки¹. Это в значительной

¹ См. Ленин В.И. Соч., т.27, с. 381.

мере может быть отнесено и к отходам производства, являющимся составной частью минеральной основы исходного сырья.

Нет принципиального экономического различия между используемыми отходами и побочной продукцией. Как в побочной продукции, так и в отходах овеществлен общественный труд, хотя это все еще подвергается сомнению, и поэтому на практике до сих пор существует мнение, что отходы имеют нулевую стоимость. Вместе с тем в развитии товарно-денежных отношений в период коммунистического строительства значительное место принадлежит научному обоснованию системы ценообразования. В Программе КПСС подчеркивается: "Следует постоянно улучшать систему цен, приводя ее в соответствие с задачами коммунистического строительства, с техническим прогрессом, ростом производства и потребления, уменьшением производственных издержек"¹.

Особенно важно научное обоснование цены на побочную продукцию и отходы. Это обусловлено спецификой образования побочной продукции в процессе производства, ролью материальных ресурсов, а также особым характером формирования ее стоимости.

Оценка побочной продукции и отходов производства является важнейшей частью формирующихся экономических условий создания безотходного комплекса. Только на основе развития объективного экономического механизма взаимосвязей основного производства и производств, использующих побочную продукцию и отходы в качестве исходного сырья для получения новой продукции, могут быть созданы предпосылки действительно безотходного производства, где в полном объеме будут решаться и экономические проблемы.

Процесс производства основной продукции из многокомпонентного сырья (строго говоря, таковым является почти все сырье, перерабатываемое в промышленном производстве) является одновременно и процессом образования различных отходов и побочной продукции. И, следовательно, затраты живого и овеществленного труда на производство основной продукции являются в то же время и затратами на образование побочной продукции и используемых в дальнейшем отходов производства.

Овеществление затрат труда в побочной продукции (и отходах производства) обусловлено наличием потребительной стоимости в этих продуктах, так как они используются и входят в сумму благ в общественном производстве и потреблении. И дело не только в том, что потребительные стоимости образуются на основе их физических, химических или механических свойств независимо от того, основная это или побочная продукция, но и в том, что отходы и побочная продукция по своей природе являются социально-экономическими, поскольку возникают в связи с необходимостью удовлетворения потребностей общества.

Потребительные стоимости — это "те свойства вещей, которыми пользуются люди и которые выражают отношение к их потребностям"².

¹ Программа Коммунистической партии Советского Союза. М., Политиздат, 1969, с. 90.

² Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 26, ч. III, с. 1.

С этой точки зрения побочная продукция существенно не отличается от основной, они различаются лишь по натуральной форме и назначению в данном или других производствах.

Отсутствие принципиального различия между основной и побочной продукцией с точки зрения всего общественного производства обусловлено уже тем, что побочная продукция одной отрасли заменяет предметы труда (сырье, материалы) или даже готовую основную продукцию другой отрасли. Побочная продукция в этом случае выступает как продукт, равноценный или эквивалентный по потребительной стоимости основной продукции других отраслей.

Так как результатом данного производственного процесса является выпуск как основной, так и побочной продукции и, следовательно, для них затраты труда будут совокупными, то задача определения стоимости каждого из этих видов продукции состоит в разделении совокупных затрат труда.

Если побочная продукция обладает потребительной стоимостью, выступая в качестве эквивалента продукции других отраслей, используется в них и входит в сумму благ общественного производства, то в ней будут овеществляться затраты труда, эквивалентные затратам труда на основную, идентичную по технологической ценности (или потребительной стоимости) продукцию других отраслей, где выпуск ее является основной целью производства. Иначе говоря, стоимость побочной продукции будет определяться величиной общественно необходимых затрат труда на заменяемую продукцию. Отсюда следует, что стоимость побочной продукции формируется по тем же законам, по каким формируется стоимость основной продукции и вообще всякого продукта общественного производства, что в побочной продукции уже в момент ее образования овеществлены определенные затраты труда.

Следовательно, принципы установления цен на побочную продукцию должны быть такими же, как и для основной продукции, т. е. цены должны устанавливаться на основе стоимости, величины общественно необходимых затрат на производство. В настоящее время на большую часть массовой побочной продукции и отходов производства цены устанавливаются в соответствии с затратами на сбор, транспортировку и подготовку к производственному потреблению, т. е. не учитываются затраты труда, аккумулированные в побочной продукции и отходах производства в момент их образования.

Следует отметить, что при подобной оценке народное хозяйство не несет потерь, так как реальные затраты труда, овеществленные в побочной продукции (и не учтенные в ценах на последнюю), будут реализованы в ценах на основную продукцию, на которую и будут отнесены указанные затраты. Однако при этом искажаются хозрасчетные отношения между отраслями, цена основной продукции будет искусственно завышена (по сравнению с действительной ее стоимостью), будут нарушены принципы ценообразования в соответствии с общественно необходимыми затратами труда, а сама цена побочной продукции (не учитывающая всех затрат труда овеществленного в продукции) лишится ряда

важных функций экономического рычага, способствующего рациональному использованию материальных ресурсов.

Таким образом, отходы и побочная продукция должны рассматриваться как экономическая категория общественного производства, как его важнейший элемент.

Образующиеся в черной металлургии отходы и побочная продукция являются источником потребительных стоимостей (материальных благ): металл и графит из графитсодержащих отходов, металлургические шлаки как сырье промышленности строительных материалов, ВЭР как источник тепла и топлива и др. В черной металлургии большое разнообразие отходов и побочной продукции, характеризующихся различием потребительных стоимостей, сферами и спецификой их использования, должно обуславливать и некоторое различие методических принципов их оценки.

Однако при всем многообразии взглядов на технико-экономическую природу отходов и побочной продукции бесспорно, что методологической основой их оценки должны служить средние общественно необходимые затраты труда на создание аналогичных потребительных стоимостей в самостоятельном производстве с учетом степени их технологической ценности при эквивалентной замене природных продуктов (из природного сырья).

Предлагаемые методологические принципы оценки отходов и побочной продукции отвечают стремлению, интенсифицировав промышленное производство, способствовать развитию циклической (безотходной) технологии, которая будет сопровождаться значительным уменьшением вещественных отходов и, следовательно, снижением материалоемкости. Последнее очень важно, поскольку в нашей стране ежедневно на сырье, материалы и энергию тратится более 1,6 млрд. руб.

Глава II

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОТХОДОВ. МАТЕРИАЛОЕМКОСТЬ В МЕТАЛЛУРГИИ

1. Материалоемкость и эффективность производства в черной металлургии

В процессе производства между отдельными специализированными звеньями происходит непрерывный производственный продуктообмен: в народном хозяйстве между отраслями, внутри отраслей и между подотраслями и предприятиями, на предприятии между цехами, службами и участками. В черной металлургии возникают сложные производственные связи, которые выражаются в потоках материальных и энергетических ресурсов и сопровождаются прогрессом техники, а прогресс техники в такой отрасли, как черная металлургия, — это база для развития производственных сил и производственных отношений в народном хозяйстве в целом.

Таким образом планомерно складываются определенные пропорции и взаимоотношения между различными частями общественного произ-

водства. Черная металлургия материально связана с производством различных машин, металлоизделий, а также с капитальным строительством, поскольку этим отраслям она поставляет промежуточный продукт, идущий на производство конечной продукции — средств производства и предметов потребления. В свою очередь указанные отрасли создают средства производства для черной металлургии. Внутриотраслевые связи черной металлургии характеризуются определенными пропорциями добычи и подготовки руд, топлива, огнеупорного и нерудного сырья, различных способов передела и т. д.

Эффективность этой системы производственно-материального взаимодействия и пропорционального продуктообмена в значительной мере определяется оптимальностью использования ресурсов в каждом из производственных звеньев на различных экономических уровнях: народнохозяйственном, отраслевом и производственном. Некоторые экономисты различают технологическую и экономическую пропорциональность. Технологическая пропорциональность означает определенное количественное соотношение производства различной продукции в различных звеньях общественного производства, необходимой для воспроизводства общественного продукта.

Современное металлургическое производство характеризуется сложным и многосторонним движением и взаимодействием четырех основных его показателей: материалоемкости, топливознергоемкости, фондоемкости и трудоемкости, выражающих динамическое единство основных элементов процесса производства. Каждый из указанных показателей имеет свое самостоятельное значение и содержание, но вместе с тем они тесно взаимосвязаны, так как изменение любого из них оказывает прямое или опосредствованное влияние на уровень, динамику и характер изменения других.

Обычно в экономических исследованиях и литературе топливознергоемкость входит в качестве составляющей в показатель материалоемкости, поскольку одинакова их экономическая сущность: они представляют собой величину потребленных предметов труда в натуральном или стоимостном выражении.

Однако при этом не учитывается специфическое производственное назначение топлива и энергии, играющих двоякую роль в производстве и в особенности в черной металлургии. Во-первых, они способствуют преобразованию в процессе производства предметов труда в продукцию конечного производственного или народного потребления путем создания соответствующих технологических условий энергообмена между компонентами процесса. Во-вторых, топливо и энергия обеспечивают функционирование орудий труда. Кроме того, топливо и энергия экономически отличаются от прочих материальных ресурсов, так как они относятся к необращающимся и невозобновляемым ресурсам, тогда как другие материальные элементы производства могут циклически возвращаться в общественное производство в той или иной форме. В связи с вышесказанным топливознергоемкость выделяется нами в качестве самостоятельного показателя общественного производства.

Органическая взаимосвязь существует между показателями материало- и фондоемкости. Но связь эта далеко не однозначная. Непосредственная связь материалоемкости и фондоемкости проявляется в прямом влиянии снижения удельной материалоемкости на производительность оборудования, что позволит из одного и того же количества материальных ресурсов при тех же фондах создать больше продукции, в результате чего возрастет фондоотдача и соответственно снизятся удельные амортизационные отчисления. Следовательно, снижение себестоимости будет обусловлено одновременным снижением материалоемкости и вызванным в связи с этим уменьшением массы потребленных средств труда.

Глубокая внутренняя и одновременно более опосредствованная связь материалоемкости и фондоемкости устанавливается в связи с тем, что значительная масса предметов труда в процессе производства в конечном итоге превращается в основные фонды.

В условиях интенсификации производства и неуклонно растущих требований к качеству как исходных материалов, так и конечной продукции все больше затрат аккумулируется в материальных ресурсах, но это обеспечивает снижение норм расхода сырья и материалов на единицу продукции и более эффективное использование основных фондов. "Хороший материал дает меньшее количество отходов; следовательно, требуется меньшая масса сырья для выпитывания того же самого количества труда. Далее, становится меньше то сопротивление, которое встречает рабочая машина . . . При плохом сырье рабочий для переработки того же самого количества затрачивает больше времени"¹.

Взаимообусловленное влияние в результате научно-технического прогресса оказывает на эффективность производства движение материалоемкости, фондоемкости (фондовооруженности) и производительности труда (отработанного времени) в черной металлургии. Приведенные ниже данные позволяют судить о преобладающем влиянии технического прогресса вследствие этого движения, а также о динамике уровня основных показателей производства: до 1970 г. в черной металлургии преобладал такой характер технического прогресса, при котором рост производства осуществлялся за счет роста производительности труда, темпы которого выше темпов роста фондоотдачи, а начиная с 1970 г. рост производства сочетается с ростом производительности труда, но при снижении фондоотдачи. Ниже приведена динамика основных показателей развития черной металлургии в 1960 — 1978 гг., % к 1960 г.:

	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
Общий объем продукции	147	196	248	292
Производственные основные фонды	165	251	356	434
Отработанное время	118	127	131	133
Производительность труда	127	157	201	217
Фондовооруженность	143	196	280	330

Снижение материалоемкости производства является сложной и комплексной задачей. Прежде всего необходимо четко определить, какие эле-

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. I, с. 94, 95.

менты производства включаются в этот показатель. С точки зрения общих экономических отношений динамика народнохозяйственной материалоёмкости приближенно может характеризоваться соотношением темпов роста валового общественного продукта и производственного национального дохода. Применительно к отраслям народного хозяйства или промышленности она может быть выражена соотношением темпов роста валовой и чистой продукции. В этом случае к материалоёмкости можно отнести всю сумму овеществленного труда, т. е. затраты сырья и материалов, топливно-энергетические затраты и перенесенную стоимость изношенной части основных фондов.

С целью детального экономического анализа и учета роли различных элементов производственного процесса представляется целесообразным в показатель материалоёмкости включать лишь затраты, связанные с потреблением сырья и материалов.

В экономической терминологии величина основных производственных фондов, потребных для выпуска единицы продукции, называется фондоемкостью производства, взамен которой автором предлагается показатель фондоемкости продукции, характеризующий долю перенесенной на продукцию стоимости основных фондов (амортизационных отчислений).

Фондоемкость производства k -той продукции e_k^Φ может быть установлена по следующей формуле:

$$e_k^\Phi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ijk}^\Phi \alpha_{ijk} / (100 C_k), \quad (1)$$

где C_{ijk}^Φ — стоимость основных фондов i -того передела j -того вида, использованных для производства k -той продукции, руб.;

α_{ijk} — доля основных фондов i -того передела j -того вида, принимающих участие в производстве k -той продукции, %;

C_k — стоимость k -той продукции, выпущенной за отчетное время, руб.

Полная фондоемкость производства всей продукции предприятия или отрасли в таком случае может быть определена следующим образом:

$$F_k^\Phi = \sum_{k=1}^I e_k^\Phi. \quad (2)$$

Фондоемкость одного (k -того) вида продукции ϕ_k исходя из вышеуказанного может быть установлена по формуле

$$\phi_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_{ij}^0 C_{ij}^\Phi \alpha_{ij} / (C_k^{\text{нр}} \cdot 10^4), \quad (3)$$

где N_{ij}^0 — общая норма амортизации j -того вида основных фондов на i -том переделе.

Полная фондоемкость продукции (всех видов) ϕ_k составит

$$\phi_k = \sum_{k=1}^I \phi_k. \quad (4)$$

Снижение удельных норм расхода сырья и материалов, интенсификация их использования, означающая повышение степени эффективности основных фондов, рост производительности труда и эффективности производства в отраслях, производящих сырье и материалы, — все это неперенные условия снижения уровня материалоемкости.

Движение материалоемкости, топливозергоемкости, фондоемкости продукции и производительности труда (отработанного времени для получения единицы продукции) оказывает влияние не только на общий уровень затрат, но и на структуру затрат, которая даже в большей мере, чем уровень затрат, отражает обусловленные научно-техническим прогрессом тенденции изменения различных элементов производства. Данные табл. 1 позволяют судить о значительном повышении доли материальных затрат в общей сумме затрат, что в свою очередь связано с ростом фондоемкости продукции.

Процесс этот вполне закономерен, так как, во-первых, чем выше затраты на подготовку предметов труда (сырья, материалов и т. д.), тем важнее становится задача более полного и эффективного их использования, что в значительной мере обеспечивается совершенствованием техники. Развитие техники в свою очередь требует дополнительных затрат,

Таблица 1

Динамика структуры затрат на производство промышленной продукции в ряде отраслей промышленности в 1955 — 1978 гг., %

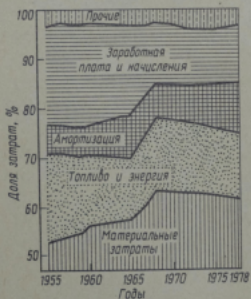
Показатели	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
<i>В целом по промышленности</i>				
Сырье, основные и вспомогательные материалы	68,4	69,2	68,4	67,3
Топливо и энергия	5,3	6,4	6,0	6,0
Амортизационные отчисления	5,0	5,1	6,4	7,1
Зарботная плата и начисления	18,0	16,1	14,6	14,8
<i>Добыча угля</i>				
Сырье, основные и вспомогательные материалы	16,1	16,9	14,2	13,4
Топливо и энергия	4,2	6,1	5,7	5,5
Амортизационные отчисления	15,0	17,0	20,8	22,7
Зарботная плата и начисления	55,8	50,4	46,8	44,2
<i>Черная металлургия</i>				
Сырье, основные и вспомогательные материалы	56,9	62,7	62,2	61,1
Топливо и энергия	12,9	14,9	13,5	13,4
Амортизационные отчисления	8,7	7,3	9,1	10,0
Зарботная плата и начисления	18,2	11,9	10,8	10,7
<i>Машиностроение и металлообработка</i>				
Сырье, основные и вспомогательные материалы	57,1	62,4	61,9	61,8
Топливо и энергия	3,5	3,6	3,2	3,2
Амортизационные отчисления	4,8	4,6	5,5	6,2
Зарботная плата и начисления	30,2	25,6	23,6	23,1

а это находит отражение в увеличении доли амортизационных отчислений в стоимости продукции. Во-вторых, чем лучше подготовка сырья и материалов, тем лучше предпосылки более интенсивного использования производственного оборудования и это также приводит к росту фондоемкости продукции. Вместе с тем эти структурные сдвиги сопровождаются снижением общих затрат, что и является выражением установленной К. Марксом закономерности динамики структуры и величины стоимости в связи с ростом производительности труда.

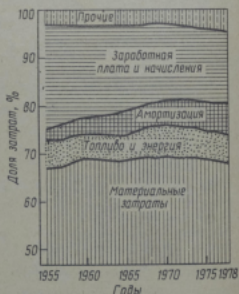
В черной металлургии с 1955 по 1978 г. доля материальных затрат увеличилась с 52,6 до 61,1 %, фондоемкость продукции (доля перенесенной на продукцию стоимости основных фондов) возросла с 5,1 до 10% (рис. 1). Аналогичные изменения можно наблюдать и в промышленности (рис. 2). Улучшение технологии в черной металлургии сопровождается неуклонным совершенствованием энергообмена и соответствующим снижением топливозергоемкости, причем главным образом за счет снижения расхода технологического топлива. За рассматриваемый период топливозергоемкость продукции черной металлургии снизилась на 5,0% (абс.).

Материалоемкость, как и любая другая экономическая категория, может лишь в том случае служить показателем эффективности общественного производства, если будет установлена ее действительная величина, включающая весь объем материальных затрат, связанных с производством продукции данного вида, и не включающая повторный счет.

Многообразие материальных затрат на каждый вид продукции, по мнению автора, исключает характеристику материалоемкости в натуральных единицах. Если натуральные измерители и используются, то



Р и с. 1. Влияние технического прогресса на материалоемкость, топливозергоемкость, фондоемкость и трудоемкость в черной металлургии



Р и с. 2. Влияние технического прогресса на материалоемкость, топливозергоемкость, фондоемкость и трудоемкость в промышленности

лишь в виде частных показателей расхода конкретных видов материальных ресурсов на единицу также конкретного вида продукции, например расход железорудной шихты, марганцевой руды или флюсов на 1 т чугуна (всего, передельного, литейного), расход жидкого чугуна или лома на 1 т стали (мартеновской, конверторной, электростали) и т. д. Неправомерность определения общей материалоемкости в весовом выражении обусловлена и тем, что не всегда рост или уменьшение суммарной массы материалов на единицу продукции будет означать соответствующую динамику материалоемкости (уменьшение качества материалов или, наоборот, утилизация отходов и др.).

Поэтому общая относительная материалоемкость может определяться лишь в стоимостных показателях как доля материальных затрат в общей сумме затрат. Представляется целесообразным определять сопряженную материалоемкость, характеризующую материальные затраты смежных с черной металлургией отраслей, и сквозную. Сквозная материалоемкость учитывает стадии материального преобразования предметов труда, включая смежные отрасли и производства вплоть до конечного передела. Среднеотраслевая материалоемкость должна определяться как средне-взвешенная величина показателей материалоемкости по предприятиям (по видам продукции).

Однако как сопряженная материалоемкость, для определения которой используется информация отчетного межотраслевого баланса, так и сквозная не позволяют исследовать характер материальных преобразований на самом предприятии. С этой целью для сопоставления уровня и доли материальных затрат на производство агрегированных групп продукции на основе отраслевой (нормативной) и производственной информации определяется материалоемкость каждого вида продукции.

Производственная материалоемкость M_j^3 определяется как отношение суммы материальных затрат j -той продукции всего ее выпуска M_j ко всем затратам на производство j -той продукции C_j %:

$$M_j^3 = 100 M_j / C_j. \quad (5)$$

Для определения материальных затрат на весь выпуск j -той продукции предприятия Z_j , руб/т (руб.), решается следующее уравнение:

$$Z_j = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m \mu_{ij}^l a_j A_i + \sum_{k=1}^l \sum_{z=1}^g \mu_{kz} b_k (z+1) C_k (z+1) B_z + 1. \quad (6)$$

где μ_{ij}^l — прямая удельная материалоемкость j -той продукции i -того конечного передела, руб/т (руб.);

a_{ij} — доля j -той продукции i -того конечного передела;

A_i — вся продукция i -того конечного передела, т (руб.);

$a_j A_i$ — количество j -той продукции i -того конечного передела;

μ_{kz} — прямая материалоемкость k -той продукции z -того передела, руб/т (руб.);

$b_k (z+1)$ — норма расхода k -той продукции на продукцию следующего передела $(z+1)$, т/т (руб/руб);

$C_k(z+1)$ — доля продукции $(z+1)$ -того передела, на которую расходуется k -тая продукция;

B_{z+1} — вся продукция $(z+1)$ -того передела, т (руб.).

Производственная материалоемкость характеризует величину материальных затрат в общей сумме затрат на производство продукции. Аналогичным образом определяется сопряженная и полная материалоемкость.

Создание значительных накоплений для капитальных вложений при одновременном обеспечении роста народного благосостояния выдвигает в качестве первоочередной проблему расширения имеющихся и изыскания новых источников роста ресурсов. При этом достигается всемерное повышение эффективности общественного производства на основе экономии всех видов материальных ресурсов (сырья, топлива, энергии, материалов) и увеличения отдачи основных производственных фондов. В настоящее время экономия материальных ресурсов все в большей мере зависит от решения проблем безотходной технологии, полного и рационального использования вторичных ресурсов — отходов и побочной продукции.

Экономия материальных ресурсов позволяет обществу добиться значительных результатов в сбережении затрат труда и средств. В черной металлургии это обусловлено высокой материало- и топливозатратностью металлургической продукции: на производство 1 т готовой продукции расходуется 5 — 7 т сырья, материалов и топлива, потребляется около 18% добываемого в стране каменного угля, используется 10,6% всей вырабатываемой электроэнергии и 7% теплоты; непосредственно на металлургических заводах расходуются сотни миллионов тонн различных руд, известняка и других полезных ископаемых. Последнее особенно важно, так как известно, что в добывающих отраслях производства затраты живого труда и капитальных вложений в расчете на единицу производимой продукции значительно выше, чем на предприятиях обрабатывающей промышленности. При этом в связи с истощением источников "близлежащих" природных ресурсов и усложнением природных факторов и условий их добычи эти затраты увеличиваются.

Экономия овеществленного труда позволяет не только сократить капитальные вложения и трудовые ресурсы, направляемые в сырьевые и добывающие отрасли, где сосредоточено 3/4 всех производственных фондов промышленности, но и в существенно меньших размерах выделять государственные ресурсы на производство оборудования для этих отраслей. Это обеспечит дальнейшее совершенствование структуры общественного производства. Именно поэтому еще на XXIV съезде КПСС было подчеркнуто: "... С точки зрения интересов народного хозяйства добиваться экономии сырья за счет совершенствования производства в обрабатывающей промышленности гораздо выгоднее, чем эти же количества сырья дополнительно производить"¹.

¹ Материалы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, 1971, с. 59.

В результате осуществляемой в стране технической политики достигается высокая народнохозяйственная экономия сырья и материалов. Так, в восьмой пятилетке в машиностроении на каждый 1 млн. руб. созданной продукции расход металла снизился на 20 — 25%, удельный расход топлива на электростанциях — на 13% и т.д.

Выпуск продукции в черной металлургии растет ежегодно на 5 — 6%. При постоянном совершенствовании технологии машиностроения и изменении его структуры создаются предпосылки при указанных темпах роста черной металлургии для увеличения производства в машиностроении на 10 — 12%, т.е. примерно 40 — 50% прироста продукции машиностроения может быть достигнуто за счет рационального расхода металла. Снижению расхода металла способствуют расширение выпуска экономичных профилей проката и значительное улучшение его сортамента, совершенствование конструкции машин и оборудования, замена свободнойковки точной объемной штамповкой, применение сварных конструкций и др.

По мере роста объема производства проблема снижения материалоемкости приобретает все большее значение. К концу восьмой пятилетки общая величина материальных затрат в народном хозяйстве составила 320 млрд. руб., к концу девятой — 450 млрд. руб., а к концу десятой пятилетки она достигнет 530 млрд. руб. в год. Следовательно, в настоящее время каждый процент снижения материалоемкости производства означает экономию затрат в размере около 5,3 млрд. руб. в год. В текущей пятилетке за счет снижения материалоемкости намечено сэкономить более 10 млн. т проката черных металлов, десятки миллионов тонн условного топлива и т.д. Резервы экономного расходования сырья, материалов, топлива и энергии заключаются в уменьшении безвозвратных потерь и отходов производства, в повышении степени извлечения полезных компонентов из сырья, в сокращении припусков (допусков), ликвидации брака, т.е. в направлении создания безотходного производства. Потери материальных ресурсов при производстве черных металлов характеризуются данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Потери материальных ресурсов

Продукция	Общие потери	В том числе	
		возвратные	безвозвратные
Чугун	8,9	5,6	3,3
Сталь	8,0	5,0	3,0
Прокат	29,0	27,0	2,0

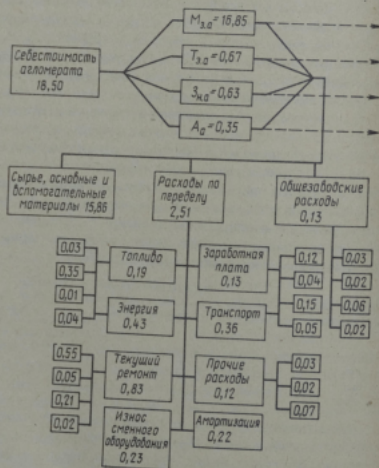
Это означает, что при современном уровне производства черных металлов за счет безвозвратных потерь ежегодно теряется более 10 млн. т металла. Ежегодно за счет сокращения потерь, рационального использования отходов, а также более широкого применения минусовых допусков при прокате металла экономится около 4 млн. т металла.

Снижение материалоемкости в черной металлургии осуществляется по следующим главным направлениям:

во-первых, улучшаются технические условия производства, которые обеспечивают более полное и рациональное использование всех видов сырья, материалов, топлива и энергии;

во-вторых, совершенствуется структура материало-, топливо- и энергоёмкости производства, в результате чего увеличивается доля прогрессивных и эффективных видов сырья, материалов, повышаются технико-экономические показатели их производства, обеспечивающие снижение не только их удельного расхода на единицу продукции, но и затрат на единицу потребительских свойств производимой продукции, поскольку придание изделиям большей надёжности и долговечности из металла, производимого из сырья улучшенного качества, равнозначно увеличению количества изделий;

в-третьих, улучшается качество металла, что равноценно увеличению его производства. Анализ баланса межотраслевых связей черной металлургии показывает, что по сравнению с другими видами сырья экономия металла как основного конструкционного материала имеет важнейшее значение. Улучшение качества, повышение потребительских свойств и

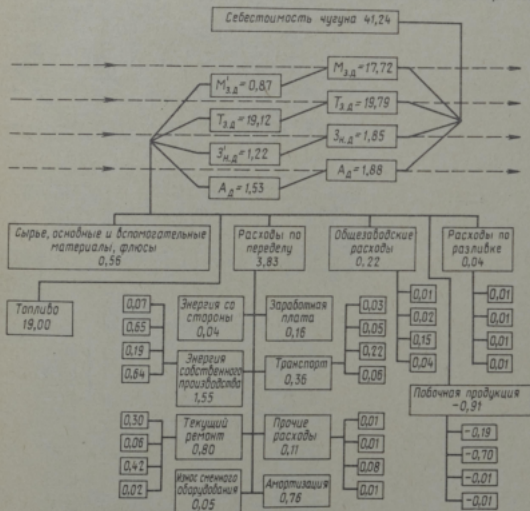


Р и с. 3. Схема расчета показателей материалоемкости, топливоэнергоемкости и
а — агломерата; б — чугуна;

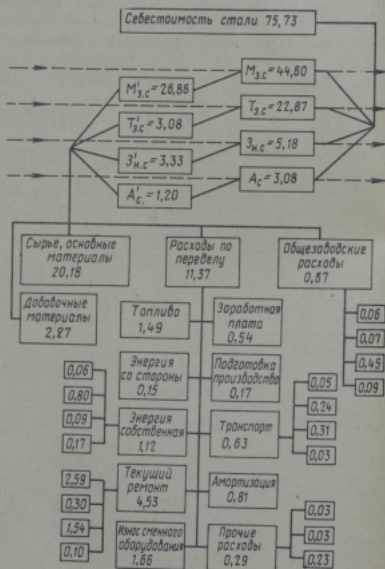
сортамента металлопроката находят прямое отражение в снижении материалоемкости продукции всех отраслей и особенно машиностроения. Термоупрочнение проката, улучшение его поверхностных и защитных свойств и другие мероприятия являются резервом не только повышения эффективности металлургического производства [10], но и снижения металлоемкости, а в еще большей степени материалоемкости продукции народного хозяйства;

в-четвертых, повышается степень использования вторичных ресурсов. Полное и рациональное использование всех видов отходов и побочной продукции позволяет повысить эффективность производства за счет сокращения добычи и производства этих заменяемых вторичными ресурсами видов сырья и материалов на единицу продукции.

Однако все эти направления снижения материалоемкости возможны лишь при определенном уровне отраслевой и межотраслевой специализации черной металлургии. Специализация изменяет соотношение затрат на



различных стадиях производства продукции и поэтому показатели материалоемкости (отраслевые, отдельных предприятий или производств и видов продукции) будут включать различный объем затрат и, следовательно, искажать сопоставимость этих показателей. Экономически глубокая специализация является базисом безотходного производства и органически связана с материалоемкостью, так как следствием и условием эффективности специализации является технический прогресс и рациональное использование не только трудовых, но и вещественных материальных ресурсов: снижения норм расхода сырья, материалов, топлива и энергии, улучшения качества исходного специализированного сырья и т.д., т.е. в конечном итоге все сводится к четырем указанным направлениям снижения материалоемкости. Поэтому материалоемкость опреде-

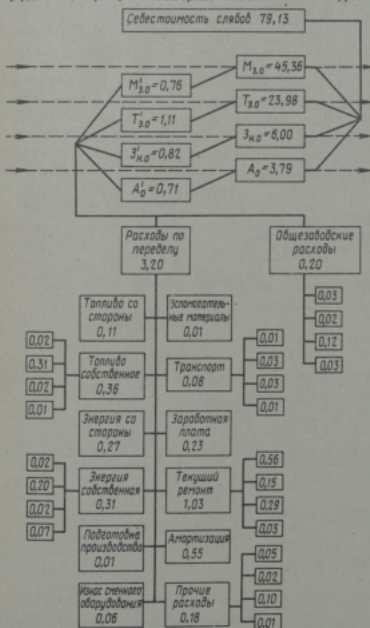


6

Продолжение р и с. 3. Схема расчета показателей материалоемкости, топливознер-
е — стали; з — слывов;

ляется следующими тесно взаимосвязанными факторами: 1) технологичностью процесса, что обуславливает полноту использования и затраты на передел исходного сырья и материалов; 2) видом (спецификой), качеством и подготовкой сырья; 3) уровнем безотходности производства, т.е. степенью и направлениями использования вторичных ресурсов.

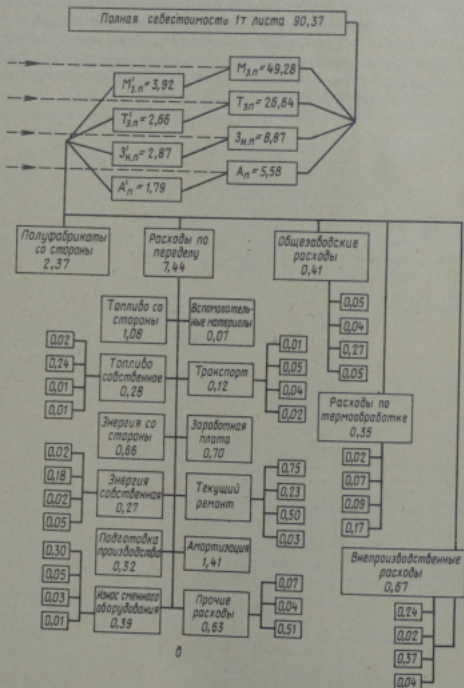
Вместе с тем все эти факторы, как и направления снижения материалоемкости, обусловлены техническим прогрессом в металлургии: степенью развития технологических процессов, применением новых видов сырья, материалов и топлива, прогрессом в области подготовки железорудного сырья, совершенством металлургических агрегатов и др.



2

гоёмкости и фондоемкости в черной металлургии по производствам:

Таким образом, рассмотрение различных показателей, характеризующих соотношение разнообразных по производственному назначению затрат, позволяет сделать вывод о целесообразности применения в практике экономического анализа производства наряду с показателем общей материалоемкости (определяемым по предложенной методике как отно-



Продолжение р и с. 3. Схема расчета показателей материалоемкости, топливознергоемкости и фондоемкости в черной металлургии по производствам:

0 — листа

шение затрат на сырье и материалы к общим затратам) такие показатели, как топливоэнергоемкость (сокращенно "энергоемкость") и фондоемкость продукции.

В условиях неуклонно растущего технического потенциала общественного производства эффективность использования этого потенциала приобретает все более важное значение, поскольку она в значительной мере обусловлена интенсификацией производства. Экономический интерес представляет не только показатель фондоемкости производства

$$E_{\Phi} = \Phi_0 / \Pi_{\Phi} \quad \text{или} \quad E'_{\Phi} = \Phi_{\Pi} / \Pi_{\Phi}, \quad (7)$$

характеризующий необходимую величину основных фондов Φ_0 или производственных фондов Φ_{Π} на выпуск единицы продукции Π_{Φ} , но и показатель фондоемкости продукции

$$e_{\Phi} = A_r / \Pi_{\Phi}, \quad (8)$$

показывающий величину потребленных средств труда (амортизационных отчислений) A_r при производстве каждой единицы продукции. Последний показатель характеризует интенсивность потребления средств труда.

С учетом особой роли энергообмена в производственных процессах, а также особого характера этого вида невозобновляющихся ресурсов одним из основных экономических показателей общественного производства можно принять энергоемкость.

Роль этого показателя в связи с увеличением дефицитности энергоресурсов все более возрастает. Энергоемкость $\mathcal{E}_e$ характеризует долю затрат на топливо и энергию в общих затратах на производство продукции:

1) в целом по народному хозяйству и его отраслям

$$\mathcal{E}_e^{н.х} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_i G_j}{D_n}, \quad (9)$$

где C_i — стоимость единицы i -того вида энергии и топлива, руб.;

G_j — расход топливно-энергетических ресурсов на единицу j -той продукции, т (м^3 , кВт·ч, Дж);

D_n — национальный доход, руб.,

2) по отраслям промышленности и предприятиям

$$\mathcal{E}_e^o = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_i G_j}{\sum_{j=1}^m P_j}, \quad (10)$$

где P_j — производство j -той продукции на предприятии или в отрасли, руб.

Использование рекомендуемых показателей позволит при планировании развития общественного производства с большей точностью и полнотой устанавливать оптимальное соотношение затрат на производство продукции и этим обеспечивать их минимизацию. Особую роль эти показатели могут играть при ограниченности какого-то вида ресурса, что найдет

Т а б л и ц а 3

Расчет себестоимости по элементам затрат (числитель, руб./т) и показателей материалоемкости, топливозоэнергоемкости и фондоемкости (знаменатель, %) 1 т листа рядовой кипящей стали

Производство	Затраты на производство продукции в соответствующем цехе					Затраты на производство продукции с учетом предшествующих переделов				
	$З_m$	$З_t$	$З_n$	A	сумма	$З_m$	$З_t$	$З_n$	A	сумма
Производство агломерата	$\frac{16,85}{91,1}$	$\frac{0,67}{3,6}$	$\frac{0,63}{3,4}$	$\frac{0,35}{1,9}$	$\frac{18,50}{100}$	—	—	—	—	—
Выплавка чугуна	$\frac{0,87}{3,8}$	$\frac{19,20}{84,3}$	$\frac{1,22}{5,3}$	$\frac{1,53}{6,6}$	$\frac{22,74}{100}$	$\frac{17,72}{43,0}$	$\frac{19,79}{47,9}$	$\frac{1,85}{4,5}$	$\frac{1,88}{4,6}$	$\frac{41,24}{100}$
Выплавка стали	$\frac{26,88}{77,9}$	$\frac{3,08}{8,9}$	$\frac{3,33}{9,7}$	$\frac{1,20}{3,5}$	$\frac{34,49}{100}$	$\frac{44,60}{58,9}$	$\frac{22,87}{30,2}$	$\frac{5,18}{6,8}$	$\frac{3,08}{4,1}$	$\frac{75,73}{100}$
Производство сливов.	$\frac{0,76}{22,4}$	$\frac{1,11}{32,6}$	$\frac{0,82}{24,1}$	$\frac{0,71}{20,9}$	$\frac{3,40}{100}$	$\frac{45,36}{57,3}$	$\frac{23,98}{30,3}$	$\frac{6,00}{7,6}$	$\frac{3,79}{4,8}$	$\frac{79,13}{100}$
Производство листа.	$\frac{3,92}{34,9}$	$\frac{2,66}{23,7}$	$\frac{2,87}{25,5}$	$\frac{1,79}{15,9}$	$\frac{11,24}{100}$	$\frac{49,28}{54,6}$	$\frac{26,64}{29,5}$	$\frac{8,87}{9,7}$	$\frac{5,58}{6,2}$	$\frac{90,37}{100}$

П р и м е ч а н и е. $З_m$ — материальные затраты; $З_t$ — топливно-энергетические затраты; $З_n$ — расходы на заработную плату и отчисления в соцстрах; A — амортизационные отчисления.

соответствующее выражение в народнохозяйственных и отраслевых планах, в которых будет решена задача такой расстановки наличных производственных ресурсов и рабочей силы, которая в оптимальной степени обеспечила бы бескризисное расширенное воспроизводство социалистических отношений и производительных сил страны возможно быстрыми темпами в целях максимального удовлетворения потребностей всего общества при минимальных затратах.

На предприятии расчет рекомендуемых показателей материалоемкости, топливознергоемкости и фондоемкости может быть осуществлен на основе исчисления издержек производства по элементам затрат последовательных переделов металлургического производства (рис. 3; пунктиром показана последовательность расчета показателей). На рисунке приняты следующие обозначения:

$M_{з.а}, M'_{з.д}, M'_{з.с}, M'_{з.о}, M'_{з.п}$ — материальные затраты на производство продукции соответственно агломерационного, доменного, сталеплавильного, обжимного и прокатного цехов, руб/т;

$M_{з.д}, M_{з.с}, M_{з.о}, M_{з.п}$ — полные материальные затраты в себестоимости продукции с учетом затрат предыдущих переделов, руб/т;

$T_{з.а}, T'_{з.д}, T'_{з.с}, T'_{з.о}, T'_{з.п}$ — топливно-энергетические затраты соответственно в агломерационном, доменном, сталеплавильном, обжимном и прокатном цехах, руб/т;

$T_{з.д}, T_{з.с}, T_{з.о}, T_{з.п}$ — полные топливно-энергетические затраты в себестоимости продукции с учетом топливно-энергетических затрат предыдущих переделов, руб/т;

$Z_{н.а}, Z'_{н.д}, Z'_{н.с}, Z'_{н.о}, Z'_{н.п}$ — заработная плата основная и дополнительная с начислениями соответствующих цехов, руб/т;

$Z_{н.д}, Z_{н.с}, Z_{н.о}, Z_{н.п}$ — полная заработная плата в себестоимости продукции с учетом расходов по зарплате на предыдущих переделах, руб/т;

$A_{а}, A'_{д}, A'_{с}, A'_{о}, A'_{п}$ — амортизация основных средств соответствующих цехов, руб/т;

$A_{д}, A_{с}, A_{о}, A_{п}$ — полная амортизация основных средств с учетом амортизационных отчислений на предыдущих переделах, руб/т.

Результат расчета себестоимости 1 т листа рядовой кипящей стали, а также расчет показателей материалоемкости, топливознергоемкости и фондоемкости продукции по изложенной выше методике приведены в табл. 3. Эти показатели дают возможность установить эффективные пути экономии материальных ресурсов в металлургии, какие именно ресурсы и на каком переделе. В этих показателях отражается уровень использования побочной продукции и отходов производства.

2. Использование отходов и побочной продукции как фактор оптимального использования природных ресурсов, снижения материалоемкости и роста эффективности производства

Проблема рационального использования отходов и побочной продукции и на этой основе создание безотходного производства в значительной мере определяются техническим прогрессом техники как в метал-

лургии, где они образуются (поскольку на этой стадии определяется количество и качество отходов), так и в производствах, где отходы и побочная продукция используются.

Все отходы и побочные продукты черной металлургии можно разделить на две большие группы — материальные и топливно-энергетические. В каждой из этих групп существуют свои закономерности образования и использования. Образующиеся материальные отходы полностью характеризуют степень технико-экономического несовершенства существующей технологии, при которой не все вовлекаемые в производство природные ресурсы используются в данной технологии или в сумме технологий, если производство разделяется на ряд специализированных звеньев в зависимости от используемых компонентов природного сырья. В последнем случае осуществляется комплексная переработка совокупно используемых в металлургическом производстве сырья и материалов.

Топливо-энергетические отходы (побочная продукция) характеризуют энергообмен металлургических процессов, вследствие специфики которых (восстановительные, окислительные процессы, температурный режим, газодинамика и др.) используется различное топливо (энергия) и соответственно образуются различные топливные и энергетические отходы, которые правомерно следует рассматривать как продукты комплексного металлургического производства.

Использование тех и других отходов и побочной продукции в конечном итоге выражает степень безотходности технологии, если они потребляются в самих металлургических процессах, а если в других производствах, то на этой основе развивается комплексное безотходное производство в рамках внутри- и межотраслевых комплексов.

К основным материальным отходам доменного производства относятся колошниковая пыль, скрап и шлак, к топливно-энергетическим — главным образом доменный газ. Количество образующих и используемых отходов и побочной продукции доменного производства на ряде предприятий в 1968 и 1978 г. приведено в табл. 4.

Колошниковая пыль — это главным образом железорудная пыль, выносимая через колошник доменной печи под воздействием давления дутья. Количество колошниковой пыли зависит от содержания мелких фракций в доменной шихте, давления газа под колошником, устойчивости протекания технологического процесса, т.е. главным образом от степени совершенства техники и организации производства. Состав колошниковой пыли зависит от химико-минералогического состава используемой шихты, прочности горючего, а также от условий, при которых происходит осаждение пыли. Вынос колошниковой пыли в зависимости от условий работы печи колеблется по заводам в пределах 20 — 120 кг/т чугуна и 35 — 50% железа. Улавливается системой очистки доменного газа примерно 95% пыли. Таким образом все еще значительное количество пыли не улавливается.

Некоторое количество колошниковой пыли по разным причинам не используется, что приводит к прямым народнохозяйственным потерям. Использование колошниковой пыли в агломерационном производстве

Отходы и побочная продукция доменного производства
на ряде предприятий черной металлургии

Металлургический завод, комбинат	В том числе			Шлак, кг/т		Доменный газ, м ³ /т						
	чугуна	скрап	колошниковая пыль	всего		в том числе		всего	в том числе			
				используемая	неиспользуемая	жидкий	гранулированный		отпущенный другим цехам и потребителям	для воз- душонаг- рование- лей		
Новолипецкий	38 22	11 Нет св.	19 15	8 7	573 470	467 17	— 447	106 6	1729 1658	1144 1191	571 467	14 Нет св.
Череповецкий	25 21	6 3	10 10	9 8	497 335	234 —	155 185	108 150	1435 1616	816 1015	519 459	100 142
"Запорож- сталь"	104 64	4 5	100 59	—	538 506	11 362	444 —	83 144	1817 1718	1175 1107	572 525	70 86
Челябинский	65 59	4 Нет св.	51 50	10 9	494 524	378 364	31 70	85 90	2439 2114	1616 1444	709 612	114 58
Магнито- горский	46 47	2 2	44 45	—	364 295	250 108	— 105	114 82	1778 1438	997 910	724 515	57 13
Западно- Сибирский	23 20	14 12	9 8	—	355 327	— 123	—	355 204	1514 1449	925 890	499 537	90 20

Примечание. В числителе — данные за 1968 г., в знаменателе — за 1978 г.

Примечание. В числителе — данные за 1968 г., в знаменателе — за 1978 г.

составляет 50 — 70% от ее выхода. По расчетам автора, в 1978 г. осталось неиспользованной колошниковой пыли более 1,6 млн. т и около 0,5 млн. т рассеялось. Покрываются эти потери расходами на добычу такого же количества железной руды с соответствующими текущими и капитальными затратами.

Среднее содержание железа в колошниковой пыли находится в пределах 42 — 43%, что значительно выше, чем в добываемой руде (в 1978 г. содержание железа в добываемой руде составило менее 36%). Колошниковая пыль направляется на агломерацию и выступает в качестве заменителя железной руды. Вместе с тем заводы не всегда заинтересованы в полном использовании пыли, так как в ней содержание железа значительно меньше, чем в товарной руде, поэтому ухудшаются качество агломерата и показатели агломерационного производства.

Доменный скрап представляет собой по вещественному составу чугуна, остывающий в желобах, в ковшах, а также мелкие частицы его, теряемые при разливе чугуна на разливочной машине или при сливе его в миксер. Количество доменного скрапа составляет 1,5 — 3,5% от массы жидкого чугуна. В табл. 5 приведено распределение скрапа по источникам образования в 1978 г.

Скрап по химическому составу однороден с чугуном, но содержание железа в нем из-за засоренности меньше, чем в чугуне. Среднее содержание железа в скрапе 85%. Поэтому скрап по потребительной ценности заменяет металлодобавки и используется в шихту доменных цехов. Если скрап из-за засоренности не используется, теряется ценное сырье — графит. Рациональное использование доменного графитсодержащего скрапа представляет собой важную народнохозяйственную задачу, составляющую существенную часть общей технико-экономической задачи создания на базе продуктов доменного производства безотходного производства.

Ценным для народного хозяйства продуктом доменной плавки является шлак, представляющий собой сплав, состоящий из окислов алюминия, магния, кремния, кальция. Кроме этих окислов, шлак содержит железо в виде корольков различного диаметра в результате увлечения частиц чугуна нижним шлаком при выпуске чугуна или при спуске верхнего шлака, а также частично в виде не полностью восстановленных окислов. Однако железа в виде окислов в шлаке содержится небольшое количество.

Таблица 5

Количество доменного скрапа на металлургических заводах

Металлургический завод, комбинат	Общее количество доменного скрапа, т	Количество от массы жидкого чугуна, %	В том числе по источникам		
			в желобах на литейном дворе	при сливе чугуна в миксере	на разливочной машине
Череповецкий . . .	15840	0,3	491	1980	13369
Коммунарский. . .	8980	0,2	278	1122	7580
"Запорожсталь"	23250	0,5	721	2906	19623
Магнитогорский	22600	0,2	700	2825	19075

во и поэтому сам шлак повторно не используется в металлургии, т.е. потребительной ценности для металлургического производства не имеет. Шлак представляет большую ценность как строительный материал для промышленного и жилищно-бытового строительства. В черной металлургии образуются значительные количества шлака, абсолютное количество которого с увеличением выплавки чугуна растет несмотря на снижение удельного выхода шлака в результате использования более богатой железорудной шихты. Ниже приведены обусловленные рядом технических факторов ресурсы доменных шлаков в 1971 — 1978 гг.:

	1971 г.	1975 г.	1978 г.
Выплавка чугуна, млн. т	89,3	102,9	110,6
Общий расход железорудной шихты на выплавку чугуна, млн. т	159,6	182,9	198,6
Расход железорудной шихты на 1 т чугуна, кг.	1789	1777	1795
Общий выход доменного шлака, млн. т	42,2	46,1	50,9
Удельный выход шлака, кг/т	473	448	460
Спито в отвал:			
млн. т	13,9	12,8	16,3
%	32,9	27,7	32,0
Взято из отвалов, млн. т	2,65	4,03	2,59

Особое место в побочной продукции металлургического производства занимает доменный газ, ресурсы которого в черной металлургии в 1978 г. составили 197 млрд. м³. Количество доменного газа определяется множеством факторов топливно-энергетического баланса доменного производства: удельным расходом кокса и факторами, его определяющими (давлением газов под колошником, степенью нагрева дутья и т.д.), расходом природного газа на выплавку чугуна, степенью обогащения дутья кислородом и др. Ниже приведены расход топлива и кислорода и выход доменного газа в 1971 — 1978 гг.:

	1971 г.	1975 г.	1978 г.
Общий расход кокса на выплавку чугуна (сухого, скипового), млн. т	50,6	48,9	59,1
Удельный расход кокса, кг/т	567	521	534
Расход природного газа на выплавку чугуна, млрд. м ³	6,38	7,6	9,6
Удельный расход природного газа на чугун, выплавленный с использованием природного газа, м ³ /т.	84	81	87
Расход кислорода на выплавку чугуна, млрд. м ³	4,05	6,7	10,2
Удельный расход кислорода на чугун, выплавленный с применением кислорода, м ³ /т	76	71	92
Выход доменного газа (общий), млрд. м ³	175,9	192,1	197,0
Удельный выход доменного газа, м ³ /т чугуна.	1970	1780	1780
Израсходовано доменного газа в доменных цехах:			
млрд. м ³	60,9	65,2	68,0
%	34,6	33,9	34,5

Т а б л и ц а 6

Снижение себестоимости передельного чугуна за счет реализации отходов и побочной продукции в 1968 г. (числитель) и 1978 г. (знаменатель)

Металлургический завод, комбинат	Затраты на выплавку чугуна, руб.	Реализация отходов и побочной продукции, руб.	В том числе						Производственная себестоимость (за вычетом отходов и побочной продукции), руб.	Снижение себестоимости за счет реализации отходов и побочной продукции, %
			отходов		побочной продукции					
			всего	из них	скрап	колошниковая пыль	шлак	доменный газ		
Новолипецкий . . .	54,47 58,55	1,72 1,52	0,22 0,02	0,02 0,02	0,20 Нет св.	1,50 1,50	0,24 0,19	1,26 1,31	52,75 60,07	3,26 2,53
Череповецкий . . .	52,43 56,07	1,18 1,26	0,12 0,03	0,01 0,01	0,11 0,02	1,06 1,23	0,16 0,11	0,90 1,12	51,25 57,33	2,30 2,20
"Запорожсталь" . . .	52,79 52,60	1,76 1,54	0,20 0,11	0,13 0,07	0,07 0,04	1,56 1,43	0,27 0,21	1,29 1,22	51,03 54,18	3,45 2,84
Челябинский	50,83 58,12	2,13 1,87	0,12 0,05	0,05 0,05	0,07 Нет св.	2,01 1,82	0,23 0,23	1,78 1,59	48,70 59,99	4,38 3,12
Магнитогорский . . .	39,93 54,21	1,29 1,27	0,08 0,07	0,05 0,05	0,03 0,03	1,21 1,20	0,11 0,20	1,10 1,00	38,64 55,48	3,34 2,29

Создание и развитие безотходной технологии невозможно также без полного использования продуктов высокотемпературного энергообмена металлургических процессов. В доменном производстве значительный экономический интерес представляет использование отходящего тепла газа, шлака, систем охлаждения, кинетической энергии отходящих газов. В настоящее время, хотя еще далеко не все технические и экономические решения по использованию этих отходов имеют удовлетворительные показатели, эффективность их очевидна.

Однако крупные по масштабам образующиеся и зачастую не полностью используемые ресурсы отходов и побочной продукции занимают сегодня скромное место в экономике предприятия, что можно видеть из данных табл. 6. Снижение себестоимости чугуна за счет реализации отходов и побочной продукции составляет в среднем около 3%. Это обусловлено рядом факторов: неполным использованием отходов и побочной продукции, нерациональными направлениями использования, а, главное, отсутствием научно обоснованной оценки и отнесения затрат на продукты комплексного металлургического производства. А в связи с этим отсутствуют экономические стимулы оптимального использования всех материальных ресурсов.

Аналогичное положение и в мартеновском производстве, где отходами производства являются стальной скрап, литники, недоливки, брак и шлак. Скрап, литники, недоливки и большая часть брака являются отходами, которые получают при разливке стали. Технология разливки стали (обычной) определяет потери металла не только в сталеплавильном производстве, но и в прокатном, а также в отраслях, потребляющих металл.

Все виды отходов, кроме шлака, имеют высокий процент содержания железа и по потребительной ценности (пропорционально технологической ценности) заменяют чугун и используются в цикле производства и обращения металла в народном хозяйстве.

Сталеплавильные шлаки имеют более высокое содержание железа, но из-за трудности извлечения этого железа шлаки в металлургии для извлечения металлов в настоящее время повторно практически не используются.

Количество отходов на 1 т мартеновской и конверторной стали приведено в табл. 7 и 8.

Т а б л и ц а 7

Отходы конверторного производства
на ряде металлургических предприятий в 1978 г., кг/т

Металлургический завод, комбинат	Металлур- гические отходы	В том числе			Шлак
		скрап	недоливки	обрезь на МНЛЗ	
Новолипецкий	30	9	—	21	177
Западно-Си- бирский	22	3	19	—	196
Челябинский	37	16	21	—	277

Таблица 8

Отходы мартеновского производства
на ряде металлургических предприятий в 1968 г. (числитель)
и 1978 г. (знаменатель), кг/т стали

Металлургический завод, комбинат	Отходы	В том числе			Шлак	В том числе	
		скрап	литни- ки	недолив- ки		исполь- зуемый	неис- поль- зуемый
Череповецкий . . .	28	17	—	11	150	—	150
	40	37		3	149	14	135
"Запорожсталь"	26	11	5	10	155	25	130
	28	13	4,5	10,5	121,9	32,2	89,7
Макеевский.	27	10	11	6	195	—	195
	23	9	6	8	160	—	160
Челябинский	33	7	12	14	407	—	407
	17,4	12	5,4	17,3	272	—	272
Магнитогорский	29	15	—	14	120	—	120
	17	17		7	168	—	168

Как видно из приведенных табл. 7 и 8, в сталеплавильном производстве в настоящее время используются, как и в мировой практике, только металлические отходы и практически не используются шлаки (за исключением фосфористых шлаков завода "Азовсталь" и небольшого количества основных шлаков, идущих на известкование почв). Из-за нерешенности ряда технических и экономических проблем десятки миллионов тонн металлургических шлаков ежегодно вывозятся в отвалы,

Таблица 9

Снижение себестоимости мартеновской и конверторной стали
(углеродистой кипящей) за счет реализации отходов в 1978 г.

Металлургический завод, комбинат	Всего зат- рат на вып- лавку ста- ли, руб/т	Стоимость отходов, руб/т	Производственная себестоимость стали (за вычетом отхо- дов), руб/т	Снижение се- бестоимости стали за счет реализации отходов, %
<i>Мартеновская сталь</i>				
Череповецкий . . .	69,38	1,28	68,10	1,84
Магнитогорский	64,62	0,48	64,14	0,74
Челябинский	75,72	1,37	74,35	1,80
"Запорожсталь"	64,91	0,88	64,03	1,36
Макеевский.	69,93	0,88	69,05	1,26
<i>Кислородно-конверторная сталь</i>				
Ново-Липецкий . .	79,0	1,34	77,66	1,70
Западно-Сибирский	71,78	0,83	70,95	1,16
Челябинский	77,11	1,52	75,59	2,44

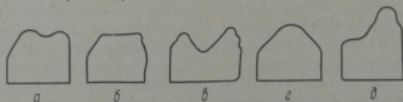
что приводит по существу к прямым потерям народного хозяйства, поскольку затраты металлургического производства полностью относятся только на металл и металлические отходы. Поэтому и снижение себестоимости за счет реализации отходов в сталеплавильном производстве составляет небольшую величину (табл. 9) — в среднем примерно 1,5%.

Значительное количество различных отходов образуется в прокатном производстве — металлоотходы, тепло отходящих газов и испарительного охлаждения, сварочный шлак и др. Каждый из этих отходов требует решения ряда проблем не только методологического или методического характера, но и технического. Таковы, например, вопросы экономии топливно-энергетических ресурсов при нагреве слитков в нагревательных колодцах обжимных цехов.

Большое количество отходов в прокатных цехах получается в процессе механической обработки металла давлением и в результате окисления горячего металла. Основную часть отходов составляет обрезь. В результате обработки металла давлением концевые части полосы деформированы и не имеют гладкой поверхности в поперечном сечении; кроме того, листовая сталь не имеет прямых продольных граней. Это вызывает необходимость отделки полуфабрикатов и готовой продукции. Отделка производится путем обрезки концов полосы, а в производстве листовой стали обрезаются и боковые грани. На рис. 4 показана технологическая обрезь и раскрой листов.

Абсолютная величина боковой обрезки зависит от размеров слывов, качества их нагрева, способа прокатки в черновой клетке (вдоль или поперек), выработки валков и ряда других факторов. Чем толще, уже и длиннее слыв и чем толще, шире и длиннее прокатанный из него лист, тем больший припуск должен быть оставлен для обрезки боковых кромок, так как такое соотношение размеров слывов обуславливает получение раскатов с большим сужением концов, образование складок-закатов на кромках и серповидности. Неравномерный нагрев слывов также приводит к образованию складок-закатов и, следовательно, к увеличению боковой обрезки. Листы, прокатанные вдоль, всегда имеют большее сужение концов и большую боковую обрезь, чем прокатанные поперек.

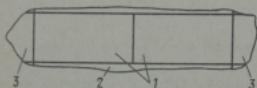
Большая выработка на валках черновой клетки приводит при разбивке ширины к получению раскатов с перехватом посередине, а на валках



Р и с. 4. Форма концов раскатов при прокатке:

а — вдоль, из узкого длинного слыва на широкий лист без достаточной вытяжки в длину в первых проходах; б — поперек, из слыва, длина которого равна ширине листа или немного меньше; в — при низкой температуре на вогнутых или выработанных валках с интенси́вными обжатиями; г — на полных валках; д — прокат из ромбического слыва (подката)

чистой клетки — к сужению концов раската; в обоих случаях требуется большой припуск на обрезку. В зависимости от указанных факторов ширина обрезаемой кромки на обе стороны листа колеблется от 80 до 160 мм. Торцевая обрезь служит для выравнивания концов. Абсолютная величина торцевой обреза определяется главным образом формой концов и составляет 400 — 1000 мм на оба конца. Форма концов раската (см. рис. 4) зависит от размеров слэбов и листов, способа прокатки в черновой клетке, режима обжатия, профилирования и выработки валков чистой клетки. Обрезь прокатных цехов (рис. 5) по потребительной



Р и с. 5. Технологическая обрезь и раскрой листов:

1 — годные листы; 2 — боковая обрезь; 3 — торцевая обрезь

ценности не равнозначна, так боковая обрезь приравнивается к металлолому, торцевая размером $4 \div 16 \times 400$ мм и более приравнивается к подкату, который идет на перекатку, торцевая длиной менее 400 мм приравнивается также к металлолому.

В результате окисления поверхности металла во время нагрева он частично оплавляется, образуя сварочный шлак, или остается в виде окалина. Окалина образуется также в процессе прокатки вследствие окисления горячего металла. Сварочный шлак из-за его засоренности повторно используется лишь частично в доменной шихте. Окалина идет на агломерацию или в доменные печи и по потребительной ценности заменяет аглоруду (концентрат).

В табл. 10 на основе детальных исследований использования отходов приведено содержание отходов Коммунарского металлургического завода (завод с объемом производства 3,5 млн. т готового проката в год), составленное с позиций установления распределения железа во всех видах материальных отходов на металлургическом заводе и определения безвозвратных его потерь. Исследования показали, что безвозвратно теряется примерно 14% железа, переходящего в отходы. Большая часть отходов металлургического производства используется повторно, т.е. вновь поступает в производство в качестве исходного сырья (заданного). С экономической точки зрения важно, в каком переделе будут использованы отходы, какие виды сырья они могут заменить.

Способность отходов заменять определенный вид сырья определяет их потребительную ценность. Некоторые виды отходов могут быть использованы в нескольких переделах: так, окалина может быть использована в агломерации, в мартеновском производстве, прокатная обрезь — как лом в мартеновском производстве и как заготовка — в производстве металлоизделий.

Максимальная экономическая эффективность от использования отходов достигается в том случае, если отходы используются в последующем переделе или там же, где они были получены.

**Состав железосодержащих отходов
Коммунарского металлургического завода**

Таблица 10

Виды отходов	Общее количество отходов		Среднее содержание Fe, %	Количество железа в отходах	
	тыс. т	%		тыс. т	%
Используемые железосодержащие отходы					
Колошниковая пыль	228,5	5,3	41,1	93,9	5,5
Скrap доменного производства	98,3	2,3	85,0	83,5	4,9
Скrap чугунолитейный. . .	5,1	0,1	85,0	4,4	0,2
Брак мартеновского производства	27,4	0,6	98,4	27,0	1,6
Недоливки мартеновского производства	22,7	0,5	98,7	22,4	1,3
Литники мартеновского производства	33,6	0,8	97,7	32,8	1,9
Скrap мартеновского производства	49,4	1,1	93,7	46,3	2,7
Брак прокатных цехов. . .	16,8	0,4	98,8	16,6	0,9
Обрезь прокатных цехов .	1028,9	23,9	98,8	1016,6	59,6
Окалина и сварочный шлак	128,7	3,0	70,0	90,1	5,3
Отходы вспомогательных цехов.	38,1	0,9	95,0	36,2	2,1
Итого	1677,5	38,9	—	1469,8	86,0
Безвозвратные потери железосодержащих отходов и железа со шлаками					
Колошниковая пыль неуловленная.	209,7	4,9	40,0	83,9	4,9
Шлак доменный	1704,3	39,6	0,2	3,4	0,2
Шлак сталеплавильный. . .	658,2	15,3	16,3	107,8	6,3
Окалина и сварочный шлак	58,6	1,3	70,0	41,0	2,6
Итого	2630,8	61,1	—	235,5	14,0
Всего	4308,3	100,0	—	1705,3	100,0

Использованные на Коммунарском металлургическом заводе отходы по нижеприводимой классификации составили:

- а) на агломерацию 284 тыс. т, или 17%; по своей потребительной стоимости такие отходы равноценны железной руде;
- б) использованные в доменной шихте 108 тыс.т, или 7%; эти отходы с достаточной приближенностью могут быть приравнены к агломерату;
- в) вошедшие в состав мартеновской шихты 1240 тыс.т, или 74%; они по технологической ценности равноценны чугуну;
- г) использованные в прокатном производстве 14,5 тыс. т, или 0,4%; такие отходы равноценны слиткам (заготовке);

д) для производства промышленных изделий 46 тыс. т, или 1,6%; эти отходы могут быть приравнены готовому прокату.

Как видно из приведенной структуры использования отходов, эффективность их использования невысокая, о чем можно судить по доле отходов, использованных в последнем переделе и в выпуске промышленных изделий, который на металлургических предприятиях очень низок.

Все отходы, получаемые в металлургии, по экономическому назначению можно разделить на отходы, используемые в собственно металлургическом производстве, и неиспользуемые, т.е. идущие на производство неметаллургической продукции. Используемые отходы, вновь поступающие в производство в качестве сырья, относятся к так называемым "оборотным отходам". Отходы, идущие в шихту сталеплавильного производства, делятся на габаритные и негабаритные. Габаритные отходы без предварительной обработки подаются на шихтовый двор сталеплавильного цеха. Размеры этих отходов ограничиваются размерами мульты. Негабаритные отходы подаются в копровый цех для их разделки.

Обрезь, годная для перекатки на заводе, ограничивается по толщине и ширине. Для перекатки используют отходы листа толщиной 2—16 мм и шириной не менее 400 мм, длина отходов равняется ширине листа, от которого они отрезаны. Размеры отходов ограничены мощностью прокатного стана цеха ширпотреба. В табл. 11 приведен натуральный и стоимостной баланс отходов в соответствии с принятой классификацией по Коммунарскому металлургическому заводу.

В черной металлургии используемые металлоотходы составляют 38—45% от натуральной величины образуемых на металлургическом заводе отходов всех видов. На Коммунарском заводе используемые (оборотные) отходы составляют 38,9% от всех получаемых отходов. Больше всего отходов используется в сталеплавильном производстве, причем основную часть отходов, идущих в шихту сталеплавильных агрегатов, составляют обрезь и концы прокатных цехов. Лишь 1,1% отходов идет на изготовление металлоизделий, т.е. используется как готовый прокат. Однако с точки зрения эффективности использования отходов и экономии металла наиболее выгодно использовать отходы прокатного производства (обрезь и концы) для перекатки их на листовую сталь тонких размеров и изготовления из них металлоизделий. Так, расходы по переделу при прокатке из отходов тонколистовой стали на 1 т составляют 25 р. 79 к., а заводская себестоимость 68 р. 54 к., реализуется же эта листовая сталь по 90 руб. Прибыль от реализации 1 т стали из отходов составит 21 р. 46 к. (90 руб. — 68 р. 54 к.).

Овеществленный труд, затраченный на производство продукции, воплощается также и в отходах. Доля затрат труда, овеществляющаяся в отходах, обуславливается эквивалентностью их потребительной стоимостью количеству заменяемого отходами сырья, на которые производятся прямые затраты как на готовый продукт производства. Отходы производства могут потребляться на том же заводе, где они образовались (оборотные отходы), а также и на других заводах, т.е. могут

Натуральный и стоимостной баланс отходов
на Коммунарском металлургическом заводе

Таблица 11

Отходы	Количество отходов		Стоимость отходов		
	тыс. т	%	цена 1 т отходов руб.—коп.	стоимость всех отхо- дов, тыс. руб.	%
<i>Используемые (оборотные) отходы</i>					
Отходы, идущие на агломерацию	284,2	6,5	—	530	1,1
В том числе:					
пыль колошниковая	228,5	5,3	1 — 20	274	0,6
окалина	55,7	1,2	4 — 60	256	0,5
Отходы, идущие в доменную шихту	108,3	2,5	—	3184	6,6
В том числе:					
скрап доменный	98,3	2,3	31 — 80	3125	6,5
сварочный шлак	10,0	0,2	5 — 88	59	0,1
Отходы, идущие в мар- теновскую шихту	1186,3	28,5	—	40692	84,7
В том числе:					
отходы мартеновского цеха	118,7	2,8	34 — 90	4141	8,6
прокатных цехов	1029,5	25,7	—	35411	73,7
В том числе:					
обрезь габаритная	886,9	21,6	36 — 10	32017	66,6
негабаритная	108,2	2,5	29 — 90	3236	6,8
окалина	34,4	0,8	4 — 60	158	0,3
Отходы вспомога- тельных цехов	38,1	0,8	29 — 90	1140	2,4
Отходы, используемые в прокатном производстве	14,5	0,3	34 — 90	505	1,0
В том числе отходы мар- теновского цеха	14,5	0,3	34 — 90	505	1,0
Отходы, используемые на изготовление метал- лоизделий	46,2	1,1	46 — 15	2131	4,4
Итого используемых от- ходов	1677,6	38,9	—	47042	97,8
<i>Неиспользуемые отходы</i>					
Пыль колошниковая неуповленная	209,7	4,9	—	—	—
Шлак доменный	1704,3	39,6	0 — 60	1022	2,2
Шлак сталеплавильный	658,2	15,3	—	—	—
Окалина и сварочный шлак	58,6	1,3	—	—	—
Итого неиспользуемых отходов	2630,8	61,1	—	1022	2,2
Всего отходов	4308,4	100	—	48064	100

выступать в форме товара. Оборотные отходы имеют цену, утвержденную министерством и действующую на всех заводах МЧМ СССР. Эта цена отражает количество заменяемого сырья среднего состава.

Главная задача всех звеньев планирования руководства хозяйством направлена на наиболее рациональное и эффективное использование материальных, трудовых и финансовых ресурсов и устранение излишних издержек и потерь. Одним из путей уменьшения затрат на производство и снижение себестоимости продукции является полное и эффективное использование отходов, создание безотходного производства.

Как уже отмечалось, отходы имеют определенную потребительную стоимость, так как используются при производстве металла в качестве сырья. Обладая технологической ценностью, аналогичной заменяемому сырью, отходы позволяют уменьшить расход этого сырья, снизить его производственные запасы, т.е. способствуют улучшению использования оборотных средств. Отходы металлургического производства являются результатом затрат труда. С этой точки зрения, не отличаясь существенно от основной продукции, они имеют иную натуральную форму и назначение. Эффективность использования отходов определяется в конечном счете их назначением в данном производстве.

Народнохозяйственная эффективность использования металлоотходов в значительной мере определяется степенью научной обоснованности распределения затрат в производствах, где они образуются, т.е. между основной продукцией и металлоотходами, и оптимизацией использования различных видов и классов лома в народном хозяйстве. Эти проблемы вызвали необходимость специальных исследований и соответствующих методологических и методических разработок. В фундаментальных работах советских ученых-экономистов Н.П. Банного, В.А. Роменца, Л.Л. Зусмана, Н.Ф. Склокина и ряда других детально исследованы проблемы рационального использования металла, металлоотходов и железосодержащих отходов, в связи с чем в данной работе эти вопросы рассматриваются в самом общем виде в качестве составной части проблемы создания и развития безотходного производства в металлургии.

Существенной частью общей проблемы комплексного использования природных и материальных ресурсов в черной металлургии является использование топливно-энергетических ресурсов. Вместе с тем вследствие сложных связей металлургического производства с топливно-энергоснабжением и топливно-энергопотреблением металлургических предприятий экономика полного и рационального использования вторичных энергоресурсов вызывает различные толкования.

Наиболее широкое определение понятия "вторичные энергетические ресурсы"¹ дано акад. Л.А. Мелентьевым, который включает в него

¹ В терминологии по энергетическому балансу (Энергетический баланс. Терминология. М., "Наука", 1973) рекомендуется наряду с термином "вторичный энергетический ресурс" преимущественное применение термина "побочный энергетический ресурс". В работе использован прежний термин в связи с тем, что термин "побочный" не более удачен, чем "вторичный", так как само понятие подразумевает не только энергетическую побочную продукцию, но и тепловые отходы.

тепло пара, горячей воды, газа и топлива, получаемое в основном технологическом процессе как вторичный (вспомогательный) продукт, и которое может быть полезно использовано в народном хозяйстве. При этом регенерация тепла рассматривается как первоочередное направление утилизации. В работах Уральского филиала АН СССР и Украинского филиала НИИПиН под вторичными энергоресурсами понимается тепло, отработавшее в основном технологическом агрегате, но которое может быть использовано для нужд энергетики, т.е. регенерация тепла исключается из этого понятия и рассматривается как усовершенствование технологического процесса. Н.А. Семененко определяет вторичные энергоресурсы как нетранспортабельные тепловые отходы, исключая тем самым из этого понятия коксовый и доменный газы, отходы топлива.

Перечень энергоресурсов, входящих в то или иное определение, зависит от задач, которые решают исследователи. В одном случае исследуется использование всего тепла, выходящего из технологического агрегата, в другом — тепла, направляемого на энергетические нужды, т.е. по принципу использования энергии и т.д. В конечном счете имеющиеся расхождения сводятся к решению двух вопросов: следует ли относить ко вторичным ресурсам регенерацию тепла и следует ли относить к ним транспортабельные виды горючих продуктов (коксовый и доменный газы, коксовую мелочь) .

Использование уходящего тепла для выработки энергии и нагрев технологических материалов (дутьевой воздух, топливо, шихта) часто являются технологически неразрывными. Один и тот же энергетический ресурс может использоваться в разных направлениях (например, выработка пара или подогрев воздуха) или комбинированно (выработка пара и подогрев воздуха), что обычно зависит не столько от экономических факторов, сколько от технической подготовленности конкретного решения.

Горючие газы, покидающие металлургические печи, различаются концентрацией горючего агента, калорийностью, количеством. Если химическое тепло газов из-за низкого содержания горючих компонентов может быть использовано только путем их дожигания на месте (например, дожигание окиси углерода в отходящих газах мартеновской плавки), это тепло следует относить к тепловым ВЭР, так как при этом пропадает основное свойство горючих вторичных энергетических ресурсов — транспортабельность и возможность альтернативного использования с топливом в других установках.

Для формирования понятия вторичных энергетических ресурсов важно определить границу технологического агрегата, за которой уходящее тепло может рассматриваться как вторичный энергоресурс. Деление энергоресурсов на первичные и вторичные по конструктивному признаку не всегда дает однозначный ответ, например, на такие вопросы: считать вторичными энергоресурсами тепло газов мартеновской печи до или после регенераторов; является ли вторичным энергоресурсом или продуктом утилизации тепло при испарительном охлаждении печей и т.д.

Наиболее целесообразно считать определяющим принципом отнесения энергоресурсов к числу вторичных собственно технологический, принцип, показывающий степень целенаправленного использования энергии в самом технологическом процессе. Логично принять, что первичная энергия (топливо, электроэнергия, нагретое дутье и т.п.) в технологическом процессе в основной части целенаправлено расходуется для собственно технологических целей (и определяет тем самым факт осуществления процесса) и в какой-то части уходит за пределы данного технологического процесса. Эта часть энергии может либо уходить из агрегата с продуктами и отходами процесса, либо отбираться энергоносителем (например, отходящими газами) непосредственно из агрегата. Поэтому к ВЭР следует отнести тепло газов, покидающих рабочее пространство печей, а также потери тепла через разделительную стенку между рабочим пространством печи и охлаждающей средой. Это тепло можно отводить разными способами. Получение теплоносителя (пара, горячей воды, нагретого воздуха), пригодного для использования потребителями, является результатом использования ВЭР.

С этих же принципиальных позиций следует относить к ВЭР и образующиеся в технологических процессах продукты с высоким потенциалом химической энергии, которые могут быть использованы как топливо (например, коксовый газ коксохимического производства, иногда элементарная сера).

Следует отметить, что в некоторых работах даже такой явный вид энергетической продукции, как коксовый газ, ко вторичным энергетическим ресурсам не относят. Это тем более неправомерно, что выход коксового газа определяется выходом основной продукции, т.е. кокса. Снижение удельного расхода кокса в доменном производстве приводит к сокращению ресурсов не только доменного, но и коксового газа. В связи с этим на металлургических заводах возникает недостаток газообразного топлива, который покрывается природным газом и иногда мазутом. Это означает, что в условиях металлургического производства коксовый газ экономически является попутной энергетической продукцией, т.е. вторичным энергоресурсом.

В общем случае ко вторичным энергоресурсам¹ следует относить энергию, покидающую технологический агрегат, обладающую достаточным потенциалом, чтобы быть использованной для энергетических или технологических целей (но использование которой не является обязательным для осуществления основного технологического процесса), и экономически представляющую собой побочную продукцию или отходы производства.

Использование вторичных энергетических ресурсов может быть осуществлено либо для получения одного энергоносителя (например, только пара или только электроэнергии), либо комплексно (например, при

¹ Здесь и далее часть определений дана в соответствии с Методикой определения выхода и экономической эффективности использования побочных (вторичных) энергетических ресурсов.

использовании пара в турбогенераторах с противодавлением для производства электроэнергии и отбором тепла для теплоснабжения).

Вторичные энергетические ресурсы различаются по видам, источникам образования и направлениям использования. Эти различия существенным образом влияют на методы экономической оценки.

По видам вторичные энергоресурсы разделяются на три основные группы: горючие, тепловые и ВЭР избыточного давления.

Отличительной особенностью горючих ВЭР является возможность их использования вместо топлива в технологических или энергетических установках. К ним относится химическая энергия коксового и доменного газов, уходящих газов кислородных конверторов, топливных отходов от углеобогащения, горючих отходов процессов химической и термохимической переработки углеродистого сырья, отходов электродного производства, неиспользуемых для технологической переработки отходов деревообработки, отработавших деревянных конструкций и др.

Тепловые ВЭР представляют собой физическое тепло уходящих газов, готовой, промежуточной продукции и отходов производства, подлежащих охлаждению, а также уходящее тепло через кладку или охлаждаемые стенки печей. Этот вид ВЭР является наиболее распространенным. В черной металлургии они составляют 30 — 35% от общего выхода вторичных энергоресурсов.

ВЭР избыточного давления составляет потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением, которое необходимо снижать перед последующей ступенью их использования или при выбросе в атмосферу. К ним относятся энергия избыточного давления доменного газа, избыточного давления пара котлов-утилизаторов перед РОУ (редукционно-охлаждательными установками), природного газа магистральных газопроводов перед подачей потребителям и т.п.

Для классификации и планирования выхода ВЭР представляют интерес источники их образования. Образуются ВЭР за счет сжигания топлива, экзотермических технологических реакций, физического тепла, вносимого с продуктами переработки, энергии, затраченной на привод воздуходувных машин. Так, тепловая энергия газов мартеновских печей образуется за счет сжигания топлива, окисления углерода в ванне печи, тепла, вносимого с подогретым воздухом газов нагревательных печей — за счет сжигания топлива и подогрева воздуха, сталеплавильных конверторов — за счет окисления углерода и т.д. В табл.12 приведены количественная и качественные характеристики вторичных энергетических ресурсов в черной металлургии. Количество вторичных энергоресурсов определяется общим количеством потребления топлива и коэффициентом использования топлива (КИТ) в металлургических печах, нагревательных колодах и других топливоиспользующих установках.

Использование тепла, заключенного в добытом топливе, в промышленности и других отраслях народного хозяйства все еще находится на низком уровне. Коэффициент использования топлива несмотря на на-

Общая характеристика вторичных топливных и

Произ- водство	Энергоноситель	Распределение тепла энергоносителей вторичных топливных и
		продукция и энергоресурсы
Углео- бога- щение Коксо- хими- ческое	Уголь на обогащение	Промпродукт Шлам
	Угольная шихта для коксования	Физическое тепло уходящих газов
Домен- ное	Коксовый и доменный газы на обогрев коксовых печей	Нагрев химических продуктов — смолы, бензола, аммиака и др. Тепло на испарение влаги шихты Нагрев сухого коксового газа Тепло раскаленного кокса Химическое и физическое тепло коксо- вого газа Коксовые отсеvy Физическое тепло доменного газа Теплосодержание чугуна
	Кокс, природный газ и высоко- нагретое дутье (смесь доменного и коксового или доменного и природного газов)	Физическое тепло шлаков Тепло охлаждающей воды и пара испа- рительного охлаждения Химическое тепло доменного газа Физическое тепло отходящих газов воздухонагревателей Химически связанное тепло коксовой мелочи
Марте- нов- ское	Природный, коксовый и домен- ный газы, мазут, физическое и химическое тепло чугуна	Физическое тепло жидкой стали Физическое тепло шлака Тепло охлаждающей воды и пара испа- рительного охлаждения Тепло отходящих газов
	Химическое и физическое тепло чугуна	Физическое тепло жидкой стали Физическое тепло шлака Физическое тепло отходящих газов Химическое тепло отходящих газов
Кон- вертор- ное		Физическое тепло проката Физическое тепло отходящих газов
	Природный, коксовый и домен- ный газы, физическое тепло стали	

энергетических ресурсов черной металлургии

на осуществление процессов и образование энергетических ресурсов

количество	качественные показатели
0,150 т/т концентрата	$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 18,9 - 21,0 \text{ МДж/кг}$
0,040 т/т концентрата	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 16,4 - 18,5 \text{ МДж/кг}$
18,5 — 20,0 % тепла энергоносителей	$t = 500 - 550^{\circ}\text{C}$; после регенератора 300°C
3,2 — 3,5% тепла энергоносителей	—
17,0 — 17,9% тепла энергоносителей	—
14,2 — 14,5% тепла энергоносителей	—
39,0 — 39,8% тепла энергоносителей	$t = 1100^{\circ}\text{C}$
Выход газа $320 - 340 \text{ м}^3/\text{т}$ шихты	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 17,2 - 18,1 \text{ МДж/м}^3$
или $380 - 400 \text{ м}^3/\text{т}$ валового кокса	$t = 500^{\circ}\text{C}$
4,6 — 4,8% от валового кокса	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 26,5 \text{ МДж/кг}$
4 — 5% тепла энергоносителей	$t = 250 - 300^{\circ}\text{C}$
3,8 — 4,0% химического и физического тепла энергоносителей	$t = 1300 - 1400^{\circ}\text{C}$
3,2 — 3,8% тепла энергоносителей	$t = 1300^{\circ}\text{C}$
2,5 — 3,5% тепла энергоносителей	—
51 — 54% химического тепла энергоносителей	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 3,5 - 3,9 \text{ МДж/м}^3$
3,4 — 4,5% тепла энергоносителей	$t = 400 - 450^{\circ}\text{C}$
4 — 6% от расходуемого металлургического кокса	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 2,3 - 2,5 \text{ МДж/кг}$
20 — 30% тепла энергоносителей	$t = 1550 - 1600^{\circ}\text{C}$
4,5 — 5,5% тепла энергоносителей	$t = 1600^{\circ}\text{C}$
10 — 12% тепла энергоносителей	—
28 — 32% тепла энергоносителей	$t = 500 - 600^{\circ}\text{C}$
40 — 50% химического и физического тепла чугуна (энергоносителей)	$t = 1550 - 1600^{\circ}\text{C}$
8 — 9,5% химического и физического тепла чугуна (энергоносителей)	$t = 1600^{\circ}\text{C}$
30 — 35% тепла энергоносителей	$t = 1800 - 2000^{\circ}\text{C}$
9 — 10% тепла энергоносителей	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 10,5 \text{ МДж/м}^3$
30 — 35% тепла энергоносителей	—
55 — 60% тепла энергоносителей	$t = 350 - 500^{\circ}\text{C}$

учно-технический прогресс более чем за 100 лет — с 1860 по 1978 г. в мировом хозяйстве вырос всего с 10,4 до 28 — 30%.

Невысока степень полезного использования топлива в черной металлургии, составляющая примерно 30 — 33%. Остальное количество тепла, измеряемое десятками и сотнями тысяч тонн условного топлива в год, безвозвратно теряется в виде различных тепловых отходов. Так, средний энергетический к.п.д. мартеновских печей составляет всего 30 — 38%, нагревательных печей 28 — 32% и т.п. Высокий расход тепла в черной металлургии обуславливает высокие затраты на топливо и энергетические нужды, составляющие более 30% всех затрат на производство металлургической продукции.

Классификация ВЭР по направлениям их использования имеет наибольшее значение, так как от конкретного вида используемой потребителями утилизированной энергии зависит величина овеществленных в продукции этих потребителей затрат общественного труда.

Различают следующие основные направления использования ВЭР:

регенерационные — возвращение в технологический агрегат части тепла, уходящего с продуктами технологической переработки, в виде подогретого воздуха, топлива или шихты;

топливное — непосредственное использование горючих ВЭР в качестве топлива;

тепловое — использование потребителями тепла, получаемого непосредственно в качестве ВЭР или вырабатываемого за счет ВЭР в утилизационных установках. К этому направлению относится также выработка холода за счет ВЭР в адсорбционных холодильных установках;

силовое — использование потребителями механической или электрической энергии, вырабатываемой в утилизационных установках за счет вторичных энергоресурсов;

комбинированное — использование потребителями тепла и электрической (или механической) энергии, одновременно вырабатываемых за счет ВЭР в утилизационных установках по теплофикационному циклу. Выбор направления использования тепла зависит от параметров ВЭР, потребностей предприятий в видах энергии, экономических факторов и является задачей экономического исследования.

При современном уровне развития техники степень возможного использования внутренних (вторичных) энергетических ресурсов (горючие энергоресурсы и физическое тепло) на металлургических заводах может быть достигнута примерно до 80%. Сравнительно широкое применение начали получать котлы-утилизаторы, использующие тепло отходящих газов мартеновских и нагревательных печей, системы испарительного охлаждения металлургических агрегатов.

Одной из наиболее очевидных отраслевых особенностей использования ВЭР в металлургии является большое разнообразие условий образования ВЭР: агрегатов, тепловых источников, энергоносителей. Различия в технологии определяют температурный уровень процессов, потребления и коэффициенты полезного использования топлива и энергии. Соответ-

ственно этому энергоресурсы металлургических агрегатов различаются по свойствам, температурному потенциалу, режиму выхода.

Особенностью черной металлургии является наличие большого количества горючих ВЭР. Среди них наиболее важное значение имеют газы. Это газы коксовых, доменных и ферросплавных печей, а также химическое тепло конверторных газов. Выход горючих газов из года в год увеличивается. С 1965 по 1975 г. валовый выход коксового газа увеличился на 6,3% (с 28,4 до 29,9 млрд. м³), а доменного — на 24,4% (со 164,4 до 192,1 млрд. м³). К 1978 г. валовый выход коксового газа увеличился еще на 4,3% (до 31,2 млрд. м³) и доменного — на 2,5% (до 197 млрд. м³). Коксовый газ используется практически полностью. Увеличивается потребление коксового и доменного газов на ТЭЦ и котельных и к 1978 г. их доля в общем топливopotреблении составила соответственно 15 и 40%. Это объясняется тем, что ТЭЦ и котельные являются буферными потребителями коксового и доменного газов и с вводом новых коксовых и доменных печей буферные сбросы на котлы увеличиваются. Газы ферросплавных печей содержат до 90% окиси углерода и имеют теплоту сгорания 8,8 — 12,0 МДж/м³.

В кислородно-конверторном производстве удельный выход газов составляет 60 — 80 м³ на 1 т стали с содержанием 90% СО и теплотой сгорания в среднем 10,5 МДж/м³. Тепло конверторных газов при их дожигании используют в охладителях (ОКГ). При частичном дожигании или без дожигания конверторные газы сжигают на свечах после газоочистки, в результате теряется до 90 кг у. т. на 1 т конверторной стали. Трудности использования химической энергии конверторных газов связаны с периодичностью процесса. До тех пор, пока не будет решен вопрос транспортировки этого газа, целесообразно его химическую энергию рассматривать лишь как возможное физическое тепло, так как она может быть использована только путем дожигания на месте.

Особенность тепловых вторичных энергоресурсов состоит в большом количестве источников ВЭР относительно небольшой мощности. Так, на Череповецком металлургическом заводе эксплуатируются более 30 теплоутилизационных установок, в том числе котлы-утилизаторы за мартеновскими и нагревательными печами, установки сухого тушения кокса, установки испарительного охлаждения. Количество полученного пара по отдельным агрегатам составляет от 25,2 до 67,2 ГДж/ч. Следует отметить, что большое число утилизационных установок имеет и некоторые положительные стороны, так как позволяет выравнять суммарное количество вырабатываемого пара, что особенно важно в производствах с периодическим режимом работы агрегатов.

Интенсификация мартеновской плавки кислородом привела к увеличению концентрации пыли перед котлами-утилизаторами до 5 г/м³. В результате более интенсивного загрязнения поверхностей нагрева повышается температура газов за котлом и увеличивается его аэродинамическое сопротивление. На ряде заводов очистка поверхностей нагрева котлов-утилизаторов успешно решена применением вибро- и дробео-

чистки. Паровая продувка не обеспечивает чистоты поверхностей нагрева и дополнительно требует водяной обмывки и ручной очистки.

В черной металлургии значительная доля ВЭР возвращается в технологический агрегат. В регенераторах мартеновских печей может быть утилизировано 15 — 20% тепла уходящих газов, нагревательных колодцев — до 30%, а в рекуператорах методических печей — 25%, что снижает температуру газов перед котлами-утилизаторами до 600 — 800°C.

Повышению эффективности котлов-утилизаторов способствует уменьшение разбавления уходящих газов атмосферным воздухом. В условиях удаленности котлов-утилизаторов от источников ВЭР, например мартеновских и нагревательных печей, уплотнение боровов приобретает особенно важное значение. Большие подсосы воздуха по газовому тракту снижают температуру газов перед котлами-утилизаторами нагревательных печей, в результате чего они обеспечивают всего 50% проектной паропроизводительности. Обшивка металлическими листами боровов мартеновской печи на Череповецком металлургическом заводе из-за снижения подсосов привела к повышению паропроизводительности на 50% с доведением ее до 30 т/ч и сокращению расхода электроэнергии на 7,1 квт. ч/ГДж. Уплотнение газоходного тракта является большим резервом повышения паропроизводительности котлов-утилизаторов.

Вторым по выходу вторичных энергоресурсов в металлургии является тепло доменных и сталеплавильных шлаков. Как и отходящие газы, шлаки плавильных печей обладают необходимыми свойствами для эффективной утилизации: высокой температурой (порядка 1250 — 1450°C), большим количеством и во многих случаях непрерывностью выхода (или возможностью его организации). Однако из-за конструктивных и технологических трудностей перевода шлаков из жидкого состояния в твердое это тепло практически не используется.

Охлаждение конструкций печей осуществляют воздухом, водой и паро-водяной смесью (испарительное охлаждение). Выбор способа охлаждения определяется тепловыми потоками, потребностями в теплоносителях и соображениями надежности. Воздушное охлаждение применяется при относительно небольших тепловых нагрузках (до 42 — 84 ТДж/м² · ч). Водяное и испарительное охлаждение применяют при высоких тепловых нагрузках, например для охлаждения фурм, леток, шибров, элементов пламенных печей и т.д. Водяное охлаждение, постепенно заменяемое испарительным, остается в основном там, где охлаждаются небольшие поверхности или особенно ответственные элементы (фурмы, летки, охлаждение которых требует непрерывного контроля). Недостатком водяного охлаждения являются большие расходы воды и выпадение из нее солей на охлаждаемых поверхностях при больших нагрузках. Это приводит к увеличению термического сопротивления стенки и прогару охлаждаемых элементов. Тепло водяного охлаждения обычно не используют, так как для предотвращения образования накипи на стенках воду перегревают всего на 5 — 10°C. Применение химически очищенной воды и ее многократная циркуляция позволяет нагревать ее до температуры, достаточной для теплоснабжения.

Испарительное охлаждение лишено недостатков. Расход воды на охлаждение снижается по сравнению с водяным охлаждением в 30 — 40 раз, использование химически очищенной воды не приводит к образованию накипи, благодаря чему в 2 — 3 раза увеличивается стойкость охлаждаемых элементов. Кроме того, вырабатываемый пар используется для теплоснабжения.

Большие резервы экономии топливно-энергетических ресурсов имеются в использовании избыточного давления колошникового газа доменных печей. Выработка электрической энергии на газовых утилизационных бескомпрессорных турбинах (ГУБТ) значительно дешевле, чем на тепловых электрических станциях; так, на Череповецком металлургическом заводе себестоимость 1 МВт · ч электроэнергии составляет 4 руб.

Значительны, но недостаточно исследованы резервы повышения эффективности использования избыточного давления пара утилизационных установок для выработки электрической и силовой энергии. На отдельных предприятиях мощность таких установок может составлять от 6 до 50 МВт.

Отмеченные особенности образования и использования ВЭР в черной металлургии определяют специфику экономического анализа современного состояния и методологию оценки эффективности перспектив, а также направлений работ в этой области. Использование вторичных энергетических ресурсов, как и других видов побочной продукции и отходов производства, теснейшим образом связано с техническим прогрессом в черной металлургии. С изменением параметров технологических процессов и расходных коэффициентов сырья, материалов, топлива, энергетических затрат и т.п. меняются соответственно количественные и качественные показатели вторичных ресурсов всех видов, т.е. меняются их потребительские свойства. Одновременно происходит непрерывная стоимостная трансформация различных продуктов металлургического производства — как основных, так и побочных и отходов. Происходят изменения условий количественной "товарности" побочной продукции и отходов.

В связи с этим в условиях бурного технического прогресса в черной металлургии возникают сложные методологические и методические проблемы оценки многообразных видов побочной продукции и отходов комплексного металлургического производства: вторичных топливно-энергетических ресурсов, металлургических шлаков, графитсодержащих отходов и др.

Раздел II

БЕЗОТХОДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Глава III

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ВТОРИЧНЫХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

1. Эффективность снижения топливозергоемкости в металлургии

В связи с неуклонным развитием черной металлургии и одновременно возрастающим во всем мире энергетическим дефицитом все более насущной становится проблема рационального использования всех топливно-энергетических ресурсов, потребляемых в отрасли. Топливо-энергетические ресурсы в черной металлургии расходуются на самые различные технологические и энергетические нужды, в соответствии с которыми к ним предъявляются специфические требования по техническому составу, агрегатному состоянию, калорийности и т.д. Широко

используются в металлургии различные виды энергии — пар высоких и низких параметров, электроэнергия, сжатый воздух и др., на которые в конечном итоге расходуются все виды топлива. Поэтому эффективность работы черной металлургии в значительной мере определяется экономикой топливно-энергетической базы.

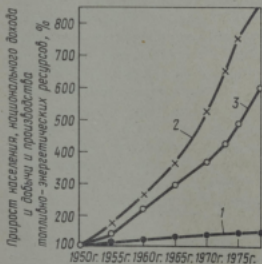


Рис. 6. Динамика роста населения (1), национального дохода (2) и добычи и производства топливно-энергетических ресурсов (3) СССР за 1950–1978 гг.

Расчеты показывают, что на развитие топливно-энергетического хозяйства страны расходуется около 1/3 капитальных вложений, выделяемых промышленности и транспорту, а с учетом энергетических установок у потребителей эта цифра увеличивается до 50%. Доля электроэнергетики и топливной промышленности в основных промышленно-производственных фондах промышленности СССР в настоящее время составляет 29,2%, а ежегодно издержки составляют 1/4 всех издержек народного хозяйства страны. Поэтому улучшение использования топливно-энергетических ресурсов является условием повышения эффективности общественного производства. Соотношение показателей развития топливно-энергетического хозяйства и народного хозяйства в целом является одной из важнейших пропорций, так как ни одна отрасль народного

хозяйства не определяет в такой степени уровень экономического развития страны. Рост объема и разнообразия сырья и углубление его переработки обуславливают необходимость более рационального использования и развития топливозергопотребления, за счет которого обеспечивается все обращение общественного продукта (рис. 6).

Топливо-энергетические ресурсы страны составили в 1978 г. около 1500 млрд. т у. т., а добыча всех видов топлива в стране достигла в 1975 г. 1571 млн. т у. т. и в 1978 г. 1790 млн. т у. т. Развитие топливной промышленности осуществляется в направлении как увеличения добычи и производства различных видов топлива и улучшения их использования, так и расширения добычи прогрессивных видов топлива (табл. 13). Существенно изменилась структура топливного баланса СССР: доля нефтегазового топлива увеличилась с 38,4% в 1960 г. до 60,2% в 1970 г., с 66,5% в 1975 г. до 70,3% в 1978 г. Химический состав, консистенция и теплотехнические характеристики нефти и газа определяют широкое применение этих видов топлива во всех отраслях техники и хозяйства для разнообразных производственных целей. Их использование в наибольшей мере соответствует характерным направлениям развития техники важнейших отраслей производства — металлургии, химии, энергетики.

Таблица 13

Динамика развития топливно-энергетических
отраслей промышленности
в 1960 — 1978 гг.

Показатели	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
Добыча угля, млн. т . . .	<u>509,6</u> 100	<u>578,0</u> 113	<u>624,0</u> 122	<u>701,3</u> 138	<u>723,6</u> 142
Добыча нефти (включая газовый конденсат), млн. т	<u>147,0</u> 100	<u>243,0</u> 165	<u>328,0</u> 223	<u>490,8</u> 334	<u>571,5</u> 389
Добыча газа, млрд. м ³	<u>47,2</u> 100	<u>128,0</u> 271	<u>197,9</u> 419	<u>289,3</u> 613	<u>372,2</u> 789
Добыча топлива на душу населения, т у. т.	<u>3,3</u> 100	<u>4,2</u> 127	<u>4,9</u> 148	<u>6,2</u> 188	<u>6,9</u> 209
Мощность электростанций, млн. кВт	<u>66,7</u> 100	<u>113,0</u> 169	<u>166,2</u> 249	<u>217,5</u> 326	<u>245,4</u> 381
Производство электроэнергии:					
всего, млрд. кВт. ч. . . .	<u>292,3</u> 100	<u>507,0</u> 173	<u>741,0</u> 254	<u>1038,6</u> 355	<u>1201,9</u> 411
на душу населения, кВт. ч.	<u>1365</u> 100	<u>2180</u> 160	<u>3060</u> 224	<u>4100</u> 300	<u>4600</u> 337

Примечание. В числителе — абсолютное значение показателей, в знаменателе — % к 1960 г.

Высокий энергетический потенциал этих видов топлива и удобство их производственного использования, возможность применения их в качестве исходного сырья для изготовления весьма широкого ассортимента химической продукции определили преимущественное развитие их добычи и производства в общем комплексе энергетических ресурсов в стране.

Развитие народнохозяйственной энергетики происходит под действием трех факторов. Во-первых, совершенствуется структура топливно-энергетического баланса за счет увеличения добычи более экономичных видов топлива. Так, ориентировочные расчеты показывают (табл.14), что добыча газового топлива и нефти по сравнению с твердым топливом (каменным углем) в среднем требует меньших капитальных вложений, эксплуатационных и трудовых затрат.

Производственное потребление этих видов топлива также связано с небольшими затратами живого и овеществленного труда, что способствует уменьшению стоимости продукции, получаемой на основе или при помощи использования этих видов топлива. Во-вторых, повышается эффективность производства на базе более прогрессивных видов топлива и, в-третьих, повышается эффективность топливопотребления. Развитие народного хозяйства и его отраслей приводит к непрерывному увеличению обращающихся в производственной сфере материальных ресурсов. Это увеличение потребляемых ресурсов обеспечивается за счет нарастающего и расширяющегося вовлечения природных материалов, все полнее и глубже подвергаемых переработке.

К 1980 г. предусмотрено довести выработку электроэнергии до 1300 млрд.кВт.ч, увеличить добычу нефти и газового конденсата до 620 — 640 млн.т, природного газа до 400 — 435 млрд.м³ и угля до 790 — 810 млн.т. Отсюда видно, что экономия и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов являются важнейшими направлениями повышения эффективности производства, о чем свидетельствуют огромные капитальные вложения в развитие топливной и энергетической отраслей промышленности. Сокращение расхода топлива в масштабах народного хозяйства на 1 % дает экономию около 20 млн.т у.т. На добычу, транспортировку и подачу этого топлива в топливоиспользующие агрегаты в условиях европейской части страны расходуется более 1,5 млрд.руб.

Таблица 14

Технико-экономические показатели добычи различных видов топлива и производства гидроэнергии (на 1 т у.т.), % к показателям по углю

Показатели	Бурый уголь	Нефть	Природный газ	Гидроэнергия
Удельные капитальные вложения	80 — 85	—	40 — 45	85 — 40
Себестоимость	65 — 75	—	40 — 50	90 — 100
Затраты труда	30 — 45	20 — 25	15 — 20	20 — 30

В соответствии с нормами расхода топлива на технологические и энергетические нужды и степенью его использования общее потребление топлива в черной металлургии в 1979 г. составило около 180 млн.т у. т., или более 10 % всего добываемого в стране топлива. На 1 т готового проката расход топлива на металлургическом заводе только по основным производствам составляет около 1 т (табл.15), а в целом по черной металлургии 1,5 т у.т. Высокий расход тепла в черной металлургии обуславливает соответственно и высокие затраты на топливо и энергетические нужды, составляющие более 30 % всех затрат на производство металлургической продукции.

В топливном балансе черной металлургии около 65 % всего расхода топлива приходится на долю кокса и получающихся в связи с его производством вторичных видов топлива: 0,8 % шлама и промпродукта, образующихся при обогащении угля для коксования, 38,7 % кокса и коксовых отсеков (орех, коксовая мелочь), 10,4 % коксового газа и 15,0 % доменного газа. Основными потребителями кокса в стране являются предприятия черной металлургии — свыше 80 % от валового производства кокса. В связи с этим на нужды черной металлургии в настоящее время расходуется более 30 % всего добываемого каменного угля. Другой наиболее значительной составляющей частью топливного баланса черной металлургии является природный газ.

Таблица 15

Удельный расход условного топлива и затраты на топливо
на 1 т металлургической продукции

Показатели	Расход сырья и топлива (условного)	Затраты на топливо, руб/т
1. Удельный расход топлива на производство агломерата, кг/т	65—70	1,82—1,96
2. Расход агломерата на 1 т чугуна, т	1,8	—
3. Расход топлива в производстве агломерата на 1 т чугуна (стр. 1 × стр. 2), кг	117—126	3,28—3,53
4. Расход топлива на выплавку чугуна, кг/т	550—570	24,75—25,65
5. Всего расход топлива на производство 1 т чугуна (стр. 3 + стр. 4), кг	667—696	28,03—29,18
6. Расход чугуна на 1 т мартеновской стали, т	0,7	—
7. Расход топлива в предыдущих переделах на 1 т стали (стр. 5 × стр. 6), кг	467—488	19,62—20,43
8. Расход топлива на 1 т мартеновской стали, кг	120—130	2,80—3,10
9. Всего расход топлива (с учетом предыдущих переделов) на 1 т стали (стр. 7 + стр. 8), кг	587—618	22,42—23,53
10. Расход стали на 1 т проката, т	1,3	—
11. Расход топлива в предыдущих переделах на 1 т проката (стр. 9 × стр. 10), кг	763—804	29,15—30,60
12. Расход топлива на 1 т проката в прокатном производстве, кг	150—170	3,60—4,10
13. Сквозной расход топлива на 1 т проката (стр. 11 + стр. 12), кг	913—974	32,75—34,70

Экономия природных ресурсов является важнейшей проблемой современности. Все острее выступает требование создания безотходной с энергетической точки зрения технологии. Такая технология возможна лишь на принципиально новой основе создания и организации комплексно непрерывных процессов. Поэтому в настоящее время можно рассчитывать только на создание безотходного производства на базе полного и рационального использования тепла добытого топлива.

Полное использование топливно-энергетических ресурсов имеет различные экономические аспекты. Во-первых, предпочтительным направлением решения этой проблемы является максимально возможное сокращение потребления технологического топлива. Это обусловлено особыми требованиями, которые предъявляются к металлургическому топливу и, в первую очередь, к коксу. Расход кокса трудно снизить и практически его невозможно полностью заменить. Поэтому снижение потребления первичного технологического топлива по существу означает повышение степени энергетической безотходности технологии.

Во-вторых, снижение топливозергопотребления достигается использованием вторичных топливных и энергетических ресурсов. Это направление совсем необязательно должно сопровождаться сокращением потребления металлургического топлива. При таком же или даже при возросшем выходе вторичных ресурсов степень их использования может увеличиваться и за счет этого может быть получено дополнительное количество энергетической продукции — пара, электроэнергии, т.е. в целом по народному хозяйству будет достигнута экономия топливно-энергетических ресурсов.

Исследования показывают, что использование вторичных энергетических ресурсов в будущем не теряет своей актуальности и по-прежнему будет рассматриваться в качестве важной проблемы при решении вопросов оптимизации топливно-энергетических балансов предприятий и совершенствования основных технологических процессов в металлургии в направлении создания безотходного производства.

2. Методические проблемы оценки вторичного топлива

Топливо среди продуктов промышленности имеет наиболее широкое потребление, следовательно, большое значение приобретает правильная его оценка. Научно обоснованной системе ценообразования принадлежит важная роль в совершенствовании методов планирования народного хозяйства. Важной предпосылкой оптимального планирования и управления экономикой являются цены, которые дают объективное представление об общественно необходимых затратах труда на создание продукта и его действительной эффективности. Они необходимы для регулирования процесса воспроизводства, воздействия на производство, распределение и потребление в целях стимулирования необходимых пропорций воспроизводства, должны способствовать устранению излишних издержек и потерь.

Наиболее остро стоит проблема установления правильных цен в топливно-энергетических отраслях, где особенно велика взаимозаменяе-

мость различных видов топлива и энергии. Так, потребность в топливе и энергии можно обеспечить за счет угля, газа, нефтепродуктов, сланцев, торфа, гидроэнергии, атомной энергии и др. (термальные источники, энергия ветра, солнечная энергия). В этом случае цены, являющиеся носителем количественных пропорций, должны способствовать рациональному соотношению развития различных топливно-энергетических отраслей.

В топливной промышленности до 1967 г. несоответствие оптовых цен общественно необходимым затратам труда прежде всего касалось цен на уголь, которые не возмещали даже издержек производства. Оказались заниженными цены и на продукцию тех производств, где уголь использовался в качестве топлива или сырья и в первую очередь в черной металлургии, где только прямые затраты на технологическое топливо и энергию в 1978 г. составили 46,1 % от расходов по переделу и 22 % от заводской себестоимости (табл.16). По ряду предприятий затраты на топливо и энергию превышают 60 % от расходов по переделу и во многих случаях составляют 30 — 40 % от заводской себестоимости товарной продукции.

С учетом высокой доли топливно-энергетических затрат в черной металлургии и установленных ниже уровня стоимости (до 1.07.1967) цен на уголь, как и на другое сырье, не было возможности точно определить эффективность использования побочной продукции и отходов черной металлургии, а также их оценку. Поэтому не были разработаны экономические стимулы полного и рационального их использования. Точно так же не стимулировалось эффективное использование природных ресурсов. В металлургии росла масса отходов, неиспользуемых в народном хозяйстве.

Таблица 16

Расходы по переделу¹ и затраты на топливо и энергию со стороны
по МЧМ в целом и ряду предприятий в 1978 г.

Металлургический завод, комбинат	Расходы по пере- делу, % от завод- ской себестоимос- ти товарной продукции	Из них затраты на топливо и энергию со стороны	
		% от заводс- кой себесто- имости	% от расходов по переделу
Предприятия МЧМ (в целом)	36,3	22,0	46,1
В том числе:			
ММК	29,3	9,2	31,5
Череповецкий	24,2	8,6	35,5
Макеевский	56,1	38,2	67,9
Им.Ильича	52,4	33,0	63,0
"Запорожсталь"	22,6	9,7	43,2
Им.Дзержинского	55,3	39,0	67,5

¹ Расходы по переделу сквозные.

Цены на уголь, действовавшие до 1967 г., приводили к тому, что угольная промышленность всегда была убыточной, и эта убыточность достигала 28 — 30 % от себестоимости. В связи с высокой долей затрат на топливо себестоимость продукции черной металлургии в значительной мере определяется ценами на уголь. Если цены на уголь были занижены, следовательно, и себестоимость металла не отражала действительных издержек производства. Построенные на основе такой себестоимости цены на черные металлы не были экономически обоснованными. Кроме того, старые цены на уголь отрицательно влияли и на показатели энергетической промышленности, где также искажалась себестоимость тепловой, электрической энергии и другой энергетической продукции: сжатого воздуха и кислорода, являющихся важными элементами затрат в черной металлургии.

Разработка новых цен на топливо привела к значительному их повышению, что обеспечило нормальный уровень рентабельности в целом по топливной промышленности, равной 15 %. Цены на энергетические угли были повышены на 58 — 71 %, на коксующиеся — на 94 — 98 %. Соответственно были повышены цены на газ с целью обеспечения соответствия конечных оптовых цен промышленности на различные виды взаимозаменяемого топлива. В среднем по СССР оптовая цена на природный газ повышена на 50 %. Цены на газ повышаются в направлении с востока на запад с 11 до 24 руб./1000 м³ и носят зональный характер. В связи с повышением цен на коксующиеся угли были повышены цены и на металлургический кокс: по заводам Сибири — на 84 %, Урала — на 87 %, Северо-Запада — на 54 % и Юга — на 106 %, а с 1.1.1975 г. и на коксовые отсеvy.

Энергетический уголь и отходы углеобогащения занимают в балансах котельно-печного топлива большинства экономических районов все еще видное место. Таким образом, в условиях напряженного топливного баланса добываемый уголь является топливом, необходимым для удовлетворения потребности народного хозяйства страны, а затраты на добычу угля — общественно необходимыми затратами.

В перспективе роль твердого топлива не уменьшается, что обусловлено в первую очередь структурой запасов топливно-энергетических ресурсов, складывающихся главным образом из ресурсов органического топлива и ядерной энергии. Хотя дать прогнозную оценку запасов химического топлива (прежде всего угля, нефти и природного газа) очень сложно, тем не менее на уровне современных знаний представляется возможным назвать запасы химического топлива во всем мире в объеме около 12800 млрд.т у.т., из которых уголь составляет примерно 11200, нефть — 740 и природный газ 630 млрд.т у.т.

Значительно меньше прогнозных извлекаемые ресурсы химического топлива, составляющие примерно 3800 млрд.т у.т., в том числе уголь — 2900, нефть — 370 и газ — 500 млрд.т у.т.

Мировое потребление всех энергетических ресурсов, среди которых главное место занимает химическое топливо, составляет более 10 млрд.т у.т. Если принять перспективное годовое потребление топлив-

но-энергетических ресурсов на уровне 2000 г., которое составит примерно 25 млрд. т у.т. и в основном это потребление будет за счет химического топлива, то его ресурсов хватит на 150 лет.

Если коэффициент использования топлива (КИТ) находится на уровне 32 — 34 %, это значит, что 2/3 добываемого топлива теряется безвозвратно. Следовательно, остро встают вопросы экономического стимулирования развития техники, обеспечивающей снижение потребления топлива и максимально возможное использование всех образующихся вторичных ресурсов, создание энергетически безотходного производства. Важнейшим инструментом экономического стимулирования является научно обоснованная оценка всех образующихся в производстве вторичных ресурсов.

В условиях ограниченных природных ресурсов таких экономических видов топлива, как природный газ и мазут, критерием эффективности совершенствования топливопотребления и оценки топлива, по мнению ряда энергетиков и экономистов, занимающихся оптимизацией топливно-энергетического баланса, должна быть стоимость наименее экономичного топлива. Это должно быть учтено в ценах.

Единственно правильным, по мнению автора, является установление цен, ориентирующихся на средний уровень, к которому неизбежно тяготеют издержки производства большинства предприятий.

Цена на эквивалентное по теплу количество разных видов и марок взаимозаменяемого топлива, в том числе и вторичного, должна быть (с учетом качества) примерно одинаковой или, во всяком случае, возможно более близкой к этому. Если бы цены на эквивалентное количество разных видов топлива оказались неодинаковыми, то потребитель отказывался бы получать более дорогое топливо. В условиях подлинного хозрасчета было бы неправильно ставить в экономически неравноправные условия разные предприятия только потому, что по условиям топливного баланса их приходится снабжать видами топлива разной эффективности. Неправильно было бы относить на потребителя все экономические последствия сложившегося современного топливного баланса.

Цена на все виды энергетического топлива должна быть единой и ориентироваться на средние издержки добычи всех видов топлива с учетом теплотехнической ценности каждого вида топлива, а также природных условий.

При определении новой оптовой цены на уголь исходили из полного возмещения затрат на его добычу, включая и затраты на геологоразведочные работы. Уровень прибыли для угольной промышленности в целом был принят 7,5 %, что позволило образовать необходимые фонды расширения и развития, а также обеспечить плату за производственные фонды и другие фиксированные платежи. Однако даже с учетом низкой плановой рентабельности повышение цен на энергетический уголь составило 60 — 70 %, а на угли коксующихся марок — 95 — 100 %. При таком значительном повышении оптовых цен до 40 % шахт все же остались убыточными.

Повышение цен на энергетический уголь повлекло за собой повышение цен на газ для обеспечения соответствия конечных оптовых цен промышленности на различные виды взаимозаменяемого топлива. В результате реформы оптовая цена промышленности на сетевой газ в среднем по СССР повысилась на 51 %. Самая низкая цена (11 руб/1000 м³) установлена для газодобывающих районов Востока и Юго-Востока.

Поскольку цены на коксовый уголь в результате реформы увеличились на 95 — 100 %, то цена на кокс металлургический (крупный + 40 мм) повышена в среднем по Союзу на 107 %, в том числе по заводам Южной группы на 106 %, по заводам Урала на 87 %, по заводам Северо-Запада на 54 % и т.д.

Повышение цен на природный газ потребовало пересмотра оптовых цен промышленности на коксовый и доменный газы, баланс которых практически замыкается внутри металлургических заводов с полным циклом производства. В условиях напряженности топливного баланса необходимо обеспечить наиболее полное и рациональное использование ресурсов газа со средней и низкой теплотой сгорания — коксового и доменного. Поэтому цены на эти виды газа по крайней мере не должны превышать цену на газ природный (также используемый на металлургических заводах) в пересчете на условное топливо.

Вместе с тем до 1962 г. цены на коксовый газ существенно превосходили цены на природный, что в ряде случаев приводило к неоправданным потерям коксового газа. В 1962 г. по большинству районов страны цены на коксовый газ приведены в соответствие с ценами на природный. Однако в связи с повышением оптовых цен на природный газ, осуществленным в 1967 г. необходимо было повысить и цены на газ коксовый. Поэтому в процессе реформы оказалось целесообразным поднять цены на коксовый газ в среднем на 18 % и на доменный газ на 45 %.

В связи с техническим прогрессом в доменном производстве удельный расход кокса неуклонно снижается. Это приводит к соответственному уменьшению выхода доменного и коксового газов в расчете на 1 т выплавляемого чугуна. В результате образовался дефицит газового топлива, который был восполнен природным газом. Вследствие дешевизны природный газ начал вытеснять коксовый и доменный газы из ряда процессов, что не всегда вызывалось технологической необходимостью.

Цены на вторичные виды топлива (коксовый и низкокалорийный доменный газы) почти достигают уровня цен на природный газ, а на ряде заводов даже превышают их (в расчете на условное топливо). С применением природного газа в металлургии в 2 — 3 раза увеличились потери доменного и коксового газов, сжигаемых на свечах, выпускаемых через пароплям.

Правильное соотношение цен на топливо должно стимулировать экономию материальных затрат в металлургическом производстве, как и в других отраслях, являющихся крупными потребителями различных видов топлива. Снижение затрат на топливо может быть обеспечено сокращением его удельного расхода и рационализацией структуры топли-

вопотребления, т.е. привлечением новых видов топлива, более широким применением его экономических видов и полным и эффективным использованием вторичных ресурсов топлива и тепла, доля которых в топливном балансе страны превышает 10 %, а в черной металлургии составляет 40 %.

Уголь, нефть, природный газ и другие виды топлива более чем на 80 % потребляются в народном хозяйстве в качестве теплоносителя в процессах двух видов — теплотехнических и технологических. Именно это качество и определяет их роль в народном хозяйстве, а также основные принципы оценки. Различия в потребительной ценности разных видов топлива будут обусловлены одинаковыми факторами при использовании их в топках электростанций, в котельных установках предприятий, на железнодорожном или морском транспорте и т.д. Точно так же различия в потребительной ценности разных видов топлива, используемого в качестве технологического, будут обуславливаться одинаковыми факторами и в мартеновских или нагревательных печах в металлургии, и в отражательных печах медеплавильной промышленности, и в нагревательных печах машиностроительных и других заводов.

Таким образом, оценка топлива, учитывающая различия в его потребительских свойствах, имеет не локальное, а общее для всех потребителей топлива значение.

Использование угля, нефти, природного газа и других видов топлива в качестве исходного сырья для химической продукции может изменить методы оценки, но критерий ее останется прежним. Однако, так как в настоящее время для этих целей топливо используется сравнительно мало, в основу оценки может быть положена сравнительная теплотехническая ценность топлива как теплоносителя.

Оценка топлива осложняется тем обстоятельством, что на получение вторичных видов его нет прямых затрат. Имеются суммарные затраты на получение концентрата и промпродукта, кокса и газа, чугуна и газа и т.д. Вопрос заключается в правильном распределении этих затрат между получающимися в комплексном производстве продуктами. Можно отнести на вторичные энергоресурсы средние затраты, которые несет общество при получении единицы топлива. Такая оценка вытекает из взаимозаменяемости разных видов топлива. Сущность методики оценки вторичных видов топлива исходит из следующих предпосылок. Поскольку вторичные виды топлива неизбежно образуются в качестве побочной продукции в процессах углеобогащения, производства чугуна и кокса и обладают потребительной ценностью, в них овеществляется определенная доля живого и прошлого труда, затрачиваемого в этих процессах. Она зависит от соотношения теплотехнических (потребительных) ценностей вторичных видов топлива и аналогичной продукции, производимой в других производствах в качестве основной.

Вторичные виды топлива, используемого в качестве теплоносителя, способны заменить в определенных пропорциях практически все другие его виды, затраты труда на получение которых можно определить прямым счетом. Следовательно, они должны стоить обществу таких же зат-

рат, что и заменяемое ими топливо, с учетом их потребительной ценности. Использование вторичных видов топлива позволяет уменьшить добычу других видов его. Если исключить вторичные виды топлива из топливного баланса, то потребуются дополнительные затраты для получения природного газа или угля.

Необходимым условием правильной оценки топлива (и прежде всего вторичного) является установление сравнительной технологической ценности разных его видов. Имеющиеся в литературе оценки рентабельности использования топлива в различных процессах слишком условны и не могут быть положены в основу количественной оценки топлива. Дело в том, что они не отражают действительной сравнительной эффективности использования взаимозаменяемых видов топлива по затратам труда. Эти затраты обусловлены не только теплотехнической ценностью, но и консистенцией топлива (твердое, жидкое, газообразное). Получение единицы полезного (использованного для производства продукции) тепла связано со способами потребления топлива и, соответственно, большими или меньшими затратами (топки, золоудаление, склады топлива или буферные емкости и т.д.). Кроме того, к.п.д. установок при сжигании газообразного (и жидкого) топлива примерно на 10 % выше, чем при сжигании твердого (нет потерь физического тепла с золой, недожог топлива и т.п.). Поэтому виды топлива с теоретически равной теплотворной способностью будут с точки зрения затрат неравноценны. Однако учесть все указанные различия затруднительно и в расчетах потребительские свойства различных видов топлива сопоставляются по теплотехнической их ценности.

Обычно в практике для сравнения разных видов топлива используют ряд величин, характеризующих теплотехническую ценность: его теплотворность, теоретическую температуру горения, содержание балластных компонентов и т.д. В табл.17 приведены основные теплотехнические показатели для различных видов топлива, используемого в промышленности в качестве теплоносителя.

Производственный эффект и сравнительная теплотехническая ценность разных видов топлива зависят прежде всего от вещественного состава и теплотворности каждого его вида.

Важной теплотехнической характеристикой всех видов топлива является и теоретическая температура горения, т.е. температура, развиваемая с учетом диссоциации CO_2 и H_2O . Однако этих характеристик еще недостаточно для полной оценки, так как они обусловлены начальным вещественным составом, неодинаковым для каждого вида топлива. С этой точки зрения общей основой для сравнительной оценки могут служить отходящие продукты горения (дым), вещественный состав которых одинаков для всех видов топлива и процентное соотношение составляющих (CO_2 ; H_2O , N_2) колеблется в небольших пределах.

Использование теплосодержания образующегося в процессе горения дыма для сравнительной оценки весьма правомерно, так как передачу

Теплотехническая характеристика различных видов топлива, используемого в промышленности в качестве теплоносителя

Виды топлива	Теплотворная способность		Теоретическая температура горения (топлива) t° теор	Теоретически необходимое количество воздуха V_0		Теоретический объем продуктов горения V_F	Предельное содержание сухих продуктов горения RO_2 max, %	Теоретическое теплосодержание 1 м^3 дыма q_d , МДж/м ³
	МДж/м ³	МДж/кг		м ³ /м ³	м ³ /кг			
Твердое:								
кокс	—	27,7	2200	—	7,24	—	20,3	3,8
антрацит	—	30,5	2290	—	7,80	—	20,2	4,1
газовый уголь	—	27,6	2180	—	7,10	—	21,4	3,7
Жидкое:								
нефть	—	45,1	2230	—	11,09	—	15,8	3,8
мазут	—	43,5	2245	—	10,71	—	16,0	3,8
Горячие газы:								
природный	34,7	49,1	2050	9,40	13,00	10,40	11,8	3,4
коксовый обогашенный	23,4	25,5	2130	5,90	6,40	6,90	13,0	3,5
коксовый	18,1	37,8	2090	4,30	9,00	5,00	10,4	3,5
генераторный	6,1	5,0	1830	1,20	0,96	2,00	20,0	3,0
доменный	3,9	3,1	1440	0,85	0,68	1,65	25,0	2,5

энергии в тепловых агрегатах совершают продукты сгорания¹. В зависимости от теплосодержания дыма можно судить о сравнительной эффективности разных видов топлива.

Тепловые агрегаты вследствие конструктивных особенностей имеют различные тепловой и температурный режимы и поэтому эффективность использования в них различных видов топлива не может быть одинакова.

Коэффициент использования топлива показывает степень полезного использования его тепла в агрегате, отражая конкретные условия, при которых проводится сопоставление различных видов топлива.

Коэффициент использования топлива зависит от многих факторов: подогрева воздуха и топлива (газа), теплотворности топлива, избытка воздуха при горении и т.д. Все они зависят от конструкции тепловых агрегатов и являются специфичными для каждого вида топлива и агрегата. Ниже приведен коэффициент использования топлива для различных его видов²:

Твердое:		Горючие газы:	
кокс	0,59	природный газ	0,62
антрацит	0,58	коксовый обогащен-	
газовый уголь	0,54	ный	0,53
		коксовый	0,55
Жидкое:		генераторный	0,52
нефть	0,61	водяной	0,50
мазут	0,60	доменный	0,42

Коэффициенты использования топлива полностью не отражают различий в теплотехнической ценности видов топлива. Это усугубляется тем, что коэффициент использования одного и того же вида топлива в различных тепловых агрегатах различен. Для сопоставимости все теплотехнические показатели топлива различного агрегатного состояния³ отнесены к единой размерности на 1 кг исходного топлива.

Как видно из приведенных данных, коксовый газ по некоторым показателям даже несколько превосходит природный газ. Поэтому вытеснение коксового газа природным нельзя считать обоснованным, если при этом коксовый газ не используется в качестве химического сырья или это не обусловлено технологической необходимостью.

Для технологических процессов, в которых нет необходимости поддерживать высокую температуру, минимальный объем продуктов горения и т.д., все сравниваемые виды топлива практически равноценны, поэтому переход на жидкое или любое другое высокопотенциальное топливо при наличии ресурсов доменного газа или другого вторичного топлива также нельзя считать обоснованным.

Для оценки различных видов топлива целесообразно, очевидно, иметь единый критерий, который бы выражал различные качественные харак-

¹ При условии, что химическое тепло сжигаемого топлива переходит в физическое тепло дыма.

² При подогреве воздуха до 1000°C и коэффициенте избытка его для твердого и газообразного топлива 20 % ($\alpha = 1,2$) и для жидкого топлива 5 % ($\alpha = 1,05$).

теристики оцениваемых видов топлива. В данном случае автор согласен с точкой зрения Н.П. Банного, который считает, что основой для такого критерия служат средние общественно необходимые затраты труда на единицу тепла получаемого топлива всех видов.

Поскольку в настоящее время еще нет полной стоимости отдельных видов продуктов, практически в качестве основы для расчета цен можно брать среднюю себестоимость единицы тепла всего получаемого топлива на каждом этапе развития народного хозяйства. Важность последнего условия объясняется изменением структуры топливного баланса страны и неравномерностью изменений фактических затрат труда на добычу топлива разных видов, обусловленных различиями природных условий, средств и методов добычи.

Это положение не предполагает частое, например ежегодное, изменение оценок (и цен), так как практически структура топливного баланса не претерпевает ежегодных радикальных сдвигов, которые могли бы существенно менять уровень среднеотраслевой себестоимости единицы тепла в добываемом топливе, а следовательно, и оценки вторичного топлива. О том, что это так, свидетельствуют следующие данные: среднеотраслевая себестоимость единицы тепла в добываемом топливе в 1970 г. составляла 0,80 и в 1978 г. — 0,19 руб/МДж.

Таким образом, устанавливаемые оценки могут быть рассчитаны на срок, по крайней мере, в 5 лет без опасения нарушить соотношения и уровень оценок. Оценка единицы тепла какого-либо вида топлива по средней себестоимости единицы тепла может быть выражена в общем виде следующим образом:

$$E_n = E_1 \xi_n, \quad (11)$$

где E_n — оценка единицы тепла данного (вторичного) вида топлива, руб/кДж;

E_1 — средняя себестоимость единицы тепла первичного топлива, руб/кДж;

ξ_n — коэффициент сравнительной теплотехнической ценности единицы тепла в соответствующем топливе по отношению к некоторому средневзвешенному топливу.

Величина E_1 определяется по формуле

$$E_1 = (Y\alpha + H\beta + G\gamma + \dots + D\mu) / (YQ_1 + HQ_2 + GQ_3 + \dots + DQ_n), \quad (12)$$

где Y, H, G, D — вся добыча угля, нефти, газа и прочего топлива, т или тыс. м³;

$\alpha, \beta, \gamma, \dots, \mu$ — средняя себестоимость каждого вида топлива, руб/т или руб/1000 м³;

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ — средняя теплотворность каждого вида топлива, кДж/т или кДж/1000 м³.

Формулу (2) можно написать в следующем виде:

$$E_1 = \sum_{i=1}^n EQM / Q_0^n, \quad (13)$$

где E — себестоимость единицы тепла i -того вида топлива, руб/кДж;
 Q — теплопроводность i -го вида топлива, т или 1000 м^3 ;
 M — количество i -го вида топлива, т или 1000 м^3 ;
 Q_0^n — суммарное количество тепла в первичном топливе, кДж.

Числитель этой формулы — сумма эксплуатационных затрат на все первичное топливо E_0 .

Общие затраты на первичное топливо, принимаемые в качестве исходных и определяемые по себестоимости его добычи, не могут отличаться от суммы затрат на все топливо, включая вторичное, дело в том, что вторичное топливо по существу представляет некоторую часть первичного, не используемую вследствие особенности технологических процессов, затраты на которую уже учтены.

Естественно, что все тепло, содержащееся в получаемом топливе с учетом вторичного Q_0^m , должно быть равно теплу, содержащемуся в добываемом первичном топливе Q_0^n . Тепло части первичного топлива Q_1 в ряде процессов производственного потребления последнего разлагается на тепло, полностью используемое Q_2 , и тепло образующегося при этом вторичного топлива Q_3 . Следовательно, $Q_1 = Q_2 + Q_3$, тогда

$$Q_0^m = Q_0^n - Q_1 + (Q_2 + Q_3), \text{ т.е. } Q_0^m = Q_0^n. \quad (14)$$

Одна из задач методики оценки топлива заключается в том, чтобы правильно распределить общие затраты на топливо: между используемой частью топлива и неиспользуемой в данном производственном процессе и возвращаемой в виде вторичного тепла. При этом имеется в виду, что отсутствуют какие-либо дополнительные затраты на получение вторичных видов топлива, так как получение их не является целью производства.

Условие равенства суммарных затрат на добычу всего первичного топлива по себестоимости и суммарных затрат на все получаемое топливо (включая вторичное) по рассматриваемой методике оценки может быть записано в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n E_n Q_n M_n = \sum_{i=1}^m E_m Q_m \xi_m M_m. \quad (15)$$

где E_n — себестоимость единицы тепла каждого конкретного вида первичного топлива, руб/кДж;

E_m — оценка единицы тепла каждого конкретного вида топлива, включая вторичное, по предлагаемой методике, руб/кДж;

n — число первичных видов топлива;

m — число получаемых видов топлива (включая вторичное);

Q — теплотворная способность того или иного вида топлива, кДж/т;

M — количество (масса) того или иного вида топлива, т;

ξ_m — коэффициент теплотехнической ценности того или иного вида топлива по отношению к средневзвешенному топливу.

Отсюда вытекает другое условие — равенство средней себестоимости единицы тепла в первичном топливе и оценочной стоимости единицы тепла:

$$\frac{\sum_{i=1}^n E_n Q_n M_n}{Q_o^n} = \frac{\sum_{i=1}^m E_m Q_m \xi_m M_m}{Q_o^m} \quad (16)$$

Необходимость введения коэффициента ξ_m и понятия "средневзвешенное топливо" вызвана следующими обстоятельствами. Условное топливо по принятой теплотворной способности не совпадает со средней теплотворной способностью единицы топлива в структуре топливного баланса, которая в 1978 г. составляла 37,2 МДж/кг. Поэтому для него нельзя прямо определить средние теплотехнические характеристики топлива, по отношению к которым можно было бы устанавливать коэффициенты этих характеристик для конкретных видов топлива. Такие характеристики нетрудно определить для средневзвешенного топлива в структуре топливного баланса; они составляют: $Q_H^{p, cp} = 34,7$ МДж/кг, $t_T^{cp} = 2190^\circ\text{C}$, $q_d^{cp} = 3,7$ МДж/нм³, $\eta^{cp} = 0,52\%$.

Коэффициенты для каждой из теплотехнических характеристик конкретных видов топлива (K_Q — коэффициент, учитывающий теплотворность, a_t — теоретическую температуру горения, b_d — теплосодержание дыма и C_η — коэффициент использования топлива) определяются по формулам:

$$K_Q^y = \frac{Q^y}{Q^{cp}}; \quad K_Q^r = \frac{Q^r}{Q^{cp}}; \dots \quad K_Q^m = \frac{Q^m}{Q^{cp}}; \quad (17)$$

$$a_t^y = \frac{t_T^y}{t_T^{cp}}; \quad a_t^r = \frac{t_T^r}{t_T^{cp}}; \dots \quad a_t^m = \frac{t_T^m}{t_T^{cp}}; \quad (18)$$

$$b_d^y = \frac{q_d^y}{q_d^{cp}}; \quad b_d^r = \frac{q_d^r}{q_d^{cp}}; \dots \quad b_d^m = \frac{q_d^m}{q_d^{cp}}; \quad (19)$$

$$C_\eta^y = \frac{\eta^y}{\eta^{cp}}; \quad C_\eta^r = \frac{\eta^r}{\eta^{cp}}; \dots \quad C_\eta^m = \frac{\eta^m}{\eta^{cp}}; \quad (20)$$

где $y, r, \dots, m$ — конкретные виды топлива.

Коэффициент ξ_m определяется как средняя геометрическая из коэффициентов для каждой теплотехнической характеристики:

$$\xi_m = \sqrt[4]{K_Q^m a_t^m b_d^m C_\eta^m} \quad (21)$$

* η — коэффициент использования тепла топлива (КИТ).

Ниже приведены коэффициенты теплотехнических характеристик и коэффициенты теплотехнической ценности конкретных видов топлива по отношению к средневзвешенному топливу:

	K_Q	a_t	b_d	C_η	ξ_m
Твердое:					
кокс	0,96	1,09	1,12	1,14	1,08
антрацит	1,10	1,12	1,16	1,08	1,10
газовый уголь	0,93	0,98	0,98	0,92	0,95
Жидкое:					
нефть	1,28	1,26	1,18	1,3	1,26
мазут	1,25	1,28	1,23	1,3	1,27
Горючие газы:					
природный	1,08	1,20	0,98	1,25	1,13
коксовый обога- щенный	0,79	0,99	0,95	1,15	0,96
коксовый	0,53	0,98	0,94	1,12	0,86
генераторный	0,22	0,83	0,80	0,85	0,56
доменный	0,13	0,65	0,65	0,82	0,45

Используя их, по формуле (11) можно определить оценку единицы тепла всех получаемых видов топлива. Предварительно по формуле (12) находят средневзвешенную себестоимость единицы тепла всего первичного топлива.

Стоимость 1 т условного топлива, так же как и средневзвешенного, будет изменяться с изменением структуры топливного баланса. Однако условное топливо является общепринятой базой во всех расчетах и его теплотворная способность служит практическим коэффициентом приведения всех видов топлива различного агрегатного состояния к единому — условному. Поэтому целесообразно определить и его себестоимость. Оценка единицы тепла условного топлива в соответствии с изложенной методикой должна производиться по формуле, аналогичной формуле (11):

$$E_y = E_1 \xi_y, \quad (22)$$

где E_y — оценка единицы тепла условного топлива, руб/кДж;
 ξ_y — коэффициент теплотехнической ценности условного топлива.

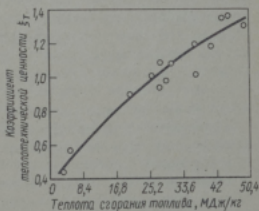
Себестоимость единицы тепла средневзвешенного топлива E_1 определяется по формуле (12) или (13), а коэффициент относительной теплотехнической ценности условного топлива может быть найден графическим путем (рис.7). Для условий, принятых в данной работе, $\xi_y = 0,95$. Коэффициент ξ_m должен служить основой в определении соотношения цен различных видов топлива.

Для иллюстрации рекомендуемой методики был произведен расчет оценочных показателей по укрупненным данным (табл.18). Следует говорить, что в задачу настоящей работы не входит установление окончательных цен, которые, как известно, складываются из отраслевой себестоимости, транспортных издержек и прибыли. Приемлемым было бы определение цен (не оценок) на топливо на основе средневзвешенных

приведенных затрат (при $E = 0,12$) или действующих цен. Хотя последние и не в должной мере выражают средние общественно необходимые затраты, все же при этом были бы правильные соотношения цен.

Рассчитанные в табл.18 оценочные показатели носят ориентировочный характер и могут применяться для выявления принципиальных различий, которые должны учитываться при разработке цен на различные взаимозаменяемые виды топлива. Поэтому приведенные оценки выражают собой как бы условную себестоимость различных видов топлива с учетом ренты качества (теплотехнической ценности). Подобные расчеты могут быть использованы, по мнению автора, в динамических моделях перспективных цен на различные энергоносители. Оценка топлива на основе суммарной стоимости добычи всех его видов соответственно теплотехнической ценности каждого из них не приведет к каким-либо изменениям суммарных затрат общественного труда, они лишь перераспределятся между различными отраслями производства.

Р и с. 7. Зависимость коэффициента относительной теплотехнической ценности от теплотворной способности топлива



Более низкая или высокая оценка вторичных видов топлива по сравнению с действующими ценами не только не повлияет на величину сум-

Таблица 18
Оценка единицы тепла и топлива различных видов (для заводов Юга)

Вид топлива	Прейскурантная цена, руб/т (руб/1000 м ³)	Значение ξ_m	Оценка единицы тепла, коп/МДж	Оценка единицы топлива, руб/т (руб/1000 м ³)
Средневзвешенное	—	1,0	19,5	6,77
Условное	—	0,95	18,5	5,50
Твердое:				
антрацит АМ	18,30	1,10	21,4	6,52
газовый уголь ГМ	20,00	0,95	18,5	5,14
Жидкое:				
нефть	24,50	1,26	24,6	11,05
мазут	24,50	1,27	24,8	10,76
Горючие газы:				
природный	15,40	1,13	22,1	7,70
коксовый обогащенный	10,50	0,96	18,8	4,40
генераторный	—	0,56	10,9	0,67
доменный	1,30	0,45	8,8	0,35

марных затрат на все его виды, но и не приведет к изменению суммарных эксплуатационных затрат на промышленную продукцию даже в пределах одного предприятия. Например, на металлургическом заводе снижение цены коксового и доменного газов приведет к увеличению себестоимости кокса и чугуна, в которой они уменьшаются, но это будет компенсировано соответствующим снижением затрат на топливо в сталеплавильном, прокатном и других производствах. При использовании на заводе более дешевых коксового и доменного газов снизится себестоимость пара, электроэнергии (собственного производства), процессов сушки, нагрева и др. В результате себестоимость проката не изменится. Аналогичное положение будет и при повышенных оценках.

Предлагаемая методика обеспечивает проведение обоснованного изменения цен на топливо при изменении структуры топливного баланса. Таким образом, возникает возможность планировать изменение цен на топливо, что очень важно для выполнения перспективных расчетов. Создаются материальные стимулы для неуклонного повышения качества топлива, так как при неизменных или сравнительно небольших дополнительных затратах топливо лучшего качества всегда будет получать повышенную оценку.

Определяемые по данной методике цены будут стимулировать рациональную структуру как потребления топлива, так и получения различных его видов. Оценка различных видов топлива по общественно необходимым затратам и их технологической ценности позволит установить единые сопоставимые условия для анализа топливного фактора во всех технических и экономических задачах. Приведенная оценка отражает стремление к стимулированию полного использования вторичных топливных ресурсов и создание условий развития энергетически безотходного производства.

3. Анализ эффективности использования вторичных энергоресурсов и оценка стоимости утилизируемой энергии

Значительные резервы экономии топлива и энергии заключены в полном и рациональном использовании вторичных энергоресурсов (ВЭР). Анализ работы действующих утилизационных установок показывает, что затраты на их эксплуатацию колеблются в широких пределах — от 0,12 до 1,7 руб/ГДж вырабатываемого тепла, что сопоставимо с затратами на выработку теплотенергии ТЭЦ и котельными с учетом затрат на топливо.

Особенности оценки и анализа экономической эффективности использования ВЭР определяются, с одной стороны, глубокими изменениями в трактовке этих вопросов в последние годы и, с другой, спецификой ВЭР. Использование ВЭР является частным случаем рационального использования природных ресурсов, основывается на реализации значительных капитальных вложений и достижений научно-технического прогресса и оказывает непосредственное влияние на эффективное решение множества взаимосвязанных хозяйственных и социально-экономических проблем, в том числе активно влияет на уровень охраны внешней среды от загрязнения отходами производства.

В связи с этим принципы оценки эффективности использования ВЭР должны базироваться на основных положениях теории эффективности общественного производства, эффективности капитальных вложений и новой техники, эффективности использования природных ресурсов и охраны природы. Основная задача при этом состоит в применении принципиальных вложений теории эффективности к такому специфическому явлению экономики, как использование ВЭР.

При анализе сравнительной эффективности утилизации ВЭР и получения энергии из топлива важно правильно выбрать показатели эффективности, которые могут различаться в зависимости от типа аналитической задачи (определение народнохозяйственной эффективности, определение эффективности использования ВЭР для хозяйственного предприятия, цеха и т.д.).

Ниже рассмотрены методические вопросы выбора показателей оценки стоимости ВЭР при определении внутризаводских цен на пар, а также для учета экономии затрат на топливо при расчетах абсолютной и сравнительной эффективности использования ВЭР в масштабах предприятия или народного хозяйства.

В расчетах себестоимости вырабатываемого пара принципиальное значение имеет вопрос об учете стоимости ВЭР, поступающих в теплоутилизационную установку. В соответствии с известным высказыванием К.Маркса отходы производства, когда они вступают в кругооборот общественного производства, удешевляют издержки на сырье в той мере, в какой они могут быть вновь проданы. В рассматриваемом случае такими отходами является тепло уходящих газов, шлаков, тепло охлаждения конструкций промышленных печей. Будучи использовано в утилизационных установках, это тепло позволяет получить дополнительную продукцию (пар, нагретую воду, электроэнергию), обеспечить подогрев продуктов технологической переработки (воздуха, газообразного топлива, шихты).

Затраты на получение ВЭР имеют место в самом технологическом процессе. Это — часть затрат на топливо, сжигаемое в мартеновских нагревательных, доменных, отражательных и других печах, часть затрат на перерабатываемые продукты, если тепло в печах выделяется в результате экзотермических реакций (конверторы черной и цветной металлургии, печи кипящего слоя цинкового и медного производств), часть затрат на компримирование воздуха, если избыточное давление доменного газа используется для привода газовой утилизационной бескомпрессорной турбинной установки (ГУБТ).

Иными словами, тепловые отходы представляют собой определенную часть тепла (энергии) энергоносителей (первичного топлива) используемых в процессах производства для преобразования предметов труда в готовый продукт. Поэтому эта неиспользованная в данном процессе производства часть тепла или энергии вследствие реальной возможности ее использования для удовлетворения энергетических потребностей представляет соответствующую часть потребительной стоимости первич-

ного энергоносителя, а следовательно, в ней оцеществлены и затраты труда, соответствующие ее потребительной стоимости.

Потребительная стоимость ВЭР, являясь частью потребительной стоимости продуктов технологической переработки, характеризуется их качеством. Н.А.Семененко сформулировал три основных качественных признака, характеризующих вторичные энергоресурсы: непрерывность выхода, количество и потенциал. Первый признак находит отражение во включении в себестоимость вырабатываемой энергии либо затрат на первичное топливо, сжигаемое в котлах-утилизаторах в период технологических остановок, либо затрат на дополнительные аккумуляционные емкости. Остальные два признака характеризуются общим рабочим потенциалом возможного использования ВЭР. Потребительную стоимость ВЭР с этой точки зрения можно рассматривать как часть потребительной стоимости исходных продуктов технологической переработки (источников энергии), пропорциональную отношению максимальных работ, которые они способны совершить, или отношению эксергий, а следовательно, и как часть стоимости исходных продуктов.

Ограничения на температуру уходящих из утилизационной установки газов также должны отражаться в потребительной стоимости ВЭР; например, для очистки газов печей цветной металлургии в электрофильтрах их температура должна быть не ниже 300°C. В этом случае доля затрат на сжигаемое в печи топливо, которую следует отнести на стоимость ВЭР, определится по формуле

$$K = \frac{\mathcal{E}_{\text{у.г.}}}{\mathcal{E}_T} = \frac{g (i_1 - i_2 - C T_0 \ln T_1 / T_2)}{\beta Q_n^P} \quad (23)$$

где $\mathcal{E}_T$ и $\mathcal{E}_{\text{у.г.}}$ — эксергия сжигаемого в печи топлива и уходящих газов, образующихся при сжигании 1 кг топлива, кДж/кг;

i_1, i_2 — энтальпия уходящих газов соответственно на входе и выходе из утилизационной установки, кДж/м³;

T_1, T_2 — температура газов соответственно на входе и выходе из утилизационной установки, К;

T_0 — температура окружающей среды, К;

C — теплоемкость уходящих газов, кДж/(м³ · °С)

g — количество уходящих газов, образующихся при сжигании 1 кг топлива, м³/кг;

Q_n^P — теплота сгорания топлива, кДж/кг;

β — коэффициент перевода калорийности топлива в эксергию (для мазута 0,975).

Если в печи сжигается 8 т/ч мазута, имеющего калорийность 42 МДж/кг, выход газов из печи составляет 100 тыс.м³/ч, температура их на выходе из печи равна 1200°C, а допустимая из условий последующей очистки газов температура на выходе из котла-утилизатора 400°C, то определенный по формуле (23) коэффициент K равен 0,27. Если цену на мазут принять 24 руб/т, то цена количества уходящих газов в час составит: 0,27 · 8 · 24 = 52 руб/ч.

Выработка пара за счет использования тепла газов может быть подсчитана по формуле

$$D = \eta \varphi (i_1 - i_2) 10^{-6} = \text{ГДж/ч}, \quad (24)$$

где φ — количество газов на выходе из печи, $\text{м}^3/\text{ч}$;

η — коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду.

Для рассматриваемого примера она составит 136,5 ГДж/ч, а стоимость тепла в отходящих газах, относимая на себестоимость пара, полученного в котле-утилизаторе, будет равна 0,38 руб/ГДж (52 : 136,5). Затраты на топливо в котельной в сопоставимых условиях составят 0,69 руб/ГДж.

Когда тепло в металлургическом агрегате выделяется в результате экзотермических реакций, следует сопоставить химическую эксергию перерабатываемого сырья и физическую эксергию уходящих газов. Пропорционально эксергии получаемых продуктов могут распределяться затраты и на другие отходы производства, поступающие на переработку. Отношение эксергий получаемых продуктов с известным приближением соответствует отношению их потребительных стоимостей.

Эксергетический метод распределения затрат, отражая качество поступающих на утилизацию вторичных энергоресурсов, может быть положен в основу определения внутризаводских цен на ВЭР и способствовать тем самым повышению их стимулирующей роли в повышении качества ВЭР. Эксергия газов будет увеличиваться при снижении потерь тепла в окружающую среду, уплотнений печей и газоотводящих трактов для устранения разбавления газов атмосферным воздухом. Цены на тепло уходящих газов можно корректировать по их запыленности и свойствам технологического уноса, влияющим на эксплуатацию котлов-утилизаторов.

Внутризаводские цены на пар могут устанавливаться по средnezаводской себестоимости (т.е. на основе средневзвешенных затрат на утилизацию ВЭР с учетом их стоимости и затрат по парокотельной), а также в соответствии с задачами хозрасчета включать дополнительные элементы, стимулирующие производство энергии на утилизационных установках и ее потребление.

В расчетах экономической эффективности использования ВЭР по хозрасчетным показателям предприятий экономия затрат на топливо в заводской котельной учитывается отдельно по фактическим ценам, а экономия затрат на покупаемый у ТЭЦ пар — по установленным тарифам. Определение эффективности утилизации по ценам (или себестоимости) на тепловую энергию может привести к ошибкам, так как при частичном замещении пара котельной эксплуатационные затраты, кроме затрат на топливо, сохраняются.

При оценке ВЭР должны исходить из единых методологических принципов, лежащих в основе принятой методики определения эффективности производства. Основной критерий экономической эффективности использования всех элементов общественного производства состоит в снижении затрат живого и овеществленного труда на производство продукта. Для решения конкретных производственных задач на разных уровнях могут быть применены различные методические приемы, одна-

ко незыблемым является решение их в соответствии с требованием общего критерия.

В данном случае при рассмотрении вопроса об эффективности использования ВЭР и соответствующей их оценке основой должна выступать такая постоянная величина. Эффективным использование ВЭР может считаться лишь в том случае, если оно приводит к снижению стоимости, уменьшению общественно необходимых затрат труда на производство единицы общественного продукта. И с этой точки зрения эффективность использования ВЭР будет определяться сопоставлением затрат живого и овеществленного труда на производство совокупного продукта при использовании ВЭР и без него независимо от методов распределения затрат между основной продукцией данного производства и образующимися при этом ВЭР.

Поэтому утверждения некоторых авторов о том, что полный эффект утилизации ВЭР может иметь положительное значение, даже если себестоимость пара утилизационных установок будет выше, чем в котельных, нельзя признать верными. Ссылка на то, что такое увеличение затрат на пар может быть компенсировано эффектом снижения себестоимости основной продукции, не может быть принята во внимание по следующим причинам: снижение стоимости основной продукции в процессах с образованием ВЭР будет определяться величиной затрат, относимых на ВЭР, и затрат, связанных с их использованием и вычитаемых из себестоимости продукции.

Если себестоимость основной продукции (например, стали) составляет $C_{ст}$, а пара утилизационных установок (на 1 т стали) $C_{п.у}$, причем $C_{п.у} > C_{п.к}$ (пар котельных), то суммарные затраты на сталь и соответствующее количество пара в первом случае будут равны $C_{ст} + C_{п.у}$ и во втором $C_{ст} + C_{п.к}$, причем $C_{ст} + C_{п.у} > C_{ст} + C_{п.к}$. Очевидно, эффективным использование ВЭР будет только при условии $C_{ст} + C_{п.у} < C_{ст} + C_{п.к}$, а значит $C_{п.у}$ не может быть большим, чем $C_{п.к}$. Снижение затрат на основной продукт будет всегда равно величине затрат на продукцию, получаемую от использования ВЭР.

Если стоимость любого продукта определяется величиной средних общественно необходимых затрат, то именно эти затраты будут овеществлены в отходах производства, имеющих определенную потребительную стоимость и поэтому используемых в производстве.

Общеизвестно, что оценка потребительных стоимостей, на получение которых непосредственно не производились затраты (так как они образовались попутно в процессе изготовления основного продукта), осуществляется по стоимости заменяемого эквивалентного по потребительной стоимости другого продукта, на который могут быть направлены затраты прямым счетом. Так как иногда имеется возможность многовариантной замены (по характеру использования, назначению в различных областях производства, сферам потребления и т.д.), оценка по индивидуальной стоимости какого-либо из заменяемых продуктов (полуфабрикатов, сырья, топлива, энергии и т.д.) вряд ли может быть приемлемой, так как

Технико-экономические показатели топливного баланса

Вид топлива	Объем производства (добычи)		Теплотворная способность, 10^6 ГДж/т (1000 м^3 , м^3)	Стоимость добычи (приведенные затраты), руб/т (1000 м^3 , м^3)	Суммарные затраты на добычу, млн. руб.	Стоимость производства (добычи) единицы тепла, коп/ГДж
	млн.т (1000 м^3 , м^3)	млн.т у. т.				
Уголь	750	500	21,7	15,0	11250	0,76
Нефть (включая газовый конденсат)	630	900	42,0	10,0	6300	0,24
Сланцы	50	20	14,7	3,0	150	0,26
Газ	420	500	35,7	10,0	4200	0,28
Торф	30	10	12,6	5,0	150	0,50
Дрова	42	30	21,0	10,0	420	0,47
Всего	-	1960	-	-	22470	0,39

она не будет отражать положение данного заменителя в системе производства различных продуктов.

Очевидно, что только оценка с учетом действия закона стоимости и ее формирования по общественно необходимым затратам будет соответствовать требованиям повышения эффективности общественного производства.

При использовании в расчетах оптовых цен на топливо не учитывается ряд экономических факторов, связанных с получением другими предприятиями освободившихся более эффективных видов топлива, сокращением транспортных издержек, снижением затрат на разработку наименее эффективных месторождений. Экономия газо-мазутного топлива в промышленных печах и котельных приводит к замене этим топливом угля на электростанциях, обычно замыкающих потребление газа и мазута. При этом снижаются на 13—17 % капитальные затраты на котельные, уменьшается на 12—15 % численность обслуживающего персонала, снижается на 15—25 % удельный расход электроэнергии на собственные нужды, на 2,0—3,5 % повышается к.п.д. котлоагрегатов. Все эти факторы учтены в замыкающих затратах на топливо, рассчитанных для каждого вида топлива, а также для каждого района. Используя замыкающие затраты в расчетах народнохозяйственной эффективности применения ВЭР, учитывают экономию затрат не только в рассматриваемом

процессе, но и в сопряженных отраслях народного хозяйства страны. Вместе с тем следует отметить, что использование замыкающих затрат на топливо применимо лишь как облегченный методический прием определения экономического эффекта от применения ВЭР и не может служить основанием для определения оценки стоимости ВЭР. Только оценка по общественно необходимым затратам труда на единицу потребительной стоимости ВЭР представляется правильной. Наличие ренты никак не меняет закона формирования стоимости продукта и ее содержания. Стоимость всех продуктов в общественном производстве определяется не индивидуальными затратами (например, замыкающими), а средними общественно необходимыми.

Оценка ВЭР (как и любых других отходов производства) по замыкающим затратам не приемлема по ряду соображений: 1) не соблюдаются требования закона повышения эффективности (закона экономии рабочего времени) общественного производства, так как оценка по замыкающим затратам не меняет суммарной стоимости общественного продукта — сколько сэкономлено затрат, столько же и прибавлено с включением ВЭР; 2) ВЭР реально в каждом конкретном случае могут вытеснить любое первичное топливо (даже кокс), поэтому оценка и эффект использования в каждом районе будут разными; 3) единство методики требует, чтобы замыкающее топливо было единым независимо от районов (следовательно, наиболее дорогим для всей страны), так как стоимость любого продукта единая для всего общественного производства. В таком случае эффект от использования ВЭР всегда был бы преувеличенным и не отражал действительного снижения стоимости общественного продукта.

Поэтому ВЭР, как и другие вторичные теплоэнергоотходы (коксовый газ, доменный газ и т.д.), должны оцениваться по средним затратам на единицу тепла всех видов топлива (энергии) в соответствии с их потребительной ценностью (теплотехнической, технологической и т.д.). При этом эффект от использования ВЭР будет определяться степенью снижения стоимости единицы тепла в топливно-энергетическом балансе страны. О том, что при такой оценке соблюдаются требования повышения эффективности производства, дают представление схематичный и условный расчеты.

Предположим, что в данный момент топливный баланс представлен технико-экономическими показателями, приведенными в табл.19. Если, например, часть угля будет заменена дополнительными ВЭР по оценке угля (замыкающие затраты), то средние затраты на единицу тепла не изменятся; между тем, очевидно, что при этом обществу единица тепла будет стоить меньше, так как в баланс включаются ВЭР и исключается, допустим, уголь. Так, если в топливном балансе страны будет дополнительно использовано 200 млн.т у. т. ВЭР (при полном использовании вторичных ресурсов в результате внедрения безотходной технологии), то при оценке единицы тепла во вторичных ресурсах по средним затратам. (0,39 коп./ГДж) суммарные затраты на производство (добычу)

всех видов топлива (включая вторичное) сократятся на следующую величину:

$$22470 - (11250 - 6750) + 3280 = 21250 \text{ млн.руб.},$$

где 22470 млн.руб. — суммарные затраты на производство (добычу) топлива без использования вторичных ресурсов;

11250 млн.руб. — затраты на добычу 750 млн.т угля (без использования в балансе вторичных ресурсов);

6750 млн.руб. — затраты на добычу 450 млн.т угля при замещении угля в топливном балансе вторичными ресурсами (200 млн.т у. т.);

3280 млн.руб. — оценка 200 млн.т у. т. вторичных энергетических ресурсов по средним затратам (0,39 коп/ГДж).

Следовательно, народнохозяйственная экономия в приведенном выше примере составит 1220 млн. руб. (22470 — 21250) и средняя стоимость производства (добычи) единицы тепла 0,35 коп/ГДж, т.е. снизится на 0,026 коп/ГДж.

Таким образом, народнохозяйственная эффективность ВЭР выразится в снижении средних общественно необходимых затрат на единицу тепла. По такой оценке из стоимости продукта, при производстве которого образуются и используются ВЭР, вычитается стоимость ВЭР. Эффект от использования ВЭР будет складываться из величины снижения себестоимости продукции и разницы между оценкой ВЭР по средним затратам на единицу тепла и индивидуальной стоимостью заменяемого топлива, а это и составит полную стоимость заменяемого топлива, в данном случае замыкающего топливный баланс по затратам труда. Поэтому при исчислении абсолютной величины эффекта вполне можно пользоваться таким методическим приемом, как определение его непосредственно по замыкающим затратам. Однако это не означает, что ВЭР являются носителем стоимости замыкающего топлива, т.е. оценка эффективности ВЭР по замыкающим затратам не относится к принципам оценки ВЭР.

Замыкающие затраты на топливо могут использоваться в расчетах сравнительной эффективности использования ВЭР для выбора варианта производства энергии между утилизационной установкой и котельной (или ТЭЦ) как для действующих, так и для вновь проектируемых предприятий. Они наиболее полно отражают экономию реальных народнохозяйственных затрат на единицу сэкономленного топлива в каждом конкретном районе страны на различных этапах планирования.

Вопрос о включении стоимости ВЭР в себестоимость энергии, вырабатываемой утилизационными установками, и учете затрат на сэкономленное топливо должен решаться дифференцированно в зависимости от назначения экономического расчета. При определении себестоимости вырабатываемой энергии для установления внутривозвратных цен на пар целесообразно учитывать потребительную стоимость ВЭР, которая является частью потребительной стоимости продуктов технологической переработки. При этом на стоимость ВЭР следует относить часть затрат с поступающих в печь продуктов — источников энергии (топлива, тепло-

выделяющей шихты) пропорционально их эксергиям с учетом требуемого потенциала энергоносителя на выходе из утилизационной установки.

4. Оценка основных направлений использования вторичных энергоресурсов

В зависимости от масштабов производства и технологической схемы предприятия имеют различные соотношения выхода вторичных энергоресурсов и потребностей в тепловой и электрической энергии. Оптимальные направления использования вторичных энергетических ресурсов должны определяться при достижении максимального экономического эффекта и в зависимости от потребностей предприятия в различных видах энергии. Имеющиеся на предприятиях вторичные энергоресурсы обычно позволяют вырабатывать пар энергетических параметров, в то время как для целей теплоснабжения теплоносители могут иметь более низкий потенциал. Тем самым в зависимости от энергетического баланса предприятий создается возможность вырабатывать электрическую энергию по теплофикационному или конденсационному циклу.

Кроме того, необходимо учитывать, что выход вторичных энергоресурсов часто превышает потребности предприятий в теплотенергии, особенно в летнее время, когда тепловая нагрузка снижается до 30% от потребностей в тепле в зимние месяцы. Поэтому исследование вопросов производства электроэнергии за счет вторичных энергоресурсов с экономических позиций, которое направлено на обеспечение их полного использования, представляет большой практический интерес. В связи с этим возникает необходимость экономического сопоставления эффективности различных направлений использования вторичных энергоресурсов.

Эффективность выработки теплотенергии в утилизационных установках при раздельной схеме энергоснабжения может быть установлена по формуле

$$\mathcal{E}_p = B_k \mathcal{Z}_T + Q (C_z - C_y) + E_n (K_z - K_y) N, \text{ тыс. руб.}; \quad (25)$$

- где B_k — экономия топлива в замещаемых установках (в котлах), тыс. т у.т.;
 $\mathcal{Z}_T$ — замыкающие затраты на топливо, руб/т у.т.;
 Q — количество тепла, получаемое от утилизационной установки, ТДж;
 C_z и C_y — соответственно удельные расходы на эксплуатацию энергетических установок (без учета затрат на топливо) и утилизационных установок, руб/ГДж;
 K_z и K_y — соответственно удельные капитальные затраты на замещаемые и утилизационные установки, тыс. руб/ (ГДж/ч);
 N — часовая производительность утилизационной установки, ГДж/ч;
 E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Экономия капитальных затрат в замещаемых установках ΔK_z имеет место в случае строительства нового предприятия или когда утилиза-

ционная установка не имеет дублирующей мощности на действующем предприятии. Экономия эксплуатационных затрат ΔC_3 в котельных учитывается полностью, если в результате утилизации тепла можно отказаться от строительства новой котельной или удастся полностью закрыть действующую котельную. При частичном сокращении производства пара экономия затрат на котельной достигается только за счет снижения расхода топлива и некоторых прямых затрат на вырабатываемый пар, например расходов на питательную воду.

При комбинированной схеме энергоснабжения эффективность использования вторичных энергоресурсов снижается вследствие сокращения отбора пара из турбин ТЭЦ и увеличения расхода топлива для производства электроэнергии по конденсационному циклу на величину B_T (тыс. т у.т.), определяемую по формуле

$$B_T = 0,143(Q_Y; \eta_3)(1 - \epsilon), \quad (26)$$

где Q_Y — количество тепловой энергии, вырабатываемой утилизационной установкой, ТДж;

η_3 — к.п.д. котельных ТЭЦ;

ϵ — коэффициент ценности замещаемого отбора.

Вместе с тем очевидно, что снижение эффективности утилизации тепла зависит от времени, через которое отборы пара из турбин ТЭЦ будут вновь восстановлены новыми потребителями. Уменьшение отбора пара от турбин ТЭЦ действует ограниченное время, определяемое 1 — 3 годами, в течение которого появляются дополнительные потребители энергии. С учетом фактора времени формула для расчета экономической эффективности выработки пара на утилизационных установках будет иметь вид, тыс. руб.:

$$Z_n = B_K Z_T - B_{TЭЦ} Z_T [1 - 1 : (1 + E_{н.пр}) T] - Q C_Y - E K_Y, \quad (27)$$

где $E_{н.пр}$ — нормативный коэффициент приведения по фактору времени, принимаемый равным 0,08;

T — время, через которое будут восстановлены отборы пара от турбин ТЭЦ, лет.

Эффективность выработки электроэнергии за счет использования вторичных энергоресурсов (Z_3) определяется по выражению, тыс. руб.:

$$Z_3 = W(Z_3 - C_Y^3), \quad (28)$$

где W — количество вырабатываемой электроэнергии, тыс. МВт · ч;

Z_3 — замыкающие затраты на выработку электроэнергии, руб/(МВт · ч);

C_Y^3 — приведенные затраты на выработку электроэнергии за вычетом утилизации тепла, руб/(МВт · ч).

На металлургических предприятиях имеется ряд технологических агрегатов, утилизационные установки которых могут вырабатывать только насыщенный пар, что относится, в частности, к системам испарительного охлаждения и котлам-утилизаторам, расположенным за конверторами. Поэтому большой интерес представляет оценка влияния на эффективность выработки электроэнергии на тепловом и конденсацион-

ном режиме перегрева этого пара в отапливаемом центральном пароперегревателе. Расчеты экономии топлива и экономической эффективности утилизации тепла при различных направлениях использования вторичных энергоресурсов позволяют наметить пути наиболее эффективной утилизации вторичных энергоресурсов.

Выработка электроэнергии по теплофикационному циклу всегда приводит к повышению экономического эффекта от утилизации тепла даже в случае необходимости перегрева пара в центральном пароперегревателе. Если вырабатываемый в утилизационных установках пар не может быть использован для теплоснабжения, эффективным направлением его использования может быть выработка электроэнергии по конденсационному циклу. При выработке электроэнергии на конденсационном режиме перегрев пара, хотя и приводит к экономии топлива, но экономическая эффективность с точки зрения производства энергетической продукции низкая. Вместе с тем охлаждение газов и испарительное охлаждение имеют определенную технологическую эффективность и будут осуществляться независимо от энергетической эффективности утилизации тепла. В этих условиях обнаруживается высокая экономическая эффективность использования пара для производства электроэнергии путем перегрева его в центральном пароперегревателе по сравнению со сбросом насыщенного пара в атмосферу.

Расчеты показывают, что экономически целесообразно вырабатывать в утилизационных установках пар энергетических параметров, при необходимости организуя его перегрев в центральном пароперегревателе, и направлять пар в турбины для выработки электроэнергии, а теплоснабжение осуществлять из отборов пара или противодавлений турбин.

5. Методические вопросы учета затрат в теплоутилизационном производстве

Проблема использования вторичных тепловых энергетических ресурсов за последние 10 — 15 лет стала объектом многочисленных исследований. Однако экономические аспекты проблемы разработаны далеко не полностью. До сих пор в основном обсуждался вопрос оценки экономической эффективности утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов на отраслевом уровне. При этом предполагались известными затраты на утилизацию единицы вторичного тепла и считалось, что эта единица, будучи полезно использованной, вытеснит из топливно-энергетического баланса предприятия эквивалентное количество первичного топлива.

Неясным остается, как именно складываются затраты в теплоутилизационном производстве: какое из производств в них участвует и в какой степени, а также какую оценку получает утилизационная теплоэнергия в теплоэнергетическом хозяйстве завода. Бесспорно, что в конечном счете экономическая эффективность утилизации определяется экономией первичного топлива в народном хозяйстве. Но эта экономия в каждом конкретном случае зависит от условий производства утилизационной тепловой энергии, состояния теплоэнергетического хозяйства и схемы

энергоснабжения предприятия. Проблема тепловых вторичных энергетических ресурсов — это проблема прежде всего внутризаводская и основные вопросы утилизации тепла должны решаться на этом уровне.

Выделим подразделения металлургического предприятия, имеющие отношение к теплоутилизационному производству. С одной стороны, теплоутилизационная техника — органичная часть основного металлургического производства, необходимый элемент большинства его технологических агрегатов. Это касается не только систем испарительного охлаждения, которые тоже следует отнести к утилизационной технике, но и котлов-утилизаторов, установок сухого тушения кокса и прочих теплоутилизационных устройств, поскольку они заметно улучшают показатели работы обслуживаемого агрегата. Например, установка котлов-утилизаторов за мартеновскими печами повышает их производительность на 2 — 3% вследствие улучшения тягодутьевого режима, уменьшает расход воды в 2 — 2,5 раза на газоочистные устройства, уменьшает расход электроэнергии на привод эксгаустеров на 20 — 30% вследствие уменьшения количества отходящих газов и пр. Применение установок сухого тушения кокса повышает качество кокса и увеличивает производительность смежного доменного производства, разрешает вопросы защиты окружающей среды.

С другой стороны, появление и развитие теплоутилизационного производства приводит к сдвигу в теплоэнергетическом балансе предприятия. Если до этого единственным источником теплоэнергии было специализированное энергопроизводство (заводская ТЭЦ и промкотельные), то теперь теплоэнергетическое хозяйство предприятия развивается во взаимодействии двух источников теплоэнергии: центрального, специализированного и рассредоточенного, теплоутилизационного. Независимо от того, к чему в конечном счете приведет этот сдвиг, решение проблемы использования тепловых вторичных энергетических ресурсов следует искать именно в нем и, следовательно, экономика теплоутилизационного производства должна отражать достигнутое состояние теплоэнергетического хозяйства предприятия.

Таким образом, экономические параметры теплоутилизационного производства складываются во взаимодействии следующих производств металлургического предприятия: теплосилового цеха, в ведении которого находится теплоутилизационное оборудование со специализированным энергохозяйством, и основного производства. При этом основным являются взаимоотношения со специализированным энергохозяйством. Пока ТЭЦ остается основой теплоэнергетического хозяйства предприятия, утилизационный пар должен оцениваться по условиям замещения им пара ТЭЦ. При этом определяется полная экономическая оценка утилизационного пара, т.е. тот уровень затрат на утилизацию, который завод может признать оправданным. Эта оценка, кроме эксплуатационных затрат на утилизацию, содержит так называемую топливную составляющую, которая в настоящее время является источником взаимных расчетов экономически обособляемых установок теплоутилизации с основным производством. Если считать, что тепловые ВЭР обладают стоимостью, то

она должна вычитаться из стоимости основной продукции. Чтобы соблюсти методическую последовательность, необходимо отметить, что тепловые ВЭР обладают потребительной стоимостью. И если тепловые ВЭР являются условием процесса теплоутилизации и источником энергетической продукции, то они обладают стоимостью. Последнее позволяет стимулировать полное использование ВЭР, которое реализуется на начальном этапе в совершенствовании утилизации и достижении принципа безотходности производства, а в развитой технической системе — в создании безотходной технологии, так как она исключает затраты по утилизации ВЭР. Безотходная технология должна свести к минимуму образование ВЭР, т.е. обеспечить полное использование тепла в основном процессе.

Само наличие тепловых вторичных энергетических ресурсов является одним из условий для получения утилизационного пара. Если тепловые ВЭР образуются в виде отходящих газов, то важными дополнительными условиями осуществления процесса утилизации являются снижение их запыленности и ритмичность выхода из основного производства. Поэтому основное производство должно экономически поощряться не за то, что оно отдает остаточное тепло на его утилизацию (не полностью использует энергию минерального топлива в технологическом процессе), а за то, что оно обеспечивает необходимые условия для нормальной работы утилизационного оборудования. Именно на этом должны строиться взаимоотношения теплосилового цеха и основного производства. Изложенный подход реализуется в методике учета затрат и эффекта в производстве утилизационной тепловой энергии, разработанной в Московском институте стали и сплавов и сводящейся к следующему.

Результатом работы утилизационного оборудования являются два вида эффекта: энергетический, определяемый оценкой единицы утилизационного пара по условиям замещения им пара ТЭЦ $O_{y.n}$, и технологический — эффект в основном производстве $\mathcal{E}_t$, получаемый в результате функционирования утилизационного оборудования. Фактические затраты на эксплуатацию утилизационного оборудования C_{ϕ} разносятся между теплосиловым цехом $C_{т.ц}$ и основным производством $C_{осн}$ пропорционально этим эффектам по формуле

$$C_{т.у} = C_{\phi} W O_{y.n} / (W O_{y.n} + \mathcal{E}_t), \quad (29)$$

где W — фактическая выработка утилизационной теплоты, ГДж.

Как видно из формулы (20), по мере совершенствования утилизационного оборудования, повышения параметров пара, увеличения выхода пара, т.е. по мере того, как утилизационное устройство превращается в специализированный энергетический агрегат, доля затрат, относимая на теплосиловую цех, увеличивается.

Разница между оценкой утилизационного пара и затратами, отнесенными на теплосиловую цех, т.е. общая расчетная прибыль $\Pi_{общ}^P$ тоже распределяется между теплосиловым цехом и основным производством. Это распределение в отличие от распределения затрат по формуле (20)

Таблица 20

Фактические и расчетные технико-экономические показатели
утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов
по металлургическому заводу мощностью 3,5 млн. т стали

Показатели	Фактические показатели	Расчетные показатели при фактическом уровне утилизации
Возможная утилизация тепловых вторичных энергетических ресурсов		
M , ГДж	6864,0/1705,2	6864,0/1705,2
Фактическая выработка утилизационной теплоэнергии W , ГДж	4206,3/1390,2	4206,3/1390,2
Эффект в основном производстве		
$Э_T$, тыс. руб.	788,4/851,9	788,4/851,9
Фактические эксплуатационные затраты на утилизационные установки без топливной составляющей C_{Φ} , руб/ГДж	0,72/0,04	0,72/0,04
Оценка утилизационного пара		
$O_{y.п.}$, руб/ГДж	—	0,69/0,43
Коэффициент отнесения затрат на паросиловой цех	1,0/1,0	0,787/0,414
Себестоимость утилизационного пара без топливной составляющей, отнесенная на теплосиловой цех		
$C_{т.ц.}$, руб/ГДж	0,72/0,04	0,57/0,015
Расчетная общая оценочная прибыль		
$\Pi_{общ}^P$, тыс. руб.	—	530,8/581,1
Расчетная оценочная прибыль, отнесенная на теплосиловой цех		
$\Pi_{ц.}^P$, тыс. руб.	—	325,3/473,8
Расчетная оценочная прибыль, отнесенная на основной цех $\Pi_{осн}^P$, тыс. руб.	—	205,5/107,3
Топливная составляющая в себестоимости пара теплосилового цеха (плата за тепловые вторичные энергетические ресурсы)		
$\Pi_{о.ц.}^P/W$, руб/ГДж	0,25/0,27	0,05/0,08
Подная себестоимость пара теплосилового цеха, руб/ГДж	0,98/0,31	0,62/0,09

Примечание. В числителе — показатели пара котлов-утилизаторов ($P = 1 \text{ МПа}$), в знаменателе — то же, систем испарительного охлаждения ($P = 0,25 \text{ МПа}$).

должно отражать участие названных подразделений в повышении степени утилизации и осуществляется следующим образом:

$$\Pi_{осн}^P = \Pi_{общ}^P W/M, \quad (30)$$

где $\Pi_{осн}^P$ — часть общей расчетной прибыли, перечисляемая основному производству, руб.;

M — возможная утилизация тепловых вторичных энергетических ресурсов, ГДж.

Таким образом, если подвести полный баланс для обоих подразделений, то общий эффект теплосилового цеха $\mathcal{E}_{т.у}^0$ на 1 ГДж теплотенергии определится по формуле

$$\mathcal{E}_{т.у}^0 = O_{у.п} - C_{т.ц} - P_{осн}^p / W, \quad (31)$$

а общий эффект основного производства

$$\mathcal{E}_{осн}^0 = \frac{\mathcal{E}_т}{W} - C_{осн} + P_{осн}^p / W. \quad (32)$$

Как видно, выражение $P_{осн}^p / W$ представляет собой то, что сейчас называют "платой за физическое тепло".

Фактические и расчетные показатели утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов по металлургическому заводу мощностью 3,5 млн. т стали в год для установленного утилизационного оборудования приведены в табл. 20. Из приведенных данных следует, что предлагаемые методические положения имеют существенное значение для учета интереса подразделений предприятия, имеющих отношение к утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов. Они обеспечивают более правильное распределение затрат и эффектов от внедрения утилизационных устройств между основными подразделениями предприятия и теплосиловым цехом, стимулируют производство пара более высоких параметров и полное рациональное его использование.

Подобный подход может быть полезен для внутризаводских расчетов, связанных с любым другим побочным производством, продукция которого потребляется внутри завода и заменяет собой традиционную (например, улавливание и использование металлургических графитов и прочих уносов, освещение и повторное использование воды грязных оборотных циклов).

Глава IV

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ТОПЛИВА И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

1. Развитие доменного производства.

Факторы, определяющие уровень топливно-энергетических затрат в металлургии

Черная металлургия как никакая другая отрасль непосредственно связана с природными ресурсами. Эта материально-техническая особенность обусловила определяющую зависимость экономических показателей черной металлургии от состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы. Мощные потоки железных руд и концентратов, марганцевой руды, известняка, топлива, энергии и т.д. в значительной мере перекрещиваются в доменном производстве, и аккумулированные в них затраты труда сосредоточиваются в основном продукте доменной плавки — чугуна.

Для того, чтобы в 1978 г. выплавить 111 млн. т чугуна (в перерасчете на передельный), 151 млн. т стали и произвести 122,5 млн. т проката и

труб, черная металлургия переработала свыше 480 млн. т железной (сырой) и 20 млн. т марганцевой руды, произвела более 200 млн. т агломерата и окатышей, 90 млн. т кокса и др.

Вследствие такой высокой материалоемкости доменного производства в себестоимости готового проката 60 — 70% составляют затраты, связанные с выплавкой чугуна. Именно поэтому высокие темпы технического прогресса в черной металлургии заставляют все в большей мере обращаться к проблемам развития доменного производства.

Большой интерес доменный процесс вызывает в связи с тем, что он непосредственно связан с природными ресурсами и именно он обуславливает в черной металлургии столь значительные объемы различных видов отходов и побочной продукции, среди которых особо важную роль играют топливно-энергетические вторичные ресурсы. Следовательно, поиски безотходной технологии или производства должны вестись, начиная с детального технико-экономического анализа доменного производства.

Все более глубокий экономический интерес к доменному производству вызван тем, что, по мнению некоторых специалистов, этот процесс еще не полностью исчерпал свои возможности.

Изучаемые в настоящее время внедоменные процессы и прежде всего процессы прямого восстановления осуществляются с помощью различных восстановительных сред и дают разное качество конечного продукта — жидкий металл или заменитель твердого лома. Но во всех этих процессах восстановительной средой являются газовое топливо или твердое естественного качества горючее, добыча или производство которых в настоящее время относительно недороги. Следовательно, единым для внедоменных процессов является прежде всего стремление к устранению дорогого и дефицитного кокса. Кроме того, процесс производства самого кокса дорог конструктивно, поскольку процессы коксования технологически малоэффективны.

Таким образом, высокая стоимость кокса вызывает некоторые экономические затруднения доменного производства. Однако и в настоящее время доменный процесс — наиболее экономичный и он будет таковым на обозримую перспективу при условии дальнейшего его развития.

Поскольку основная доля первичных затрат в металлургии падает на доменное производство, то повышение его эффективности является наиболее важным средством повышения эффективности черной металлургии в целом. Значительное место в экономике черной металлургии занимает рациональное использование побочной продукции и отходов, большую часть которых дает доменное производство: доменный газ, шлаки, пар систем испарительного охлаждения (СИО), а также избыточное давление колошниковых газов. Их полное использование представляет собой по существу важнейшее звено безотходного производства в черной металлургии. Технический прогресс в доменном производстве, в подготовке сырья и топлива, в использовании различных видов сырья и топлива и т.д., кроме совершенствования и повышения эффективности доменного производства, оказывает влияние на качество и количество побоч-

ной продукции и отходов и тем самым на экономику рационального их использования.

Наряду с решением многих технико-экономических проблем, повышение эффективности доменного производства в значительной мере определяется совершенствованием топливopотребления, поскольку затраты на топливо в себестоимости чугуна составляют около 40% всех затрат (табл. 21). Это обусловлено как высоким расходом топлива в доменном производстве, так и высокой стоимостью кокса, более чем в 2 раза превышающей стоимость эквивалентных по теплу других видов топлива (природного газа, угля, нефти и др.).

Экономическая целесообразность производства кокса обусловлена определенными требованиями работы современных доменных печей, поскольку эффективная работа доменных печей как технологических и теплотехнических агрегатов в настоящее время возможна лишь на специальном углеродистом горючем самого высокого качества с определенными механическими, физическими и химическими свойствами.

Топливо-энергетические затраты в доменном производстве

Металлургический завод, комбинат	Технологическое топливо				Топливо на нагрев тыс. м ³	
	расход кокса (сухого), т	потери от измельчения, т	расход природного газа, тыс. м ³	расход итого т у.т.	доменный газ	коксовый газ
Западно-Сибирский	0,557	0,055	—	0,546	0,489	0,031
	0,541	0,043		0,559	0,487	0,017
Челябинский	0,607	0,046	0,063	0,668	0,709	—
	0,579	0,035	0,107	0,693	0,627	0,001
Магнитогорский	0,545	0,032	0,052	0,593	0,724	0,006
	0,455	0,035	0,097	0,561	0,512	0,041
Новолипецкий	0,489	0,033	0,091	0,576	0,571	—
	0,454	0,033	0,137	0,607	0,490	—
Череповецкий	0,457	0,026	0,074	0,551	0,519	0,018
	0,438	0,029	0,113	0,565	0,465	—
"Запорожсталь"	0,506	0,035	0,086	0,586	0,572	—
	0,478	0,036	0,107	0,599	0,564	—
Макеевский	0,564	0,034	0,066	0,662	0,803	—
	0,534	0,026	0,101	0,646	0,620	—

* В числителе — данные за 1968 г., в знаменателе — за 1978 г.

** За вычетом реализуемого газа.

Помимо кокса при коксовании получают также ценные побочные продукты — коксовый газ и содержащиеся в нем извлекаемые химические вещества, которые оказывают существенное влияние на экономику коксохимического производства, а также тепло сухого тушения кокса. Однако ценность побочной продукции коксования в настоящее время снижается, так как у них появился мощный экономический конкурент — природный газ, который и как газовое топливо, и как химическое сырье в большинстве случаев более эффективен. Это подтверждается и зарубежной практикой: в США за счет снижения рыночных цен реализация побочной продукции в расчете на каждую тонну угля, идущего на коксование, постепенно снижалась в последние 20 лет, в то время как до этого тенденция была противоположной.

Высокая стоимость кокса вызывает экономические затруднения доменного производства — одновременно удорожает чугун и ухудшает позиции доменного производства по соревнованию с внедоменным получением металла, которое ориентируется на дешевые энергоносители.

Таблица 21

на ряде металлургических заводов в 1968 — 1978 гг. *

воздухонагревателей,		Всего топлива, т у.т.	Доля затрат на топливо в себестоимости чугуна, %				Всего затрат на топливо, ** руб.—коп.
природный газ	итого топлива		технологическое	на нагрев воздухо-нагревателей	реализуемый доменный газ (—)	итого	
—	0,071	0,617	26,2	0,90	2,5	24,6	12 — 72
	0,057	0,619	26,0	0,86	2,1	24,8	13 — 95
—	0,101	0,769	40,9	0,20	3,7	37,4	18 — 20
	0,080	0,773	40,5	0,17	3,5	37,2	22 — 30
—	0,101	0,694	48,8	0,20	2,8	46,2	17 — 85
	0,065	0,666	47,8	0,14	2,2	45,7	25 — 38
0,007	0,081	0,657	45,5	0,40	2,4	43,5	22 — 93
—	0,063	0,670	45,9	0,36	2,2	44,1	26 — 47
—	0,074	0,625	39,5	0,40	1,5	38,4	19 — 56
	0,059	0,625	40,1	0,40	1,5	39,0	22 — 36
0,008	0,082	0,668	47,4	0,40	2,5	45,3	23 — 22
0,010	0,072	0,671	47,9	0,41	2,6	45,7	24 — 76
—	0,114	0,776	49,9	0,20	2,3	47,8	25 — 34
0,001	0,088	0,734	48,9	0,20	2,3	46,8	27 — 61

В настоящее время доменный процесс — наиболее экономичный и он будет таковым еще продолжительное время, если среди других проблем его развития будет осуществлено снижение топливозергоемкости, которое может производиться по трем направлениям: 1) уменьшения стоимости доменного кокса; 2) снижения удельного топливозергопотребления в доменных печах; 3) использования недорогих заменителей кокса.

Высокая абсолютная стоимость металлургического кокса обусловлена рядом причин объективного и субъективного характера. К проблемам объективным относятся: ухудшение природных условий добычи в связи с увеличением объема добычи и в известной мере истощением находящихся близко к поверхности разведанных ресурсов коксующихся углей; ухудшение качества добываемых углей, что связано с дополнительными затратами на их обогащение; неравномерное размещение запасов по территории страны, а это вызывает увеличение транспортных издержек и др.

Стоимость кокса определяется также высокой трудоемкостью добычи угля, так как около 60% затрат в угольной промышленности падает на заработную плату. Себестоимость добычи углей, идущих на коксование, и, соответственно, стоимость кокса как технологического топлива значительно выше, чем других видов топлива. К тому же она не снижается, как себестоимость других видов топлива, а даже повышается, что обусловлено не только высокой стоимостью коксующихся углей и затратами на их обогащение, но и необходимостью удовлетворения повышенных требований к качеству кокса — хорошей газопроницаемости (пористости), высокой механической прочности, сопротивления истиранию, низкой зольности и сернистости, что связано с большими дополнительными затратами.

К субъективным факторам можно отнести недостаточное использование в коксовой шихте углей недефицитных и недорогих марок, отставание развития процессов обогащения угля от растущих требований металлургического производства, неудовлетворительные темпы технического развития коксования и др.

До настоящего времени мало что дали попытки использования в доменной плавке недорогих твердых заменителей металлургического кокса — феррококса, буроугольного кокса и т.д. Ни один из этих видов топлива не мог быть успешно использован даже в низкошахтных печах. Исследования работы современных доменных печей с высокоинтенсифицированными процессами подтверждают представление металлургов о том, что высококачественный кокс — пока что единственное горючее, которое может удовлетворять всем требованиям работы доменных печей. В связи с этим экономии металлургического кокса как в доменном производстве, так и у прочих потребителей уделяют большое внимание.

Потребление кокса в черной металлургии неуклонно возрастает. Если в 1960 г. на выплавку чугуна было израсходовано примерно 33 млн. т кокса, то в 1975 г. около 55 млн. т и в 1979 г. — более 60 млн. т; а это

означает, что черная металлургия расходует только на кокс более 2,5 млрд. руб. в год. Это обстоятельство обуславливает необходимость разработки мероприятий по удешевлению металлургического кокса. Для этой цели в коксовую шихту вовлекаются все новые марки сравнительно дешевых углей, считавшиеся до сих пор малопригодными или даже непригодными для коксования (с точки зрения получения металлургического кокса, удовлетворяющего по своим качествам требованиям современных доменных печей), создаются установки сухого тушения кокса (УСТК), использующие тепло горячего кокса и др. Однако значительного удешевления кокса вряд ли можно ожидать, так как уже сегодня для добычи коксующихся углей приходится спускаться на все более низкие горизонты, глубже обогащать угли, идущие на коксование и т.д., что сопряжено с дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами.

Перечисленные выше мероприятия, направленные на снижение затрат на кокс, а следовательно, и на чугун, не оказывают существенного влияния на повышение экономичности производства чугуна. Более эффективным является снижение затрат на топливо при выплавке чугуна путем сокращения его удельного расхода. Снижение затрат на топливную составляющую производства чугуна достигается не только и не столько удешевлением производства кокса (здесь возможности весьма ограничены), сколько совершенствованием техники и технологии самого доменного процесса и процессов обогащения железорудной составляющей шихты, что обусловило достигнутое снижение удельного расхода кокса. При росте выплавки чугуна в 1978 г. (111 млн. т) по сравнению с 1965 г. (66,2 млн. т) почти на 70% потребление кокса на эти цели возросло только на 20%.

Технический прогресс в доменном производстве за последние 20 — 25 лет дал возможность снизить расход скипового кокса на 1 т чугуна в нашей стране с 935 кг на 1950 г. до 711 кг в 1960 г., 575 кг в 1970 г., 522 кг в 1975 г. и 515 кг в 1978 г.

Ниже приведены данные о внедрении прогрессивной технологии в доменном производстве в 1960 — 1978 гг.:

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
Доля агломерата и окатышей в железорудной шихте, %	79,2	90,8	92,2	93,1	95,7
Известняк сырой в доменных печах, кг/т	245	80	39	38	38
Доля чугуна, выплавленного с применением кислорода, %	3,9	31,9	56,1	75,4	79,7
Расход кислорода на 1 т чугуна, выплавленного с применением кислорода, м ³	Нет св.	57,5	71,6	94,0	116,0
Выплавка чугуна с повышенным давлением под колошником, %	84,3	93,2	96,0	97,2	97,8

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
В том числе с избыточным давлением более, МПа	31,8	64,1	75,2	79,1	81,2
Температура дутья, °С:					
средняя	1008	1029	1038	1052	1075
максимальная	1048	1120	1200	1299	1217
Доля чугуна, выплавленного с применением природного газа, %	41,3	79,3	85,9	83,6	84,4
Расход природного газа на 1 т чугуна, выплавленного с применением природного газа, м ³	88,9	80,8	82,4	94,0	103,0

Экономии кокса уделяется большое внимание практически во всех странах, имеющих черную металлургию. Хотя по этому показателю СССР несколько и уступает Японии и ФРГ, но имеет значительно лучшие данные, чем США.

Ниже приведен удельный расход кокса на выплавку чугуна в ряде капиталистических стран в 1950 — 1978 гг., кг/т:

	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1975 г.
ФРГ	947	835	558	497
Япония	990	619	479	444
Франция	992	971	626	Нет св.
США	922	758	631	596
Англия	1027	825	625	Нет св.

Значение сокращения удельного расхода кокса видно из следующего примерного расчета: снижение расхода доменного кокса на 1 т чугуна в нашей стране в 1978 г. на 0,01 т даст годовую экономию более 1 млн. т кокса или более 40 млн. руб. только на эксплуатационных издержках в доменном производстве.

Высокий непроизводительный расход тепла в доменном производстве во всех вариантах его осуществления (рис. 8) обуславливает необходимость его дальнейшего технического развития в направлении сокращения безвозвратных потерь тепла. Это может быть обеспечено различными путями, среди которых наиболее прогрессивным является интенсификация процессов, что снижает удельные потери тепла и унос тепла с "балластными" компонентами процесса — шлаком и газом.

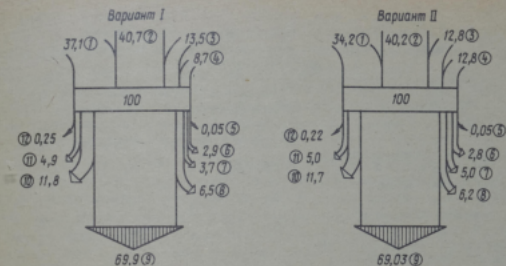
Основными направлениями технического прогресса в доменном производстве, способствовавшими экономии кокса при выплавке чугуна за период 1960 — 1978 гг. и обусловившими сдвиги в производстве и использовании побочной продукции и отходов, являлись:

рационализация сортамента выплавляемых чугунов за счет сокращения выплавки литейного чугуна и доменных ферросплавов;

совершенствование конструкций и повышение мощности доменных печей;

улучшение подготовки железорудной шихты;

применение кислорода и частичная замена кокса различными углерод-



Р и с. 8. Тепловые балансы доменной плавки при различных вариантах дутья, % (I — на атмосферном дутье; II — на дутье, обогащенном кислородом до 35 %): 1 — окисление C в CO_2 ; 2 — окисление CO в CO_2 ; 3 — теплосодержание дутья; 4 — окисление H_2 в H_2O ; 5 — разложение карбонатов; 6 — внешние потери; 7 — разложение влаги дутья и компонентов вдуваемого газа; 8 — теплосодержание влажного колошникового газа; 9 — восстановление; 10 — теплосодержание чугуна; 11 — теплосодержание шлака; 12 — тепло испарения влаги

содержащими реагентами (газообразными, жидкими и измельченными твердыми);

повышение степени нагрева доменного дутья и повышение давления газа в рабочем пространстве печи.

В табл. 22 приведены усредненные показатели, выражающие влияние перечисленных направлений технического прогресса на производительность печи и расход кокса, полученные на основе анализа большого количества производственно-технических заводских материалов, а также проведенных за последние годы исследований.

За период 1960 — 1978 гг. доля передельного чугуна в СССР увеличилась в общей выплавке чугуна почти на 10%, доля литейного чугуна уменьшилась более чем на 6,0%, а доменных ферросплавов уменьшилась втрое (табл. 23).

Для современного доменного производства является характерным увеличение размеров строящихся печей, увеличение их объема при реконструкции и вывод небольших агрегатов устаревших конструкций. В результате средний полезный объем доменных печей за восьмую пятилетку увеличился с 1040 до 1135 м^3 и за девятую — до 1250 м^3 . В 1978 г. средний полезный объем доменных печей СССР составил около 1300 м^3 .

Увеличение доменных печей является значительным резервом в экономике кокса. Так, по 10 доменным печам СССР объемом более 2000 м^3 средний расход кокса составил в 1978 г. около 480 кг/т, в то время как на остальных печах, работавших в сопоставимых условиях, — около 530 кг/т передельного чугуна. С увеличением объема доменных печей

Таблица 22

Влияние важнейших направлений технического прогресса
в доменном производстве на производительность доменных печей
и удельный расход кокса

Факторы	Увеличение суточной производительности печей, %	Снижение расхода кок- са, кг/т чугуна
Увеличение содержания железа в железорудной шихте на 1 %	1,5 — 2,0	10 — 20
Вывод из шихты сырого известня- ка (10 кг/т чугуна)	0,4 — 0,5	0,3 — 0,5
Отсев мелкой фракции из агломе- рата (0 — 5 мм) на 1%	0,5 — 0,8	0,8 — 1,0
Снижение содержания серы в кок- се на 0,1% (при содержании до 1,8%)	1,5 — 2,5	2 — 3
Снижение золы в коксе на 1%	1,2 — 1,6	1,5 — 2
Снижение выхода шлака на 10 кг/т чугуна	0,2 — 0,3	0,3 — 0,5
Повышение температуры дутья на 10°C при температуре, °C:		
до 1000	0,4	0,7 — 1,5
1000 — 1200	0,2 — 0,4	0,3 — 0,7
Повышение избыточного давления газов под колошником на 10 кПа	0,5 — 1,2	0,5 — 0,8
Вдувание 10 м ³ природного газа на 1 т чугуна:		
без обогащения дутья кисло- родом	0,2 — 0,5	3 — 4
при обогащении дутья кисло- родом	2,5	6,0 — 9,5
то же, 25 — 30% O ₂	1,3	—
Снижение содержания в чугуне на 0,1% :		
кремния	0,6 — 1,2	1,0 — 1,5
марганца	0,3 — 0,5	0,4 — 0,5
Увеличение содержания серы в чугуне на 0,01%	0,5 — 1,5	1,7 — 1,9

Таблица 23

Сортаментная структура выплавляемых чугунов в СССР
и некоторых странах в 1960 — 1978 гг., %

Страна	Передельный чугун			Литейный чугун			Доменные ферро- сплавы		
	1960	1975	1977	1960	1975	1977	1960	1975	1977
СССР	82,3	90,9	91,14	14,8	8,0	7,97	2,9	1,1	0,89
США	92,2	96,5	97,9	6,6	2,5	1,2	1,3	1,0	0,9
Япония	90,5	97,7	98,6	9,5	2,3	1,4	—	—	—
ФРГ	91,3	94,0	94,9	6,4	3,4	4,5	2,3	2,6	0,6

улучшается степень использования окиси углерода и водорода и уменьшаются удельные тепловые потери. Так, при прочих равных условиях строительство доменной печи объемом 5000 м³ по сравнению с печью 2000 м³ характеризуется снижением расхода на 1 т чугуна: кокса на 5,2 — 5,5%, природного газа на 10,7 — 11,2% и кислорода на 10,8%. В результате снижения топливозэнергопотребления и роста производительности себестоимость чугуна сокращается на 1,6 — 1,9 руб/т и удельные капитальные вложения — на 2,6 — 2,8 руб/т.

Улучшение подготовки сырья к доменной плавке (повышение степени обогащения железных руд, улучшение постоянства химического состава, физико-механических и гранулометрических характеристик агломерата и окатышей) является важнейшим фактором повышения экономичности доменного производства. Повышение содержания железа в концентрате на 1% в 1978 г. обеспечило увеличение выплавки чугуна на 2,5 — 3,0 млн. т и снижение расхода кокса примерно на 1 млн. т.

Высокий экономический эффект дает усреднение руд и концентратов. По расчетам Гипромеца, снижение колебаний содержания железа в агломерате с $\pm 1,5$ до $\pm 0,3\%$ в результате улучшения условий стабилизации работы доменной печи обеспечивает рост производительности на 5,8% и снижение расхода кокса на 4,9%. Кроме того, за счет улучшения постоянства состава чугуна улучшаются технико-экономические показатели кислородно-конверторного производства.

Еще более значительная экономия кокса и повышение производительности достигается при производстве неофлюсованных окатышей и использовании их в доменной шихте совместно с высокоосновным агломератом типа железофлюса. В условиях Центра применение в доменной плавке неофлюсованных окатышей обеспечивает снижение себестоимости и удельных капитальных вложений на 1 т чугуна на 3,0 и 3,5% по сравнению с офлюсованными окатышами и 5,0 до 6,0% по сравнению с офлюсованным агломератом. Определенный интерес представляет использование в доменной печи частично восстановленного сырья. По расчетам, использование металлизированных окатышей эффективно, если стоимость восстановителя примерно в 5 раз ниже стоимости кокса.

Доменное производство СССР характеризуется высокой степенью интенсификации процессов. Широко используется высокотемпературное дутье, обогащенное кислородом в сочетании с природным газом. Форсированный режим доменной плавки позволяет снизить удельные потери тепла и унос тепла с балластными компонентами производства — шлаком и газом.

Важнейшим интенсификатором доменного производства служит кислород, применение которого неуклонно возрастает. В 1970 г. в СССР на дутье, обогащенном кислородом, работало 75 доменных печей с общим расходом кислорода 3,5 млрд. м³, в то время как в США расход кислорода составил 383 млн. м³. В настоящее время с обогащением дутья кислородом выплавляется более 2/3 чугуна. В 1978 г. общий расход кислорода на обогащение доменного дутья составил около 10,0 млрд. м³.

Однако эффект от такого мероприятия вначале был незначительным, поскольку обогащение дутья кислородом приводит к сокращению прихода тепла с высоконагретым дутьем, компенсируемого коксом.

В целях сокращения затрат на топливо путем снижения его расхода из доменной печи были вынесены процессы разложения гидратной влаги, известняка и его уголекислоты, на что в печи расходовался дорогостоящий кокс. В настоящее время эти процессы осуществляются на агломерате, где используется более дешевое топливо. В 1978 г. из 262 кг известняка, приходящихся на 1 т передельного чугуна, только 38 кг непосредственно подавались в доменную печь.

Избыточное давление газов под колошником и температура дутья в СССР в среднем выше, чем в других странах. Избыточное давление в СССР применяется на 111 печах и в том числе на 75 печах оно превышает 0,1 МПа, а на ряде заводов оно приблизилось к 0,2 МПа. С применением повышенного давления в 1978 г. выплавлено 97,8% чугуна, в том числе 85% с избыточным давлением более 0,1 МПа. Средняя годовая температура нагрева доменного дутья в 1978 г. составила 1075°C и максимальная 1217°C, что относительно выше, чем в других странах.

Все эти факторы позволили снизить расход сырья и кокса, что привело к соответствующему снижению выхода побочной продукции и отходов производства (коксового и доменного газа, шлака и др.), но дальнейшее влияние этих факторов становится все менее заметным. Поэтому наибольший интерес с точки зрения повышения эффективности производства, в первую очередь снижения топливозергозатрат и, следовательно, издержек на выплавку чугуна, представляет такое прогрессивное направление, как применение заменителей кокса при выплавке чугуна. Опыт работы отечественных и зарубежных доменных печей показывает возможность достижения даже при современном уровне техники расхода кокса 380 — 430 кг/т чугуна.

Вместе с тем задача экономии кокса комплексная, так как с уменьшением нормы расхода кокса проблема его качества приобретает еще большее значение. Меняются также и условия рационального использования побочной продукции и отходов, поскольку меняется их количество и качество.

Использование интенсификаторов и заменителей кокса. Во многих странах с развитой металлургической промышленностью совершенствование технологических процессов доменной плавки для улучшения ее технико-экономических показателей обусловило наиболее важный этап в развитии доменного производства — применение комбинированного дутья с вдуванием различных восстановительных реагентов: твердого, жидкого и газообразного топлива. Такой интерес к вдуванию дополнительного топлива обусловлен экономическими факторами и является результатом развития мирового энергетического хозяйства в последние 10 — 15 лет. Цены на металлургический кокс, а также его дефицитность все более возрастают и, естественно, появляется стремление заменить кокс другими, более дешевыми и менее дефицитными видами топлива.

Вид вдуваемого топлива зависит от местных экономических условий. Так, в СССР широко распространено применение природного газа. В настоящее время 106 доменных печей из 132 работают с применением природного газа и в сочетании с обогащением дутья кислородом. Средний расход природного газа составляет $103 \text{ м}^3/\text{т}$ чугуна, выплавленного с применением природного газа.

Жидкое топливо у нас в стране используется только в районах, не охваченных газификацией. Расход его невелик и редко превышает $80 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна. Пыле-угольное топливо впервые опробовано в 1956 г., но пока не нашло применения.

В США получило распространение вдувание природного газа и в меньшей мере мазута: к 1977 г. 78 доменных печей из 200 работали на природном газе при удельном расходе $60 - 70 \text{ м}^3$ на 1 т чугуна и около 36 доменных печей США и Канады работали с использованием мазута при его удельном расходе от 35 до $70 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна.

В Японии сравнительно поздно начали применять дополнительное топливо — мазут: первые опыты проведены в 1962 г., в настоящее время практически все доменные печи оборудованы для вдувания мазута. Расход мазута составляет $40 - 60 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна. Интенсивно ведутся промышленные исследования увеличения расхода мазута. На заводе в Тобата в 1970 г. был достигнут удельный расход кокса $393 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна за счет увеличения расхода мазута до $95 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна и обогащения дутья кислородом. Опыты по увеличению расхода жидкого топлива до $140 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна на заводе в Осака пока не нашли широкого применения. На заводе в Хирохота в отдельном агрегате производится конвертирование мазута паром и кислородом и полученный газ вдувают в доменную печь объемом 1700 м^3 . На 1 кг мазута достигнута экономия кокса $1,0 - 1,1 \text{ кг}$.

В Западной Европе за этот же период наибольший интерес вызвало применение жидкого топлива как наиболее доступного дополнительного топлива.

Наибольшее развитие вдувание жидкого топлива получило во Франции, где с его применением работают 62 доменные печи из 87 и 85% всего чугуна выплавляется с применением мазута. В программу модернизации предприятий BSC (British Steel Corp.) также входит применение на всех доменных печах мазута. На ряде заводов Западной Европы проводились опыты по повышению расхода жидкого топлива до $100 - 120 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна, однако средний расход составляет $40 - 50 \text{ кг}/\text{т}$ чугуна. В СССР и зарубежных странах большое внимание уделяется и другим восстановителям. Неоднократно проводились опыты с коксовым газом, смолой и пылеугольным топливом, но эти виды топлива пока применяются только в исключительных случаях.

Таким образом, несмотря на широкое распространение применения жидкого топлива и природного газа в доменном производстве, удельный их расход на 1 т чугуна остается относительно ограниченным ($40 - 70 \text{ кг}$ мазута и $70 - 90 \text{ м}^3$ природного газа).

С увеличением удельного расхода вдвухаемого топлива возникают трудности технологического и экономического характера. Например, таким ограничивающим фактором является снижение коэффициента замены, т.е. уменьшение количества сэкономленного кокса на единицу дополнительного топлива. Теоретические исследования, опытные плавки и экономические расчеты указывают на эффективность вдвухания в горн доменной печи пыле-угольного топлива. Институт черной металлургии предлагает также использовать в доменной плавке нагретый коксовый газ.

Значительным резервом улучшения экономии доменного производства является освоение в промышленном масштабе новой технологии доменной плавки с вдвуханием горячих восстановительных газов на холодном кислороде. Расчеты показывают возможность достижения экономии кокса 25 — 28% и повышения производительности на 23 — 29% при плавке с вдвуханием горячих восстановительных газов на холодном технологическом кислороде (без атмосферного дутья) по сравнению с уровнем этих показателей при плавке на дутье, обогащенном кислородом до 30% с вдвуханием природного газа.

Стремление к повышению эффективности доменного производства за счет снижения расхода кокса и роста производительности печей закономерно привело к широкому использованию в металлургии, в первую очередь в доменном производстве, кислорода. Повышение концентрации кислорода в дутье интенсифицирует процессы в доменной печи и способствует увеличению теоретической температуры горения и температуры в окислительной зоне, улучшает протекание процессов восстановления и шлакообразования, в результате чего время пребывания материалов в печи сокращается.

Повышение содержания кислорода в дутье с 26,7 до 34,7% в сочетании с увеличением расхода природного газа на 1 т чугуна со 110 до 153 м³ обеспечило увеличение производительности на 15,3% (или 1,91% на каждый процент кислорода в дутье) и снижение удельного расхода кокса на 8,1%. Коэффициент замены кокса природным газом составил 0,91 кг/м³.

Таким образом, практика показала, что при повышении концентрации кислорода в дутье до 35% тепловые и восстановительные процессы не нарушаются. Можно ожидать дальнейшего повышения эффективности при увеличении концентрации кислорода и расхода природного газа.

Комплексное влияние прогрессивных технологических факторов. Достигнутые в настоящее время высокие технико-экономические показатели доменного производства явились не только результатом прямого воздействия комбинированного дутья. Такие факторы, как увеличение доли агломерата в шихте и повышение его качества, повышение нагрева дутья, вывод сырого известняка из доменной шихты, повышение давления газов под колошником и т.д., оказали существенное влияние на снижение расхода кокса и повышение производительности доменных печей.

Расчеты, элиминирующие влияние перечисленных факторов, показывают, что на долю природного газа приходится 60 — 70% достигнутого эффекта и на долю остальных факторов (увеличение доли агломерата в шихте, повышение нагрева дутья и др.) 30 — 40%. Следует отметить, что влияние применения природного газа и обогащения дутья кислородом на внедрение прогрессивных технологических режимов в доменном производстве значительно шире, чем частичная замена кокса. Например, доменная печь, работающая только на обычном атмосферном дутье, плохо принимает высоконагретое дутье и этим самым сдерживает повышение нагрева дутья, а дополнительный нагрев дутья на 100°C дает снижение удельного расхода кокса на 30 — 35 кг.

Таким образом, улучшение показателей доменной плавки, среди которых снижение удельного расхода топлива — главное звено, является результатом комплексного влияния суммы прогрессивных технологических факторов, обеспечивающих значительно больший эффект, чем суммирование влияния каждого фактора.

Большое значение имеет установление минимально допустимого расхода кокса. Теоретически энергетическую и физико-химическую стороны процесса доменной плавки можно обеспечить за счет других энергоносителей и источников восстановительных газов. В этом случае минимальный расход кокса будет определяться степенью обеспечения должного перегрева и дренажа жидких продуктов плавки. Теоретические расчеты, выполненные А.Н. Похвисневым, показали, что важнейшей величиной, определяющей минимальный расход кокса по газодинамическим условиям, является выход шлака. В соответствии с этими расчетами при выходе шлака 500 — 525 кг/т чугуна минимально допустимый расход кокса составит 439 — 496 кг/т, а при выходе шлака 250 — 300 кг/т чугуна расход кокса снизится до 300 кг/т.

С учетом того, что в Японии при опытной плавке на одной из доменных печей был достигнут расход кокса 360 кг/т, а в СССР лучшие доменные печи в отдельные периоды работают с расходом кокса 430 — 450 кг/т, можно считать реальным в ближайшие 20 лет достижение расхода кокса на современных доменных печах 300 — 350 кг/т чугуна.

Различие экономического эффекта, получаемого на разных доменных печах, обусловлено техническим уровнем печей, качеством агломерата, достигнутым до внедрения природного газа уровнем расхода кокса, возможностями дальнейшего повышения температуры дутья, понижения его влажности, обогащения дутья кислородом и др.

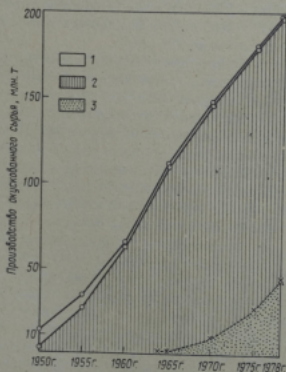
Таким образом, из приведенного технико-экономического анализа развития доменного производства с позиций снижения материалоемкости видно, что в ближайшей перспективе в черной металлургии, базирующейся на коксодоменном процессе производства первородного металла, перейти на безотходную технологию не представляется возможным. Следовательно, экономически правомерно на современном этапе состояния науки и техники в металлургии решение проблемы безотходного производства, т.е. полного и рационального использования всех образующихся отходов и побочных продуктов.

2. Топливоэнергопотребление в агломерационном производстве и использование вторичных энергоресурсов

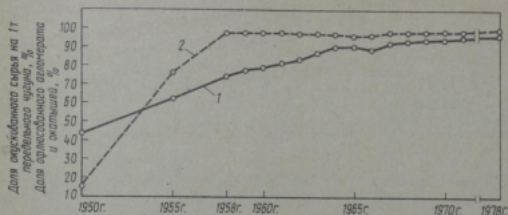
Технический прогресс в черной металлургии, его темпы и масштабы в значительной мере определяются качественными изменениями используемого в металлургии сырья и топлива. Уровень экономических показателей черной металлургии определяет доменное производство — основная стадия получения металла из первородного сырья. Затраты на сырье и топливо в доменном производстве составляют 94 — 96% всех затрат.

Из всех мероприятий, обеспечивающих прогресс техники и непрерывное повышение экономичности выплавки чугуна, наиболее значительным и определяющим по своему техническому и экономическому значению является подготовка сырья к плавке. Доминирующее технико-экономическое значение подготовки сырья обусловлено тем, что повышение качества доменной шихты является необходимым условием экономически эффективного внедрения практически всех прогрессивных мероприятий, характеризующих в совокупности развитие техники доменного производства.

Одним из основных требований доменного процесса к качеству железорудного сырья является максимально высокое содержание в нем железа при минимальном количестве и благоприятном составе пустой породы. Для достижения этого осуществляется все в большем объеме подготовка железорудной шихты к плавке. Важное значение имеет окучкование железных руд и концентратов, осуществляемое в СССР главным образом путем агломерации (рис. 9). В СССР имеет место высо-



Р и с. 9. Рост производства агломерата и окатышей в 1950—1978 гг.



Р и с. 10. Увеличение доли окускованного сырья в шихте доменных печей в 1950—1978 гг.:

1 — доля окускованного сырья в шихте доменных печей; 2 — доля офлюсованного агломерата и окатышей в общем производстве окускованного сырья

кое содержание агломерата в доменной шихте, что требует, соответственно, большого расхода топлива на агломерацию. Необходимость обогащения более бедных руд и повышение доли пылевидных фракций в них обуславливает интенсивное развитие в нашей стране производства окатышей. Доля окускованного сырья в шихте доменных печей в СССР непрерывно возрастает (рис. 10) и к 1979 г. составила 96%.

Важным фактором, влияющим на повышение эффективности металлургического производства, является использование офлюсованного сырья, позволяющее повысить производительность доменных печей и снизить расход кокса. В Советском Союзе практически весь агломерат выпускается офлюсованным. В настоящее время создаются агломашины с площадью спекания более 200 м^2 , что обеспечивает высокие технико-экономические показатели агломерационного производства — рост производительности агломашин и снижение расхода топлива. На долю таких машин приходится более 20% общей площади спекания. Изменение структуры производства окускованного сырья в СССР приведено ниже:

1950 г. 1955 г. 1960 г. 1965 г. 1970 г. 1975 г. 1978 г.

Производство агломерата и окатышей:

млн. т 12,0 33,8 65,1 111,7 148,8 178,2 202,7
% 100 281 515 929 1238 1485 1689

В том числе агломерат:

млн. т 12,0 33,8 65,1 111,4 138,2 151,0 157,7
% 100 281 515 226 1150 1258 1314

Из него:

офлюсованный агломерат, млн. т . . . 1,8 25,8 64,0 108,0 137,4 150,3 157,1

доля офлюсованного агломерата, % 15,0 76,3 98,2 97,0 99,5 99,5 99,6

окатыши, млн. т . . . — — — 0,3 10,6 27,2 45,0

	1950 г.	1955 г.	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
доля окатышей в общем производ- стве окучкованного сырья, %,	—	—	—	0,3	7,1	15,3	22,2
Доля окучкованного сырья, % от железо- рудной части шихты	43,0	61,8	79,2	91,0	94,6	93,1	95,7

Значение окучкования возрастает с дальнейшим развитием обогащения. Доля концентратов в товарной руде возросла с 38,9 в 1960 г. до 69% в 1978 г. Развитие обогащения железных руд характеризуется не только ростом масштабов этого процесса и увеличением доли концентратов в суммарной массе товарной руды, но и увеличением глубины обогащения. В 1978 г. производство концентрата с содержанием железа от 63 до 65% (в среднем 64,2%) составило 25,1% и с содержанием свыше 65% железа — 47,4% от общего выпуска концентрата.

Спекание пылеватых железных руд, концентратов, а также колошниковой пыли осуществляется при высоких температурах и, следовательно, с большими затратами тепла. Для обеспечения агломерационного процесса в шихту, состоящую из мелкой руды, концентрата и измельченного известняка с добавкой определенного количества извести, вводят твердое топливо в количестве, достаточном для спекания этой шихты. В 1965 г. расход топлива в агломерационном производстве составлял в среднем по стране 71,3 кг, а в 1970 г. 67,7 кг, или 5,2% от массы шихты (без возврата), в том числе коксовой мелочи 45,5 кг на 1 т агломерата, или 67%, и антрацитового штыба 22,3 кг, или 33% от общего расхода топлива в шихту. За период с 1965 по 1978 г. расход топлива на 1 т агломерата снизился на 6,3 кг, или на 8,8%, и в 1978 г. он составил 65 кг/т агломерата.

Большое значение для агломерационного процесса и оптимального использования топлива имеет зажигание шихты. В настоящее время на большинстве аглофабрик зажигание осуществляется с помощью газового топлива — доменного, коксового и природного газов в любом сочетании. На некоторых фабриках зажигание осуществляется одним коксовым газом или в смеси с природным, а на заводах "Запорожсталь" и Ждановском им. Ильича — даже одним природным газом и расход газа на зажигание в этом случае составляет 5,5 м³/т агломерата. Расход газовой смеси на зажигание колеблется в широких пределах: от 10 — 12 до 50 м³/т агломерата в зависимости от типа спекаемой руды, площади ленты, технического уровня фабрики, конструкции зажигательного горна и т.д. Исследования показывают, что наиболее эффективным является зажигание одним природным газом или в смеси с коксовым. Таким образом, агломерационное производство по существу выпадает из технологических потребителей вторичного газового топлива на заводе. Изменение

структуры потребления топлива в агломерационном производстве за период 1965 — 1978 гг. приведено ниже, %:

	1965 г.	1968 г.	1978 г.
Каменный уголь	15,4	25,9	27,6
Мазут	1,9	1,8	1,6
Доменный газ	2,8	2,1	1,7
Коксовый газ	4,2	3,8	5,5
Природный газ	2,5	3,7	5,7
Крупный кокс	8,0	6,5	0,8
Коксовый орех	5,9	2,8	0,3
Коксовая мелочь	59,9	53,4	56,8

Серьезную проблему в современных условиях представляет обеспечение агломерационного производства топливом. Уменьшение удельного расхода кокса и обусловленное этим снижение выхода коксовой мелочи привели к существенным затруднениям в топливоснабжении агломерационного производства. К тому же доменное производство предъявляет все более высокие требования к качеству окискованного сырья, а это связано с увеличением топливозергопотребления при агломерации руд и концентратов.

В период развития агломерации классическим топливом для агломерационных процессов являлась коксовая мелочь, качество которой для металлургических заводов СССР по основным зонам характеризуется данными, приведенными ниже, %:

	A ^c	S	v ^p	ω ^p
Всего по СССР	11,27	1,20	1,64	21,27
В том числе:				
заводы западных районов . . .	10,55	1,79	1,81	21,06
заводы восточных районов . .	12,03	0,44	1,42	21,56

Для агломерации железных руд используют также подгризлевые отсе-вы кокса размером 0 — 25 и 0 — 44 мм (в зависимости от размера ячек гризлей), получаемые в доменном производстве.

Вместе с тем потребителем коксовых отсеков может быть не только агломерационное производство, т.е. в данном случае не стоит вопрос об использовании коксовых отсеков в целях соблюдения экономического принципа безотходности, а, естественно, возникает необходимость определения рациональных и наиболее эффективных путей использования и экономической оценки в соответствии с установленной потребительной стоимостью.

Выход коксовой мелочи в процессе производства доменного кокса составляет 4 — 5%, а уровень отсева коксовой мелочи в доменных цехах составляет в среднем по СССР 6,3% (на отдельных заводах до 8 — 10%). Известно, что содержание классов < 25 мм в доменном коксе составляет 2,0 — 2,5%, а измельчение в процессе транспортировки не превышает 1,5 — 2,0%. Величина отсеков в доменном цехе должна при этом составлять не более 3,5 — 4,0% от поступившего кокса.

В настоящее время топливопотребление агломерационного производства составляет значительную величину — более 12 млн. т у.т. (около

10 млн. т в шихту). Почти 90% общего количества потребляемой коксовой мелочи в СССР израсходовано на производство агломерата. Ниже приведена структура потребления коксовой мелочи в СССР, %:

	1968 г.	1970 г.	1975 г.
На предприятиях черной металлургии	89,8	89,8	88,1
В том числе:			
агломерация железной руды	85,9	86,8	86,0
производство графитированных электродов	0,3	0,3	0,3
прочие нужды	2,9	2,7	1,8
На предприятиях цветной металлургии	10,5	9,7	11,1
В том числе:			
агломерация никелевой руды	5,1	4,2	4,4
электродные заводы	1,2	1,1	1,2
производство цинка	3,7	4,2	4,9
прочие нужды	0,5	0,2	0,6
На предприятиях других министерств	0,4	0,5	0,8

По существу вся образующаяся коксовая мелочь потребляется в агломерационном производстве, так как она обладает всеми качествами теплоносителя, необходимыми для спекания железных руд и концентратов. Более того, металлургические заводы применяют коксовый орешек 10 — 25 мм и кокс фракции 25 — 40 мм, дробленные до крупности < 3 мм. Использование в агломерационном производстве коксовых отсеков крупных фракций существенно повышает себестоимость агломерата.

На коксохимических предприятиях черной металлургии проводят большие работы по увеличению прочности и улучшению качества кокса. Это также приводит к тому, что количество коксовой мелочи относительно сокращается, т.е. при определенном росте производства кокса количество коксовой мелочи увеличивается в меньшей степени.

На структуру топливопотребления в агломерационном производстве, как и в других производствах, где потребляются коксовые отсеки и газ, оказывает влияние структура потребления кокса в стране, которая обусловлена использованием крупного кокса (преимущественно в качестве энергоносителя) в других отраслях промышленности, а также в других производствах черной металлургии (кроме доменного). Учитывая, что со временем производство и потребление кокса будут более рациональными, т.е. в основном кокс будет потребляться по прямому назначению (в доменном производстве), можно сказать, что производство кокса в стране на единицу металлургической продукции сократится. Соответственно этому сократится и выход коксовой мелочи для агломерации.

Расход топлива на агломерацию возрос в связи с переходом на офлюсованный агломерат, так как разложение карбонатов сырого известняка связано с затратами значительных количеств тепла, получаемого и расходующегося ранее в доменной печи за счет кокса. Увеличение доли мелкого концентрата также повлияло на увеличение расхода топлива, но в меньшей степени и в основном не прямо, а через снижение производительнос-

ти аглолент. Эти факторы привели к образованию дефицита коксовой мелочи, используемой в агломерационном производстве.

Возникла необходимость в устранении сложившегося затруднения со снабжением агломерационных фабрик технологическим топливом. Поэтому вот уже много лет ведутся активные поиски эффективных заменителей коксовой мелочи, которые бы не вызывали изменения основных показателей процесса спекания агломерата. Однако использование различных видов заменителей коксовой мелочи ограничивается их высокой стоимостью или недостаточностью ресурсов, но чаще всего отрицательным влиянием на технико-экономические показатели и ход процесса спекания агломерата. Поэтому вопрос о выборе заменителя коксовой мелочи и в настоящее время имеет важное народнохозяйственное значение.

Твердое топливо, применяемое в агломерационном производстве, должно отвечать определенным требованиям. Прежде всего оно должно содержать минимальное количество золы, так как для ее ошлакования в доменных печах требуется дополнительное количество флюсов, и небольшое количество летучих, поскольку они возгораются перед зоной горения и их теплотворная способность частично или полностью теряется для процесса агломерации.

В настоящее время в качестве заменителя коксовой мелочи при агломерации широко используется антрацит и антрацитовый штыб, так как эти виды топлива в значительной мере отвечают требованиям, предъявляемым к топливу для агломерации. Поэтому расход топлива на аглофабриках Юга СССР в 1978 г.* составил примерно 58 кг/т агломерата, в том числе 26 кг коксика и 32 кг антрацитового штыба.

Научными исследованиями и практикой работы ряда аглофабрик показана экономическая целесообразность применения в качестве технологического топлива при производстве агломерата антрацитового штыба в количестве более 70% общего расхода твердого топлива. Ниже приведены данные об использовании антрацита и антрацитового штыба на аглофабриках ряда металлургических заводов в 1960 — 1978 гг.:

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
"Запорожсталь"	13,7	34,9	65,5	69,6	42,2
Криворожский	—	18,4	3,1	2,0	—
Им. Дзержинского	14,3	40,2	57,8	58,2	52,6
Им. Ильича	—	—	61,8	65,6	50,1
Макиевский	12,3	35,9	62,1	70,8	68,1

Эти данные позволяют отметить не только большое значение антрацитового штыба для агломерационного производства, но и высокие темпы замены коксовой мелочи антрацитовым штыбом.

Таким образом, на первый взгляд кажущаяся простой проблема топливопотребления агломерационного производства объединяет многие технико-экономические вопросы: обеспечение высокой эффективности агломерационного производства, повышение качества агломерата, сни-

* Без Камыш-Бурунского ЖРК.

жение топливопотребления, замена коксовых отсеков другими видами топлива. Тем самым создаются предпосылки для более эффективного использования коксовых отсеков, в том числе и коксовой мелочи в народном хозяйстве.

3. Рациональное использование коксовых отсеков и методические вопросы распределения затрат на продукцию коксования

Обеспечение агломерационного производства топливом тесно связано с методическими вопросами оценки коксовой мелочи и видов топлива, используемых в качестве заменителей. Наиболее важным мероприятием по снижению дефицита традиционного агломерационного топлива (коксовой мелочи) является внедрение новых видов топлива для агломерации с использованием для этой цели недефицитных марок углей. Новые виды топлива должны примерно соответствовать технической характеристике коксовой мелочи: зольность — не выше 15%, содержание летучих — не более 3 — 6%, сернистость и влажность — в минимальных пределах. Поэтому для их получения можно использовать только малозольные угли и при этом подвергать термической обработке с целью удаления летучих, смолы и влаги.

Однако сопоставление затрат на топливо для агломерации показывает, что практически любой уголь (кроме антрацита), используемый как в чистом виде, так и в виде исходного сырья для производства агломерационного топлива, имеет коэффициент замены по сравнению с коксовой мелочью не менее 1,5 — 2,0, в результате чего затраты на топливо возрастают более чем в 2 раза (табл. 24).

Цены 1967 г. на коксовую мелочь не в достаточной мере стимулировали полную или даже частичную замену ее при агломерации другими видами топлива, а также в ряде случаев не давали возможности для экономического сопоставления различных вариантов покрытия дефицита коксовой мелочи другими видами топлива. Все это вызывало необходимость исследований проблемы цен на коксовую мелочь и ее заменители. Изменение цен на 1.1.1975 г. (табл. 25) существенным образом отразило выводы автора, опубликованные ранее в печати, о необходимости повышения цен на коксовую мелочь и приближения их к общественно необходимым затратам труда на различные твердые продукты коксования.

Сравнение технических характеристик кокса и коксовой мелочи показывает, что хотя зольность, содержание летучих и других примесей в коксовой мелочи несколько выше, чем в коксе (всего на 2 — 3%), это не приводит к существенному различию теплотехнических и технологических их свойств и, следовательно, к тому, чтобы была большая разница в стоимости кокса и коксовой мелочи. Получаемые одновременно в коксохимическом производстве кокс и коксовая мелочь являются основными видами технологического топлива в самостоятельных переделах — доменном и агломерационном. Следовательно, коксовая мелочь по роли в металлургическом производстве вполне может быть отнесена к основным продуктам коксования. К тому же применяемый вместо коксовой

Таблица 24

Сопоставление затрат на коксовую мелочь и различные виды углей,
используемых для агломерации

Бассейн	Марка угля	Золь- ность, %	Оптовая цена уг- ля, руб/т	Кэф- фициент замены	Затраты на уголь с уче- том эквива- лентной за- мены по уг- лероду, руб.	Оптовая цена на коксовую мелочь, руб/т	
						старая	новая
Донецкий	ГМ	16,0	20,0	1,8	36,0	12,5	26,0
	ГСШ	21,4	15,0	2,0	30,0	12,5	26,0
	ГО	7,0	27,2	1,3	35,4	12,5	26,0
Кузнецкий	ГМ	10,5	10,8	1,7	18,4	8,5	18,0
	ССМ	12,5	8,5	1,9	16,2	8,5	18,0
	СССШ	15,5	7,1	2,0	14,2	8,5	18,0

Таблица 25

Оптовые цены на коксовую мелочь * в сопоставлении с
другими видами топлива (в условиях заводов Украины)

Вид топлива	Оптовая цена, руб/т	Зольность, %
Коксовая мелочь (ГОСТ 8204-63)	26,00	12,0
Коксовый орешек	38,00	11,0
Кокс крупный (КД-Ш):		
40 мм	43,50	9,6
25 — 40 мм	41,00	9,8
Антрацит АЗ	14,50	13,1

* Прейскуранты № 01 — 06 "Оптовые цены на кокс и термовантрацит", № 03 — 01
"Оптовые цены на уголь, сланцы, продукты обогащения углей и брикеты". М.,
Прейскурантиздат, 1974. (Введены в действие с 1.1.1975 г.)

мелочи антрацитовый штыб относится к категории основных продуктов угольной промышленности. Тем не менее коксовая мелочь характеризуется как побочная продукция.

Коксование является сложным технологическим процессом. В коксо-химическом производстве в результате термической обработки коксующихся углей получается ряд продуктов: валовый кокс (включая коксо-вую мелочь), химические продукты и коксовый газ. Таким образом, коксохимия — это комплексное производство, ставящее ряд технико-экономических проблем. В числе важнейших из них — оптимальное распределение затрат между всеми продуктами коксования (основными и побочными). В настоящее время распределение затрат между ними осуществляется методом списания химических продуктов по утвержденным ставкам, товарного коксового газа по отпускным ценам и коксовой мелочи по плановым ценам (исходя из установленных оптовых цен с учетом приплат и скидок за качество). Оставшаяся сумма затрат относится на крупный кокс и коксовые отсеивы. Следовательно, все измене-

ния в качестве и стоимости сырья (угля) и в технологии влияют лишь на себестоимость кокса, а при недостатках существующих методов распределения затрат между твердыми продуктами коксования эти изменения влияют главным образом на себестоимость металлургического (крупного) кокса.

Такую методику распределения затрат можно было применять в тот период, когда доменные печи работали главным образом на сырой руде и получаемая коксовая мелочь не имела целевого назначения и стабильного потребителя (агломерации) и поэтому относилась к категории побочной продукции. Цены на нее были установлены в 2 — 3 раза ниже цен на крупный кокс для максимального стимулирования его производства. Кроме того, с таким положением можно было также мириться в период, когда масштабы металлургического производства и, соответственно, коксохимического производства были не столь значительны, как в современный период промышленного развития и не стоял так остро вопрос о рациональном использовании дорогих коксующихся углей, о вовлечении в коксовую шихту недефицитных и более дешевых газовых и слабоспекающихся углей.

Коксовая мелочь как готовый продукт оценивается ниже, чем брак кокса, который реализуется по ценам, учитывающим стоимость коксовой шихты. Коксовая мелочь также должна как минимум отражать затраты на исходное сырье. Принцип распределения затрат между соответствующими классами кокса (+ 40, 40 — 25, 25 — 10 и 10 мм) должен обеспечивать приближение стоимости продуктов коксования к общественно необходимым затратам, т.е. учитывать потребительную их ценность. Кроме того, должно быть учтено стимулирование максимального производства крупного кокса.

Вместе с тем проблема комплексного использования сырья как важнейшего резерва снижения материалоемкости и затрат в коксохимическом производстве исследована не до конца. Пока не решены вопросы использования температуры отходящих газов, начинают исследовать применение тепла раскаленного кокса и т.д. Следует также иметь в виду, что в настоящее время в коксохимическом производстве еще не разработана проблема отнесения затрат (со знаком плюс или минус) не на конечный продукт, а на исходное сырье (коксовую шихту). В результате все затраты на шихту отнесены на кокс, а из его себестоимости вычитается стоимость газа, химических продуктов, отсевов и др., хотя тепло отходящих газов, тепло раскаленного кокса потенциально находятся в виде химического тепла в исходном сырье и физического тепла в топливе, используемом для отопления простенков коксовых печей.

Методически распределение затрат между различными продуктами коксохимического производства должно быть осуществлено следующим образом:

1. Стоимость химических (жидких) продуктов должна определяться, как и ранее, по установленным ставкам, поскольку на них могут быть установлены цены в условиях производства на "первичном" сырье

(на базе нефти, угля, древесины и т.д.), т.е. затраты могут быть определены прямым счетом.

2. Оценка коксового газа может быть установлена по методике, предложенной ранее, с учетом теплотехнической ценности его, а затем вычтена из себестоимости кокса.

3. Из себестоимости кокса должна быть вычтена разница в затратах на производство электроэнергии на заводской ТЭЦ и на установках сухого тушения кокса (УСТК), а также разница в затратах на производство тепла на ТЭЦ и тепла отходящих газов в случае его использования.

4. Оставшаяся часть затрат должна быть распределена между различными классами крупного кокса, коксовым орехом и коксовой мелочью в соответствии с их технологической ценностью и вещественным составом всех твердых продуктов коксования.

Коэффициент технологической ценности $K_{т.ц}^n$ представляет собой отношение показателей производительности и расхода кокса для кокса n -ого и 1-го класса крупности и определяется по формуле

$$K_{т.ц}^n = \frac{P^1_K}{P^n_K} \cdot \frac{P^n_{т.ц}}{P^1_{т.ц}}, \quad (33)$$

где P^n и P^1 — к.и.п.о. доменных печей при работе на коксе соответственно n -ого и 1-го классов, м³/т сутки;

P^n_K и P^1_K — расход кокса при работе на коксе соответственно n -ого и 1-го классов, т/т чугуна.

Вещественный состав кокса характеризуется главным образом содержанием золы и серы. Коэффициент, учитывающий вещественный состав кокса n -ого класса W^n , приближенно может быть установлен из следующего выражения:

$$W^n = \frac{(100 - A^n) \cdot (100 - S^n)}{(100 - A^1) \cdot (100 - S^1)}, \quad (34)$$

где A^n и A^1 — содержание золы в коксе соответственно n -ого и 1-го классов, %;

S^n и S^1 — содержание серы в коксе соответственно n -ого и 1-го классов, %.

Перечисленные методологические принципы реализуются в следующих математических моделях системы последовательных расчетов (расчеты осуществляются на 1 т исходной шихты и кокса).

Общие затраты в коксохимическом производстве, приходящиеся на твердые продукты коксования на 1 т исходной шихты $\sum_{i=1}^n Z_{т.п.к}^{исх}$, могут быть определены по формуле, руб.:

$$\sum_{i=1}^n Z_{т.п.к}^{исх} = Z_0 - \left[\sum_{j=1}^m h_j \delta_j + C_{к.г} + (C_{э}^{тэц} - Z_{э}^{устк}) \beta + C_n^{тэц} - Z_n \gamma \right], \quad (35)$$

где Z_0 — общие затраты на получение всех продуктов коксования, руб.;

- h_j — цена j -тых химических продуктов, улавливаемых при коксовании, руб.;
 δ_j — удельный выход j -тых химических продуктов, т/т шихты;
 m — число химических продуктов;
 $C_{к.г}$ — стоимость коксового газа, образующегося из 1 т исходной шихты, руб.;
 $C_3^{тэц}$ — стоимость электроэнергии на заводской ТЭЦ, руб/1000 кВт · ч;
 $З_3^{устк}$ — затраты на производство электроэнергии на УСТК, руб/1000 кВт · ч;
 β — выработка электроэнергии на УСТК, отнесенная на 1 т исходной шихты, тыс. кВт · ч;
 $C_p^{тэц}$ — стоимость пара на ТЭЦ, руб/МДж;
 $З_p$ — затраты на производство пара при использовании тепла отходящих газов, руб/МДж;
 γ — выход пара при использовании тепла газов, МДж/т шихты.

Оставшаяся часть затрат $\sum_{i=1}^n З_{т.п.к}$ распределяется между всеми твердыми продуктами коксования. Для упрощения расчеты целесообразно вести на 1 т валового кокса:

$$\sum_{i=1}^n З_{т.п.к} = \sum_{i=1}^n З_{т.п.к}^{исх} \frac{1}{P_{ш}}, \quad (36)$$

где $\sum_{i=1}^n З_{т.п.к}$ — затраты на твердые продукты коксования на 1 т валового кокса, руб.;

$P_{ш}$ — расход коксовой шихты на 1 т валового кокса, т/т.

Эти затраты должны быть распределены пропорционально удельному выходу различных твердых продуктов коксования (крупного кокса, коксового ореха и коксовой мелочи) по следующим формулам:

$$\sum_{i=1}^g З_{к.к}^o = \sum_{i=1}^n З_{т.п.к} (З_{к.о} + З_{к.м}); \quad (37)$$

$$З_{к.о} = \sum_{i=1}^n З_{т.п.к} \alpha_{к.о} K_{т.ц}^{к.о} W^{к.о}; \quad (38)$$

$$З_{к.м} = \sum_{i=1}^n З_{т.п.к} \alpha_{к.м} K_{т.ц}^{к.м} W^{к.м} \quad (39)$$

В общем виде формула будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^g З_{к.к}^o &= \sum_{i=1}^n З_{т.п.к} - \left(\sum_{i=1}^n З_{т.п.к} \alpha_{к.о} K_{т.ц}^{к.о} W^{к.о} + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^n З_{т.п.к} \alpha_{к.м} K_{т.ц}^{к.м} W^{к.м} \right) \end{aligned} \quad (40)$$

или

$$\sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 = \sum 3_{т.п.к} [1 - (\alpha_{к.о} K_{т.ц}^{к.о} W^{к.о} + \alpha_{к.м} K_{т.ц}^{к.м} W^{к.м})], \quad (41)$$

где $\sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0$ — общие затраты, приходящиеся на крупный кокс всех классов, руб/т валового кокса;

g — число классов кокса;

$3_{к.о}, 3_{к.м}$ — затраты, приходящиеся на коксовый орешек и коксовую мелочь, руб/т валового кокса;

$\alpha_{к.о}, \alpha_{к.м}$ — удельный выход соответственно коксового орешка и коксовой мелочи на 1 т валового кокса, доли единицы;

$K_{т.ц}^{к.о}, K_{т.ц}^{к.м}$ — коэффициент технологической ценности коксового орешка и мелочи, доли единицы;

$W^{к.о}, W^{к.м}$ — коэффициент, учитывающий вещественное содержание коксового орешка и мелочи, доли единицы.

Для определения затрат на 1 т соответствующих твердых продуктов коксования необходимо их отнести к выходу каждого из продуктов на 1 т валового кокса ($\alpha_{к.к}, \alpha_{к.о}, \alpha_{к.м}$):

$$\sum_{i=1}^g C_{к.к}^0 = \sum 3_{к.к}^0 / \alpha_{к.к}; C_{к.о} = 3_{к.о} / \alpha_{к.о}; C_{к.м} = 3_{к.м} / \alpha_{к.м}, \quad (42-44)$$

где $\sum_{i=1}^g C_{к.к}^0$ — общая стоимость металлургического кокса всех классов, руб/т металлургического кокса;

$C_{к.о}, C_{к.м}$ — стоимость коксового орешка и мелочи, руб/т.

В свою очередь, общие затраты на крупный металлургический кокс могут быть распределены между отдельными классами исходя из приведенного выражения:

$$3_{к.к}^{+80} = \sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 - \left(\sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 \alpha_{80-40} K_{т.ц}^{80-40} + \sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 \alpha_{40-25} K_{т.ц}^{40-25} \right) \quad (45)$$

или

$$3_{к.к}^{+80} = \sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 [1 - (\alpha_{80-40} K_{т.ц}^{80-40} + \alpha_{40-25} K_{т.ц}^{40-25})], \quad (46)$$

где $3_{к.к}^{+80}$ — затраты, приходящиеся на кокс фракции +80 мм, руб.;

$\sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 \alpha_{80-40} K_{т.ц}^{80-40}$ — затраты, приходящиеся на кокс фракций 80 — 40 мм, руб.;

$\sum_{i=1}^g 3_{к.к}^0 \alpha_{40-25} K_{т.ц}^{40-25}$ — затраты, приходящиеся на кокс фракций 40 — 25 мм, руб.;

$\alpha_{80-40}, \alpha_{40-25}$ — удельный выход кокса фракций соответственно 80 — 40 и 40 — 25 мм, доли единицы;

$K_{т.ц}^{80-40}, K_{т.ц}^{40-25}$ — коэффициент технологической ценности фракций соответственно 80 — 40 и 40 — 25 мм, доли единицы.

При необходимости подобные расчеты могут осуществляться при любой дробности крупного кокса по классам и фракциям. При этом аналогично формулам (42 — 44) может быть установлена и стоимость металлургического кокса каждого класса:

$$C_{\text{к.к}}^{+80} = Z_{\text{к.к}}^{+80} / \alpha_{\text{к.к}} \alpha_{80}; \quad C_{\text{к.к}}^{80-40} = Z_{\text{к.к}}^{80-40} / \alpha_{\text{к.к}} \alpha_{80-40};$$

$$C_{\text{к.к}}^{40-25} = Z_{\text{к.к}}^{40-25} / \alpha_{\text{к.к}} \alpha_{40-25}. \quad (47 - 49)$$

Следует отметить, что оценка кокса по классам представляется целесообразной, так как позволит учитывать не просто выход металлургического кокса на 1 т валового кокса, но и структуру металлургического кокса по классам крупности, поскольку их технологическая ценность неодинакова.

Предлагаемая методика дает возможность устанавливать обоснованные цены, а также распределение затрат между продуктами коксования.

При соответствии цен на все продукты коксования общественно необходимым затратам обеспечивается оптимальность их использования. Если коксовые отсеивы (орешек и мелочь) используются на предприятии, где они производятся, то повышение цен на коксовую мелочь приведет к снижению стоимости крупного кокса и, следовательно, чугуна. В свою очередь, повышение цен на коксовую мелочь приведет к увеличению себестоимости агломерата и, соответственно, чугуна на ту же самую величину. Вместе с тем удорожание топлива для агломерации создает предпосылки для поиска и внедрения более дешевых заменителей коксовой мелочи как топлива для агломерации.

В случае реализации коксовой мелочи как товарной продукции, например на нужды ферросплавного или электродного производства, цены на коксовую мелочь на уровне общественно необходимых затрат будут обеспечивать снижение издержек как в черной металлургии, так и в отраслях, где коксовая мелочь может использоваться взамен других менее эффективных видов топлива. Однако основным эффектом будет определяться той разницей затрат, которая образуется в результате использования дешевых и недефицитных заменителей коксовой мелочи при окислении руд и концентратов.

Малоизученной является проблема повышения эффективности коксового производства за счет использования в коксовой шихте коксовой мелочи. М.Г. Теплитский и др. отмечают, что сухая коксовая мелочь крупностью менее 2 мм применима в количестве до 2% в качестве отощающей добавки в шихту для коксования. В этом случае экономия от использования недефицитного технологического топлива взамен коксовой мелочи будет близка к разнице между стоимостью коксовой шихты и угля.

4. Использование потенциальной энергии давления газов

В числе других до конца не решенных экономических проблем эффективного использования энергетических ресурсов и создания энергети-

чески безотходного или малоотходного производства значительное место принадлежит использованию потенциальной энергии избыточного давления доменного и природного газов.

За последние три десятилетия с развитием техники и технологии доменного производства получила широкое распространение работа доменных печей с повышенным давлением газа, которая характеризуется лучшим распределением газов по печи и использованием их восстановительной способности, уменьшением выноса шихтовых материалов из печи, снижением расхода кокса на выплавку чугуна, увеличением производительности доменных печей. В настоящее время в СССР более чем 75% доменных печей выплавляют чугун при повышенном избыточном давлении газа, достигающем 0,35 МПа при выходе доменного газа до 400 тыс. м³/ч.

Перед заводской разводящей газовой магистралью избыточное давление доменного газа сбрасывается на специальных дроссельных устройствах, где теряется в это время до 167 кДж полезной работы расширения на 1 м³ газа или до 100 млн. кВт · ч электроэнергии для доменной печи объемом 2000 м³ с избыточным давлением 0,25 МПа. Аналогичные потери возникают и при потреблении в металлургической промышленности природного газа, объем потребления которого непрерывно возрастает и к настоящему времени достиг значительной величины. Ниже приведено потребление природного газа в 1965 — 1978 гг., млрд. м³:

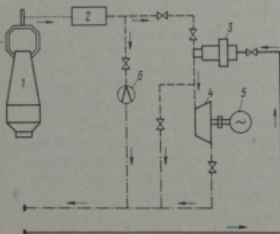
	1965 г.	1970 г.	1975 г.
По МЧМ СССР	18,3	28,0	34,3
Всего по СССР	128,2	197,3	261,2

В связи с большим объемом потребления и передачи на большие расстояния транспортировка природного газа к потребителям производится в трубопроводах под большим давлением, достигающим до 75 МПа/см². Перед потребителем избыточное давление газа снижается до 0,4 — 0,6 МПа на дроссельных устройствах, где теряется большое количество полезной работы расширения газа. Так, при пятикратном снижении давления газа теряется 120 кДж полезной работы. Поэтому при существующих масштабах выплавки чугуна и, соответственно, расхода природного газа высокого давления, а также выхода доменного газа возникает настоятельная необходимость решения вопроса использования потенциальной энергии избыточного давления газов.

В связи с этим предложено сбрасывать это давление в специальных газовых турбинах, в которых сжатый газ служит рабочим телом для производства электрической энергии. Установка газовых утилизирующих бескомпрессорных турбин (ГУБТ), использующих избыточное давление (рис. 11), непосредственно не влияет на условия работы и технико-экономические показатели доменных печей и магистральных трубопроводов природного газа. Давление доменного газа на колошнике устанавливается и регулируется независимо от того, используется или нет избыточное давление в турбинах. Давление и расход природного газа в

магистральных трубопроводах также устанавливается и регулируется независимо от использования избыточного давления.

Существуют различные схемы использования избыточного давления в газовых турбинах: без подогрева газа перед турбиной, с подогревом газа в смешивающем подогревателе, с подогревом газа в поверхностном подогревателе различными теплоносителями и т.д.¹ Наиболее распространенной схемой в настоящее время является схема с подогревом газа высокого давления в смешивающем подогревателе. Промышленность выпускает три типоразмера газовых турбин номинальной мощностью 12,8 и 6 МВт при максимальной мощности до 14 МВт. ГУБТ служит непосредственным приводом электрического генератора.



Р и с. 11. Схема газового тракта доменной печи и установки ГУБТ:

1 - доменная печь; 2 - система газоочистки; 3 - смешивающий подогреватель доменного газа; 4 - газовая турбина; 5 - электрический генератор; 6 - дроссельная группа; — воздухопровод; газопровод грязного газа высокого давления; — — — газопровод чистого доменного газа высокого давления; — · — · — газопровод чистого доменного газа низкого давления; — · — — — регулирующая и запорная арматура

Выполненный экономический расчет строительства газотурбинной расширительной электростанции (ГТРС) с установкой ГУБТ-12 у доменной печи объемом 3000 м^3 при избыточном давлении $0,25 \text{ МПа}$, выходе доменного газа $400 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ показывает, что установка является эффективной и имеет следующие технико-экономические показатели: годовой отпуск электроэнергии $97,76 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$; расход доменного газа для нагрева газа высокого давления в смешивающем подогревателе $1015 \text{ м}^3/1000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ при $Q_H^D = 4,2 \text{ МДж}/\text{м}^3$; капитальные затраты $1,172 \text{ млн. руб.}$; годовой экономический эффект $781,0 \text{ тыс. руб.}$; срок окупаемости 1,5 года.

В табл. 26 показаны величина, состав и структура эксплуатационных затрат на производство электроэнергии на ГТРС и ТЭЦ, работающей на доменном газе, а также удельные капитальные вложения и приведенные затраты.

Из приведенных данных видно, что себестоимость, удельные капитальные вложения и приведенные затраты $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии, произведенной на ГТРС, соответственно на 45,8; 37,8 и 43,7% ниже, чем для электроэнергии, произведенной на ТЭЦ.

¹ Подогрев газа высокого давления осуществляется перед турбиной для предотвращения выпадения влаги и повышения мощности турбины.

Технико-экономические показатели производства
1 кВт · ч электроэнергии и структура себестоимости на ГТРС и ТЭЦ

Показатели	ГТРС	ТЭЦ
Энергозатраты:		
доменный газ	0,138/35,9	0,253/35,6
сжатый воздух	0,077/20,0	—
вода	0,012/3,2	0,071/10,0
азот	0,023/6,0	—
Итого энергозатрат	0,250/65,1	0,324/45,6
Заработная плата	0,028/7,3	0,026/3,7
Амортизация	0,063/16,3	0,174/24,5
Текущий ремонт	0,013/3,3	0,122/17,2
Цеховые затраты	0,031/8,0	0,064/9,0
Всего	0,385/100,0	0,710/100,0
Удельные капитальные вложения	1,250/ —	2,010/ —
Приведенные затраты	0,535/ —	0,951/ —

Примечание. В числителе показатели выражены в копейках, в знаменателе — в процентах.

Высокая экономическая эффективность производства электроэнергии на установках, использующих избыточное давление доменного газа, подтверждается также практикой их эксплуатации на ряде металлургических заводов. Так, на Череповецком металлургическом заводе за доменной печью объемом 2700 м³ установлена газовая турбина типа ГУБТ-12. Выход доменного газа от печи составляет 450 тыс. м³/ч; 100 тыс. м³/ч сбрасывается в межцеховой газопровод доменного газа, а 350 тыс. м³/ч очищенного и подогретого газа при абсолютном давлении 0,335 МПа подается на турбину, которая служит приводом электрического генератора мощностью 12 тыс. кВт. Годовая выработка электроэнергии составляет 80 млн. кВт · ч. Капитальные затраты на оснащение доменной печи газовой утилизационной бескомпрессорной турбиной составили 1,0 млн. руб. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ГУБТ, составляет 4,6 руб/1000 кВт · ч, что значительно ниже, чем себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на заводских ТЭЦ и межрайонных КЭС.

Следует при этом отметить, что при выработке электроэнергии на ГУБТ в эксплуатационных затратах свыше 60% затрат приходится на энергетические. Только затраты на подогрев доменного газа при использовании смешивающих подогревателей достигают 50 — 55%. Снижение себестоимости электроэнергии, производимой на установках ГУБТ, возможно при использовании для подогрева доменного газа тепла отходящих газов доменных воздухонагревателей в поверхностных газоподогревателях, а также при сухой газоочистке доменного газа без снижения его первоначальной температуры.

При использовании поверхностных подогревателей экономится сжатый воздух и доменный газ, используемые в смешивающих газоподогревателях. При полном оснащении доменных печей, работающих на повы-

шенном давлении, установками ГУБТ, оборудованными поверхностными подогревателями, экономия доменного газа может составить 800 тыс. т у.т. в год при снижении себестоимости электроэнергии на 30 — 35% по сравнению с подогревом газа в смешивающих газоподогревателях.

При оснащении доменных печей системами сухой газоочистки с сохранением температуры доменного газа 300°C снижение себестоимости электроэнергии можно ожидать в пределах 60 — 70%. Это связано с уменьшением энергозатрат на 80%. При этом на ГУБТ газоподогреватель будет отсутствовать совсем, в результате чего удельные капитальные вложения на 1000 кВт · ч электроэнергии при строительстве ГТРС уменьшается на 3 — 4 руб. (25 — 30%). Кроме того, в значительной степени облегчаются условия труда, отпадает необходимость в сложном шлаковом хозяйстве доменного комплекса, а это приводит к экономии водных ресурсов и затрат, связанных с их использованием.

Принцип использования избыточного давления природного газа аналогичен использованию давления доменного газа. Однако, несмотря на большие ресурсы природного газа высокого давления, практики использования его избыточного давления пока нет.

Расчеты утилизационной газотурбинной установки, выполненные для начального давления газа 20 кгс/см² и конечного 4 кгс/см², при подогреве газа высокого давления в регенераторе и смешивающем газоподогревателе показывают, что предлагаемая установка является эффективной. Возможная выработка электроэнергии на 1 м³ природного газа в зависимости от степени подогрева при пятикратном снижении давления характеризуется следующими данными:

Температура природного газа перед утилизационной турбиной, °C	15	100	200	300
Выработка электроэнергии на 1 м ³ природного газа, поступающего в ГУБТ, кВт · ч	0,0328	0,0459	0,0631	0,0823

Следует отметить, что работа смешивающих газоподогревателей с использованием в них в качестве топлива природного газа неэффективна, поскольку этот дефицитный высококачественный вид топлива и химического сырья обуславливает необходимость более рационального и эффективного его использования. Расход природного газа на подогрев, по расчетным данным, составляет 1,0 — 1,8% количества природного газа, поступающего в установку, а это в абсолютных цифрах в настоящее время составит 2,6 — 4,7 млрд. м³ в год. Теплота сгорания природного газа, поступающего к потребителю, при этом снизится на 6 — 11%.

Несмотря на то, что снижение калорийности природного газа будет частично компенсироваться увеличением его объема, это вызовет перерасход топлива в агрегатах, потребляющих природный газ. К потребителю природный газ будет поступать при температуре не выше 30°C. В технологических агрегатах балластные газы подвергаются нагреву теплом сгорания остальной части газа и покидают его при температуре 350 — 400°C, а в лучшем случае при условии утилизации тепла отходящих газов с температурой 150 — 200°C. В результате у потребителя уве-

дичается потери тепла с отходящими газами, что, соответственно, вызовет повышение удельного расхода топлива.

Могут также измениться режимы работы агрегатов, например ухудшатся условия отвода газов. Потребуется также более мощные дымососы, что, в свою очередь, повлечет увеличение капитальных и эксплуатационных затрат. В случае дальнейшего использования природного газа в качестве сырья изменятся технические условия функционирования технологических агрегатов и понизится их производительность. При полном учете всех потерь, возникающих у потребителей природного газа, применение смешивающих газоподогревателей нерационально. Это можно отнести и к случаю использования избыточного давления доменного газа. Но в связи с его низкими технологическими и теплотехническими характеристиками это влияние будет значительно меньше.

Применение поверхностных газоподогревателей имеет следующее преимущество: газорасширительные станции всегда находятся вблизи крупных промышленных предприятий (металлургические, химические, машиностроительные заводы, ТЭЦ и т.д.), обладающих большими ресурсами низкопотенциального тепла, которые в полной мере можно использовать для нагрева газа в поверхностных газоподогревателях до температуры 100 — 150°C. При этой температуре газ на выходе из турбины имеет температуру 15 — 30°C.

Следовательно, отпадает необходимость в установке регенераторов и устраняется возможность обмерзания выходных трубопроводов турбин.

Кроме того, использование низкопотенциального тепла промышленных предприятий в значительной мере может повысить их экономичность. Таким образом, несмотря на сравнительно небольшую единичную мощность ГУБТ, использующих потенциальную энергию избыточного давления доменного и природного газов, стоимость 1 кВт · ч энергии оказывается ниже, чем на крупных районных КЭС и заводских ТЭЦ. Ниже также капитальные вложения и приведенные затраты. Возможность полной автоматизации установок ГУБТ простыми средствами, а также возможность ее кооперации с другими энергетическими установками позволяют свести к минимуму число обслуживающего персонала и иметь штатный коэффициент на уровне, характерном для крупных современных станций.

Поскольку техника эта новая, еще только начинает внедряться и существующие мощности оборудовать ГУБТ сложно, то доменные печи, работающие на повышенном давлении, оборудованы ГУБТ к настоящему времени только на 4,0%, а фактическая выработка электроэнергии от возможной составляет 4,9%. На отдельных металлургических заводах (табл. 27) возможная выработка электроэнергии достигает 350 — 630 млн. кВт · ч в год при необходимых капитальных вложениях от 5,0 до 9,0 млн. руб. Общие капитальные вложения по МЧМ СССР, необходимые для полного оснащения доменных печей ГУБТ, оцениваются в 89,8 млн. руб. Средний срок окупаемости составит 1,92 года¹.

¹ Капитальные вложения, срок окупаемости рассчитаны для условий применения смешивающих газоподогревателей.

Технико-экономические показатели использования
избыточного давления доменного газа по МЧМ СССР
и некоторым металлургическим заводам

Завод, комбинат	Мощность ГТРС, тыс. кВт · ч	Выработка электро- энергии, млн. кВт·ч/год		Расчетные капи- тальные вложе- ния, млн. руб.
		возмож- ная	фактичес- кая	
МЧМ СССР, всего	771,1	6168,8	304,0	89,8
В том числе:				
ММК	61,5	492,0	48,0	7,2
Череповецкий метал- лургический	43,0	344	160,0	5,0
"Азовсталь"	51,0	408	—	5,9
Криворожский метал- лургический	79,0	632,0	96,0	9,2

Еще большими резервами избыточного давления обладают газорасши-
рительные станции природного газа. Возможная выработка электроэнер-
гии в настоящее время без подогрева газа оценивается в
1,12 млрд. кВт · ч в год по потреблению природного газа в черной метал-
лургии и в 8,57 млрд. кВт · ч в год всего по СССР при необходимых
капитальных вложениях 14,1 и 107,1 млн. руб. Срок окупаемости сос-
тавит 1,49 года. Экономия топлива при условии удельного расхода на

Экономическая эффективность внедрения ГУБТ
в народное хозяйство СССР *

Наименование показателей	Возможная выра- ботка электро- энергии, млрд. кВт · ч в год	Капитальные вложения в строительство ГТРС, млн.руб.	Экономия ка- питальных зат- рат, млн. руб.	Экономия при- веденных зат- рат, млн. руб.
Избыточное давление домен- ного газа	6,17	89,8	53,3	21,2
<i>Без подогрева газа высокого давления **</i>				
Избыточное давление при- родного газа	8,57 1,12	107,1 14,1	91,7 11,9	36,7 4,8
<i>С подогревом газа высокого давления **</i>				
То же.	12,0 1,57	174,4 22,9	104,0 13,5	41,3 5,4
		22,9	13,5	5,4

* Сравниваются варианты строительства ГТРС.

** В числителе — по СССР, в знаменателе — по МЧМ СССР.

замещаемых станциях 0,35 кг/(кВт · ч) составит соответственно 393,8 и 2998,6 тыс. т у.т.

Ниже приведена выработка электроэнергии в 1980 г. при использовании избыточного давления природного газа, млрд. кВт · ч в год:

Без подогрева природного газа высокого давления:	
по СССР	12,02
в том числе по МЧМ	1,67
С подогревом газа высокого давления до 100°С:	
по СССР	16,82
в том числе по МЧМ	2,34

Результаты расчета народнохозяйственного эффекта приведены в табл. 28.

Из приведенных данных видно, что ресурсы выработки электрической энергии на базе использования потенциальной энергии избыточного давления доменного и природного газов сопоставимы с крупными межрайонными КЭС. Таким образом, высокие технико-экономические показатели выработки электроэнергии на ГТРС и простота технического решения этой проблемы обуславливают целесообразность использования избыточного давления газов. Для дальнейшего снижения себестоимости электроэнергии необходимо рассмотреть вопрос промышленного испытания сухих газоочисток на доменных печах и оснащения ГУБТ поверхностными газоподогревателями, использующими низкопотенциальное тепло промышленных предприятий.

5. Рациональное использование вторичных тепловых ресурсов

Особенностью топливно-энергетического баланса предприятий черной металлургии является наличие значительных количеств вторичных тепловых ресурсов. От уровня их использования зависят эффективность топливопотребления и оптимальность топливно-энергетического баланса. Это определяет дальнейшие пути укрепления топливно-энергетического баланса и экономии топлива путем максимальной утилизации вторичных энергетических ресурсов и повышения к.п.д. топливопотребления в черной металлургии.

В настоящее время при годовом выходе вторичных тепловых энергетических ресурсов (ВТЭР) свыше 420 млн. ГДж фактическое их использование в утилизационном оборудовании находится на уровне 30%. Степень использования ВТЭР, которыми располагает черная металлургия, по основным металлургическим производствам характеризуется следующими данными, %:

Доменное	12,0	Прокатное	25,0
Мартеновское	42,0	Коксохимическое	10,0
Конверторное	84,0	Огнеупорное	64,0

При повышении уровня использования ВТЭР на металлургических заводах до 70 — 80% можно практически полностью удовлетворить произ-

водственную потребность металлургических предприятий в тепловой энергии за счет выработки ее в утилизационных устройствах. Опыт передовых металлургических предприятий подтверждает эту возможность. Так, на Коммунарском и Макеевском металлургических заводах производственные потребности в тепловой энергии покрываются на 82,0 и 92,5% за счет ВТЭР (табл. 29).

Ниже приведены данные, характеризующие долю выработки тепловой энергии по основным утилизационным установкам, %:

Котлы-утилизаторы за печами	
мартеновскими	23,5
нагревательными	10,7
обжиговыми	7,2
Установки сухого тушения кокса	9,1
Охладители конверторных газов	10,6
Установки испарительного охлаждения печей	
мартеновских	22,2
нагревательных	10,2
доменных	3,4
Прочие установки	3,1

В 1978 г. на предприятиях МЧМ СССР работало свыше 1000 утилизационных установок, которые выработали свыше 147,0 млн. ГДж тепловой энергии. Основная масса утилизационной тепловой энергии (43,7%) вырабатывается утилизационными устройствами мартеновских печей, где фактический уровень использования физического тепла отходящих газов равен 28,6%. Полное использование тепла отходящих газов мартеновских печей позволит сэкономить до 37% потребляемого в этом производстве первичного топлива. Высокая доля выработки тепловой энергии в утилизационных установках мартеновских печей обусловлена преобладающим значением этого способа производства стали в настоящее время, а также хорошей оснащенностью утилизационным оборудованием. Из всех действующих утилизационных установок около 50% установлены в мартеновских цехах.

Однако имеющееся количество утилизационных установок в настоящее время не может обеспечить полную утилизацию тепла металлургических агрегатов. Основные технологические агрегаты металлургических заводов оснащены утилизационным оборудованием на 50 — 80%.

Таблица 29

Покрытие потребности в тепловой энергии на базе ВТЭР
на металлургических предприятиях

Металлургический завод, комбинат	Выработано тепловой энергии в год млн. ГДж	Доля ВТЭР в общей выработке тепловой энергии, %	Покрытие потребности предприятий в тепловой энергии за счет ВТЭР, %
ОХМК	5,0	53,5	78,9
НТМК	5,0	23,1	27,5
Челябинский	7,5	40,0	56,0
Коммунарский	5,4	50,0	82,0
Макеевский	4,6	71,0	92,5

Большинство котлов-утилизаторов вырабатывает тепловую энергию в виде пара давлением от 0,6 до 1,2 МПа при температуре до 250 — 300°C. Вместе с тем при существующем уровне утилизации тепла (30 — 50%) на ряде заводов образуются кратковременные избытки выработанной тепловой энергии по параметрам, удовлетворяющим потребителей, а также низкопотенциальной тепловой энергии, не находящей потребителей. Следовательно, повышение производительности утилизационных установок, наращивание мощностей по освоенным типам утилизационных установок, а также разработка и внедрение утилизации на металлургических агрегатах могут привести к неполному потреблению тепловой энергии, особенно низких и средних параметров. Поэтому в проблеме использования вторичных тепловых ресурсов наряду с увеличением степени утилизации важное значение приобретают и вопросы полного и рационального использования выработанной тепловой энергии. Тепловой баланс современного металлургического завода характеризуется недостаточно полным развитием средств энергетической утилизации, большим преобладанием ресурсов пара низкого давления, который используется всего на 40 — 50%, и недостатком пара давлением 1,0 — 1,8 МПа, покрываемым острым паром заводских ТЭЦ. Такое положение отмечается на многих металлургических предприятиях, где потребность в тепловой энергии покрывается за счет выработки ТЭЦ на 50 — 80%. Доля выработки тепловой энергии на ТЭЦ по отдельным металлургическим заводам и комбинатам в 1978 г. характеризуется следующими данными, %:

ММК	64
Челябинский	41
Карагандинский	64
Коммунарский	40
НТМК	6,9

Низкая степень использования ВТЭР объясняется рядом объективных причин: недостаточной оснащенностью утилизационным оборудованием агрегатов — источников ВТЭР; сложностью полного использования установленного оборудования; возможностью покрытия потребностей в тепловой энергии за счет централизованной выработки ее в специализированных энергетических установках; несоответствием проектных параметров утилизационных устройств фактическим условиям эксплуатации; отсутствием надлежащего учета выхода и использования ВТЭР; отсутствием оптимальных схем формирования, взаимосвязи и распределения потоков тепловой энергии, выработанной в утилизационных и централизованных энергетических установках.

Ликвидация этих недостатков может уже в ближайшее время значительно повысить степень утилизации тепловых отходов металлургической промышленности, что может дать значительный экономический эффект. Отечественная практика использования вторичных тепловых энергетических ресурсов подтверждает их экономическую целесообразность. Себестоимость 1 ГДж тепловой энергии, полученной в котлах-утилизаторах, значительно ниже себестоимости пара, получаемого в промышленных котельных и на заводских ТЭЦ за счет сжигания первичного топлива. Капитальные вложения в утилизационные установки, отнесенные на

1 т сэкономленного топлива, ниже, чем в добычу и транспорт, а стоимость тепловой энергии, вырабатываемой в утилизационных установках, меньше, чем в основных энергетических установках. Например, себестоимость пара, вырабатываемого в котлах-утилизаторах (КУ) мартеновских и нагревательных печей металлургических заводов в УССР, составляет 0,19 — 0,29 руб/ГДж, себестоимость получения его в котельных 0,48 — 0,71 руб/ГДж, а капиталовложения в сооружение котлов-утилизаторов составляют 15 — 20 руб/т условного топлива, что на 25 — 30 руб/т условного топлива меньше, чем капиталовложения в добычу и транспорт замыкающего топлива.

Эффективность использования ВТЭР не ограничивается только экономией топлива. В ряде случаев использование ВТЭР способствует повышению производительности, увеличению длительности рабочей кампании основных технологических установок, уменьшению количества промышленных выбросов. Например, установка КУ за мартеновскими печами повышает их производительность на 2 — 3% вследствие улучшения тягодутьевого режима, уменьшает расход воды в 2,0 — 2,5 раза, электроэнергии на привод эксгаустеров на 20 — 30%, расход топлива на подогрев отходящих газов перед дымовой трубой на 20 — 25%. Применение установок сухого тушения кокса повышает качество кокса и увеличивает производительность коксовых батарей, уменьшает количество промышленных выбросов.

Теплоэнергетический баланс современных металлургических предприятий формируется во взаимодействии двух систем — централизованной энергетической на базе заводских ТЭЦ и утилизационной на базе ВТЭР. ТЭЦ металлургических заводов — это специализированные энергетические хозяйства, предъявляющие определенные требования к качеству и видам топлива, ритмичности работы, предполагающие специализацию энергетических потоков при укрупнении единичных мощностей энергетических агрегатов. Только в этом случае их функционирование будет характеризоваться высокими энергетическими и экономическими показателями. В то же время технический прогресс в основных металлургических производствах создал условия для образования высокопотенциальных тепловых отходов больших объемов, что сделало возможным по условиям технологии значительно повысить теплотехнические характеристики утилизационной тепловой энергии до уровня, сопоставимого с выработанной в основных энергетических установках. Большие объемы образования ВТЭР, сопоставимые с первичными топливно-энергетическими потоками, и их дешевизна обусловили экономическую целесообразность их использования. Поэтому уже в настоящее время происходят сдвиги в формировании теплоэнергетического хозяйства металлургических предприятий с использованием ВТЭР.

Следовательно, необходимо дальнейшее совершенствование теплоэнергетической системы металлургических предприятий на базе полного использования ВТЭР и уменьшения доли выработки тепловой энергии в специализированных энергетических установках.

Раздел III

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Глава V

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИТСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

1. Ресурсы и использование графитсодержащих отходов черной металлургии

Проблема повышения эффективности производства путем снижения материалоемкости при развитии безотходной технологии приобретает все более важное значение для оценки и использования материальных отходов и побочной продукции металлургии. Научно-технический прогресс позволяет в настоящее время решить ее с позиций максимальной экономии природных ресурсов, полного и рационального использования потребляемых ресурсов.

Развитие техники все более меняет технико-экономическую основу категории отходов, которые теперь не могут рассматриваться иначе, как вторичные ресурсы, как элемент комплексности технологии или стадийности производства при полной переработке всех материальных ресурсов. С развитием техники практически все отходы приобретают потребительную стоимость и тем самым становятся полноценным материальным элементом общественного производства, возвращаясь вновь в производство или становясь сырьевой основой нового производства. Последнее является комплексным народнохозяйственным методом решения проблемы вторичных ресурсов, условием создания и развития безотходного производства.

Например, в числе вторичных материальных отходов в черной металлургии видное место занимает металлургическая окись железа, которая вследствие многих технических обстоятельств стала вовлекаться в народнохозяйственный оборот лишь в самое последнее время. Металлургическая окись железа является ценным и дефицитным сырьем для многих отраслей промышленности, прежде всего электронной промышленности для производства ферритов и постоянных магнитов, пигментной промышленности — для производства синтетических красных железисто-окисных пигментов, а также используется как сырье для производства железного порошка и для литейного производства и как крокус для зеркальной промышленности. Однако в производстве ее имеется ряд проблем — дороговизна и сложность технологии, узость сырьевой базы и др. Основным способом получения окиси железа, издавна применяемым в промышленности, является термическое разложение железного купороса.

Следует подчеркнуть, что потребность в окиси железа электронной, электротехнической и ряда других отраслей промышленности постоянно увеличивается. Это обусловлено прежде всего тем, что создаваемая

на базе окиси железа ферритная техника является важным звеном научно-технического прогресса во многих отраслях народного хозяйства.

Одним из видов отходов, которые приобрели потребительную стоимость, являются также графитсодержащие отходы (ГСО) металлургического производства, включающие три основных компонента: чугунный скрап, графитовую спель и шлак. Все три основных компонента ГСО в настоящее время нашли применение как в черной металлургии, так и в других отраслях народного хозяйства, и их использование уже сейчас может быть во много раз увеличено с большим народнохозяйственным эффектом, особенно при использовании графитовой спели или графитового концентрата в качестве сырья для графитовой промышленности, а также и чугунного скрапа. За счет более полной и рациональной переработки комплексных графитсодержащих отходов заводов черной металлургии может быть существенно повышена степень безотходности производства и достигнута значительная народнохозяйственная экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов.

Однако на пути широкого и полного вовлечения ГСО металлургического производства в народнохозяйственный оборот имеется много нерешенных технических и экономических проблем. Одна из них — строение и научно обоснованное определение ресурсов ГСО металлургического производства. Основным условием образования и выделения ГСО является понижение температуры жидкого чугуна, начиная от выпуска его из доменной печи и кончая сливом в сталеплавильные агрегаты или разливкой на разливочных машинах. Оно обусловлено понижением растворимости углерода в жидком чугуне с понижением температуры расплава. Зависимость, характеризующая растворимость углерода в железе для жидкого состояния по стабильной системе, выражается уравнением Шенка:

$$C = 1,30 + 2,57 \cdot 10^{-3} t_{\text{ч}}, \quad (50)$$

где C — растворимость углерода в железе, % (по массе);
 $t_{\text{ч}}$ — температура чугуна (1153–2000°С).

Выделение углерода в виде графитовой спели из расплава при понижении температуры определяется выражением

$$C_{\text{в}} = 2,57 \cdot 10^{-3} \Delta t, \quad (51)$$

где $C_{\text{в}}$ — количество выделявшейся графитовой спели при понижении температуры расплава на Δt .

Пользуясь этим выражением, можно определить выделение графитовой спели из жидкого чугуна от момента выпуска из горна доменной печи до потребителя.

В процессе охлаждения жидкого чугуна из него выделяется растворенный в нем углерод в виде чешуек графита, которые вследствие меньшей плотности и развитой поверхности при всплывании захватывают с собой частицы чугуна и шлака, образуя графитовую спель. В процессе охлаждения жидкого чугуна графитовая спель смешивается с образующимися

на поверхности корками чугуна и шлака, с которыми соприкасается жидкий чугун: в канавах, в желобах, в чугуновозных ковшах и т.д.

Практика металлургических заводов показывает, что в чугуновозных ковшах жидкий чугун остывает со скоростью 3—6°С/ч, при переливах — примерно на 30, в миксерах — на 80—130°С/ч. Однако в некоторых случаях длительность циклов прохождения жидкого чугуна определяется не только установившимися транспортными и другими связями, но и требованиями технологии. Например, для разливки жидкого чугуна на разливочных машинах оптимальная температура, по данным УкрНИИМета, составляет 1300—1390°С, в то время как чугун из мощных доменных печей, работающих в условиях интенсификации процесса, выпускается при температуре 1480—1520°С. На металлургических заводах уменьшают скорость разливки или выдерживают чугуновозные ковши перед разливкой, чтобы приблизить температуру разливки к оптимальной. Это обусловлено тем, что шлак в чугуне и выделяющийся графит не позволяют чугунным слиткам остыть до брызгал. Кроме того, шлак и графит привариваются к чушке, что приводит к увеличению брака.

При интенсивной работе доменных печей в настоящее время существенно возросло содержание углерода в чугуне и, соответственно, выделение его в виде графитовых отходов. В настоящее время на разных заводах чугун выпускается со следующим содержанием углерода, %:

ММК	4,63—4,85
Днепродзержинский	4,40—4,70
Донецкий	4,30—4,70
Череповецкий	4,80—5,38

В обычных условиях доменной плавки содержание углерода в чугунах может быть установлено по формуле

$$C = 4,30 - 0,27 Si - 0,32 P + 0,32 Mn . \quad (52)$$

Для передельных чугунов оно составляет в среднем 4,1 %, для литейных 3,5 % и ферросилиция 1,5—2,0 %.

Повышение давления газов на колошнике и в горне увеличивает скорость чугуна на выпуске, в результате чего происходит более бурное его перемешивание и больше доменного шлака, содержащего графит, попадает в чугуновозные ковши.

Таким образом, графитсодержащие отходы образуются на всех стадиях цикла прохождения жидкого чугуна по мере его охлаждения, располагаясь над его зеркалом в чугуновозном ковше. Они могут быть отделены от чугуна на определенных стадиях технологического процесса. В зависимости от мест образования и выделения ГСО разделяются на группы и виды:

1. ГСО доменных печей — это корки чугуна и шлака с налетом графитовой спелы, выделившиеся в процессе выпуска жидкого чугуна, которые при "ломке" канав и погрузке в вагоны смешиваются с канавным мусором и другими материалами. Это — так называемый скрап у доменных печей, содержащий 80—85 % чугуна, шлак, песок, графит. Количес-

во скрапа у доменных печей зависит от вида чугуна (литейный или передельный), протяженности канав, качества заправки, перегрева чугуна, квалификации горновых. Одноносковая разливка позволила существенно сократить потери чугуна в скрап при выпуске. На мощных доменных печах потери чугуна в скрап в два раза меньше, чем на печах меньшей мощности. По данным Криворожского металлургического завода, количество чугунного скрапа на 1 м² желоба при выпуске передельного чугуна составляет 272 кг, а при выпуске литейного чугуна 590 кг. Несмотря на более горячий ход доменной плавки, литейные чугуны более микро- и макрогетерогенны вследствие графитизирующего влияния кремния. По некоторым данным, с увеличением содержания кремния в чугуне значительно увеличивается содержание в нем свободного углерода в виде графита, что видно из табл. 30.

Интенсификация доменной плавки и перегрев чугуна, а также улучшение организации производства значительно сокращают потери чугуна в скрап у доменных печей, которые на различных металлургических заводах составляют от 0,1 до 0,85 % от выплавленного передельного чугуна (в среднем 0,28 %); количество графитсодержащих отходов при этом составляет 0,37 % от выплавленного передельного чугуна. Для литейных чугунов количество графитсодержащих отходов в отчетах обычно принимается 0,75 %, а потери чугуна в скрап 0,6 % от выплавленного литейного чугуна.

2. ГСО разливочных машин:

а) чугунный скрап и крошье от разбрызгивания при разливке вместе со шлаком, графитовой спелью и мусором. Скрап на разливочных машинах на 75—80 % состоит из чугуна, остальное — шлак, песок, мусор. Потери чугуна в скрап на разливочных машинах в среднем по металлургическим заводам составляют 0,48 % от общего количества разливаемого литейного и передельного чугуна;

б) послекантовочные ГСО — остатки чугуна, шлака и графитовой спели в чугуновозных ковшах после разливки, выкантовываемые в шлаковые чаши. Эти графитсодержащие отходы на 60—70 % состоят из чугуна, остальное — печной шлак, шлак внедоменного обессеривания, песок с желобов при выпуске, графитовая спель. Количество послекантовочных графитсодержащих отходов зависит от вида чугуна, его химического состава, качества (требует или нет внедоменного обессеривания), пере-

Таблица 30

Влияние содержания кремния в чугуне
на величину свободного углерода

Содержание кремния в чугуне, %	Содержание углерода, %		
	свободного (графита)	связанного (Fe ₃ C)	общего
0,5	0,45	4,0	4,45
1,0	1,33	3,1	4,43
4,0	3,20	0,8	4,40
4,5	3,40	1,0	4,00

грева, выдержки в ковше, скорости слива (в миксер или на разливочные машины), от работы горновых. В них теряется 1,2–1,7 % от разливаемого литейного чугуна и 0,4–0,5 % от передельного, что соответствует образованию послекантовочных графитсодержащих отходов — 1,8–2,6 % (в среднем 2,2 %) для разливаемых литейных чугунов и в среднем 0,7 % для разливаемых передельных.

3. Миксерные ГСО:

а) доменный шлак с корольками чугуна и графитовой спелью в чугуновозных ковшах, удаляемый машинами для скачивания шлака или сливаемый в миксеры;

б) доменный шлак с графитовой спелью и корольками чугуна, периодически спускаемый из миксера в шлаковые чаши, в которые попадает также часть жидкого чугуна;

в) остатки доменного шлака с графитовой спелью, сливаемые вместе с жидким чугуном из миксера в сталеплавильные агрегаты.

4. Графитовая пыль — это графитовая спель вместе с брызгами чугуна и шлака, выделяющаяся в атмосферу при переливах жидкого чугуна (на выпусках, при заливке и сливе на миксерах, при заливке в сталеплавильные агрегаты и т.д.) или улавливаемая системами графитоулавливания.

5. Ковшевые ГСО — это чугунные настывы со шлаком, графитовой спелью и футеровкой на чугуновозных ковшах и заливных желобах, отделяемые от них при профилактических и капитальных ремонтах.

Удельное образование и средний состав различных видов ГСО по девяти металлургическим заводам и комбинатам (Череповецкому, Новолипецкому, Западно-Сибирскому, КМК, ММК, Криворожскому, Ждановскому им.Ильича, "Азовстали", "Свободному Соколу") представлены в табл. 31.

Разные физико-химические свойства и состав отдельных видов ГСО обусловили различный подход к определению их ресурсов. Так, количество ГСО (скрапа) у доменных печей определяли методом взвешивания вагонов с этим видом ГСО после "ломки" канав и относили к количеству спущенного жидкого чугуна. Структуру ГСО определяли отбором усредненной пробы, разделением ее на компоненты с последующим взвешиванием каждого отдельного компонента. Количество миксерных и послекантовочных ГСО определялись с помощью замера толщины доменного шлака в чугуновозных ковшах.

Однако представляется недостаточным фиксирование и последующая статистическая обработка характеристик ГСО, особенно качественных. В основном это касается миксерных и послекантовочных ГСО, в которых из-за неравномерного распределения графитовой спели невозможно взять представительную (усредненную) пробу. Содержание графита в них колеблется в очень широких пределах. В связи с этим возникает необходимость в уточнении экспериментальных данных расчетным путем методом проведения баланса углерода по всем видам ГСО, общее количество которого соизмеряется с количеством выделяющегося из жидкого чугуна углерода за определенный период. При этом было отмечено, что количество углерода $C_{\text{в}}$, выделяющегося из жидкого чугуна,

Таблица 31

Характеристика различных видов графитсодержащих отходов
при выплавке перепельных чугунов (в знаменателе — для литейных)

ГСО	Количество ГСО кг/т чу- гуна	Чугунный скрап, %	Шлак, %	Мусор, %	Графит*, %
У доменных печей	2,0 5,5	92,0 90,0	5,0 6,5	3,0 3,5	0,16 0,20
На разливочных машинах: скрап	3,1 5,2	81 79	5,0 5,0	14,0 16,0	0,3 0,4
послекантовочные.	16,6 27,2	65 60	33,0 37,0	2,0 3,0	8,6 (3,6)** 11,2 (4,5)**
Миксерные:					
в ковшах перед сливом	25,0	5,0	95,0	—	6,0
скачиваемые из ковшей	10,0	12,0	88,0	—	—
сливаемые из миксеров	—	9,0	91,0	—	3,8
сливаемые в сталепла- вильный агрегат	—	5,0	95,0	—	—
Графитовая пыль	0,4	18,0	—	—	40,0
Ковшовые ГСО	0,26 0,32	57,0 48,0	7,0 12,0	36,0 40,0	0,5 0,6

* Графит приведен сверх 100 %, включающих чугунный скрап, шлак и мусор.

** Без скобок — количество графита перед разливкой в процентах к шлаку, в скобках — после разливки в процентах к общей массе послекантовочных ГСО.

при его охлаждении не совпадает с ранее полученным из известного уравнения Шенка.

Анализ этого несовпадения показал, что процесс графитовыделения из жидкого чугуна при его охлаждении находится в прямой зависимости от степени насыщения чугуна углеродом на выпуске:

$$\Delta C = C_{\text{ф}} - C_{\text{р}}, \quad (53)$$

где $C_{\text{ф}}$, $C_{\text{р}}$ — соответственно фактическая и равновесная концентрации углерода в жидком чугуне при температуре выпуска, %.

Равновесное содержание углерода $C_{\text{р}}$ определяется по формуле (52)

$$C_{\text{р}} = 1,27 + 2,57 \cdot 10^{-3} t_{\text{чуг}} - 0,34 \text{ Si}.$$

Следует отметить, что коэффициент $2,57 \cdot 10^{-3}$ один и тот же для реального чугуна в приведенном уравнении и в уравнении Шенка для железоуглеродистого расплава, а свободные члены характеризуют влияние примесей чугуна (кремния, марганца, фосфора, серы) на растворимость углерода в чугуне. Это указывает на одинаковую зависимость выделения графита при понижении температуры жидкого чугуна разных видов и марок. Но такая зависимость имеет место при условии равновесной концентрации углерода в чугуне, которая не всегда достигается в горне доменной печи и на выпуске (табл. 32).

Таблица 32

Характеристика жидкого чугуна, выплавленного на современных доменных печах ряда металлургических предприятий

Металлургический завод, комбинат	Объем печи, м ³	К.и.п.о, м ³ /сутки	Вид чугуна	Температура чугуна на выпуске, °С	Содержание углерода, % *	Степень насыщения углеродом на выпуске, %	
						$C_F/C_P \times 100$	$(C_F - C_P) \times 100$
Череповецкий	1033	0,501	Литейный	1550	4,71/4,5	104	+0,21
	2000	0,448	Передельный	1489	4,77/4,87	97,9	-0,10
	2700	0,467	"	1498	4,81/4,8	100,2	+0,01
Новолипецкий	2000	0,476	Передельный	1490	4,79/4,899	97,8	-0,11
	3200	0,464	"	1510	4,82/4,9	98,4	-0,08
Ждановский им. Ильича	1033	0,484	Передельный	1483	4,68/4,821	97,1	-0,14
	2002	0,524	"	1485	4,73/4,796	98,6	-0,066
Криворожский	2000	0,535	Передельный	1475	4,51/4,64	98,0	-0,07
	5000	0,554	"	1520	4,81/4,776	100,7	+0,034
КМК	1033	0,517	Литейный	1471	4,45/4,14	102,0	+0,11
	2002	0,548	Передельный	1454	4,66/4,84	96,5	-0,18
Западно-Сибирский	2000	0,468	Передельный	1492	4,91/4,78	97,3	-0,13
	3000	0,519	"	1496	4,82/4,89	98,5	-0,07

* В числителе — фактическое содержание углерода в чугуне на выпуске, в знаменателе — равновесное.

Средняя по ряду крупнейших металлургических заводов относительная степень насыщения литейного чугуна углеродом в настоящее время составляет 101,4 %, абсолютная +0,10 %; для передельного чугуна — соответственно 98,58 % и -0,07 %. Перенасыщение углеродом литейного чугуна происходит в условиях высоких температур в горне доменной печи, где диссоциируют не только непрочные карбиды кремния и фосфора, но и карбиды железа с образованием силицидов и фосфоридов. В передельном чугуне, в котором кремния в несколько раз меньше, чем в литейном чугуне, значительно меньше и степень насыщения чугуна углеродом.

Насыщение чугуна углеродом в горне доменной печи определяется также рядом особенностей технологии выплавки чугуна, в том числе характером топлива и рудной части шихты, температурным и шлаковым режимом горна и т.д. Интенсификация доменного процесса за счет повы-

шения температуры дутья, применения кислорода и природного газа приводит к росту парциального давления CO , к увеличению доли косвенного восстановления железа, к повышению температуры в горне и к большому насыщению чугуна углеродом. Агломерация, предварительное офлюсование и другие средства подготовки рудной части шихты делают ее легковосстановимой и приводят к дополнительному перегреву чугуна в горне. Борьба с серой вынуждает доменщиков работать на флюсах, определяющих повышенную основность шлаков, что также повышает температуру чугуна в горне, способствует более высокому насыщению чугуна углеродом.

На рис. 12 представлена зависимость степени насыщения передельного чугуна углеродом от полезного объема доменных печей, отражающая в определенной мере степень интенсификации доменного процесса.

По данным исследований, на ряде металлургических заводов установлена прямая зависимость графитовыделения при охлаждении жидкого чугуна C_B , начиная с его выпуска, от степени его насыщения углеродом, которая выражается уравнением

$$C_B = 2,57 \cdot 10^{-3} (t_{\text{вып}} - t_T) + (C_F - C_P), \quad (54)$$

где $t_{\text{вып}}, t_T$ — соответственно температуры на выпуске и текущая, $^{\circ}\text{C}$;
 $(C_F - C_P)$ — абсолютная степень насыщения жидкого чугуна углеродом на выпуске.

При среднем снижении температуры жидкого передельного чугуна на 102°C от выпуска и до слива в миксер количество выделившегося углерода составляет

$$C_B = 2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 102 - 0,07 = 0,192 \%, \text{ или } 1,92 \text{ кг/т чугуна.}$$

Для литейного чугуна при среднем снижении его температуры на 149°C от выпуска и до разлива выделение графита составляет

$$C_B = 2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 149 + 0,10 = 0,48 \%, \text{ или } 4,8 \text{ кг/т чугуна.}$$

В результате проведенного баланса по углероду между всеми видами ГСО для передельного чугуна расчетное содержание графита в миксерных ГСО составило 6 % по отношению к шлаковой составляющей вместо полученных по измерениям 3,34 %, а для литейного чугуна в послекантовочных ГСО — 11,2 % вместо 29,3 %. Такое несоответствие

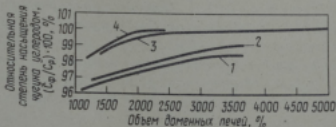


Рис. 12. Степень насыщения передельного чугуна углеродом в зависимости от полезного объема доменных печей: 1 — НЛМЗ; 2 — ЗСМЗ; 3 — "Криворожисталь"; 4 — ММК

вызвано погрешностями при определении химического состава ГСО и недостаточной представительностью проб. Приведенные выше расчетные показатели соответствуют данным Ждановского графитового завода, который собирает и перерабатывает ГСО некоторых металлургических заводов. По приведенной методике были определены ресурсы графитосодержащих отходов металлургических заводов (табл. 33).

Из приведенной табл.36 видно, что на металлургических заводах образуется более 3 млн.т ГСО, включающих около 800 тыс.т чугунного скрапа и почти 200 тыс.т графита; при этом количество скрапа, например в миксерных ГСО, принято без учета дополнительных потерь чугуна, которые имеют место при сборе ГСО (при скачивании шлака из чугуновозных ковшей или при спуске шлака из миксеров).

В настоящее время металлургами в качестве доменного присада используется около 13 % от всех ресурсов ГСО. От кислого и высокосернистого доменного шлака уменьшается стойкость сталеплавильных агрегатов, увеличивается расход топлива, извести, уменьшается выход жидкой и годной стали. Расчеты, проведенные по указанной методике, показали, что 1 т ГСО, попадающая вместе с жидким чугуном в кислородный конвертор, увеличивает расход извести на 1,02 т и требует дополнительного расхода тепла, достаточного для расплавления 2,33 т металлолома. Отсутствие контроля и непостоянство количества доменных шлаков (ГСО), сливаемых вместе с чугуном в сталеплавильные агрегаты, приводят к трудностям в шихтовке и в определении тоннажа плавки, увеличивая количество недоливов при разливке стали.

Исследования показали большую зашлакованность передельных чугунов, сливаемых в миксеры. Так, на Криворожском металлургическом заводе было установлено, что количество шлака в чугуновозных доменных ковшах, подаваемых в миксеры, составляло от 0,5 до 5,5 % от сли-

Таблица 33

Структура графитосодержащих отходов заводов Минчермета в 1977 г.

Вид чугуна и ГСО	Количество ГСО	В том числе	
		скрапа	графита
Выплавлено:			
передельного чугуна	101290/92,7	—	—
литейного чугуна	8000/7,3	—	—
Графитосодержащие отходы:			
у доменных печей	246,6/7,3	226,0/29,2	0,41/0,21
на разливающих ма-			
шинах	41,6/1,2	32,9/4,3	0,17/0,09
послекантовочные	217,6/6,4	130,5/16,8	24,40/12,50
миксерные	2532,3/74,7	114,0/14,7	151,80/77,50
ковшовые	308,3/9,1	271,3/35,0	1,54/0,80
графитовая пыль	44,9/1,3	—	17,50/8,90
Итого	3391,3/100	774,7/100	195,82/100

Примечание. В числителе — количество отходов, выраженное в тысячах тонн, в знаменателе — то же, в процентах.

того чугуна, а в среднем составляло 0,77—1,35 %, что соответствует 2,2—3,8 % графитсодержащих отходов от сливаемого чугуна.

На Нижне-Тагильском комбинате установлено, что количество шлака составило около 1 % (по массе) от сливаемого чугуна. Исследования, проведенные на Карагандинском металлургическом заводе, показали, что вместе с чугуном в большегрузные кислородные конверторы попадало до 5 % доменных шлаков при сливе чугуна из миксеров и до 12 % доменных шлаков при сливе чугуна в конверторы из чугуновозных доменных ковшей.

Установлено, что с увеличением полезного объема доменных печей и степени интенсификации доменной плавки увеличивается не только степень насыщения чугуна углеродом, но и количество доменного шлака, попадающего вместе с чугуном в чугуновозные ковши (рис.13). Такая зависимость объясняется более высокими скоростями прохождения чугуна по канавам и желобам в литейных дворах более мощных доменных цехов, что ухудшает условия задержания шлака в скиммерных устройствах, увеличивает разрыв канавных покрытий.

В то же время ГСО включает такие ценные составляющие, как чугунный скрап и графитовую спель. Чугунный скрап при рациональном способе его извлечения и переработки может заменять чушковый чугун в ваграночной плавке, применяться в качестве доменного присада, а мелкий — как металлодобавка при производстве агломерата.

Значительны ресурсы высококачественного графитового концентрата (графитовой спели), который можно уловить в газоочистных сооружениях сталеплавильных и доменных цехов. Вследствие большой адсорбционной способности даже только что выделившийся из жидкого чугуна графит содержит только 30—75 % (в среднем 60 %) углерода, адсорбируя между пластинками кремний (4,5—15,3 %) и другие присутствующие в чугуне элементы, т.е. графитовая спель представляет собой в некотором роде комплексное сырье. Однако вопрос этот еще недостаточно исследован, но уже вполне обоснованно можно говорить в настоящее время о настоятельной необходимости полного и рационального использования графитовой составляющей ГСО.

Графитовая составляющая является очень ценным сырьем для производства графита, имеющего широкое применение во многих отраслях народного хозяйства: в реактивной технике, в атомной энергетике, телевизионной, электротехнической, химической, огнеупорной, электронной, металлургической, машиностроительной, автомобильной и других видах промышленного производства. Ждановский графитовый завод

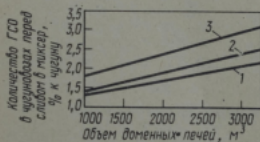


Рис. 13. Зависимость количества миксерных ГСО от полезного объема доменных печей металлургических заводов: 1 — Новолипецкого; 2 — завода им. Ильича; 3 — Череповецкого

уже несколько лет специализируется на производстве коллоидных графитовых препаратов из ГСО металлургического производства, а также аккумуляторного графита, графитовых смазок, дающих большой народно-хозяйственный эффект. 1 т графитовой смазки марки ОГВ создает экономический эффект у потребителей 1920 руб., марки "Укренол" — 2007 руб. При этом графитовая продукция из ГСО получается более высокого качества и при более простой технологии, а значит, и дешевле, чем из природных графитовых руд. Шлаковая составляющая ГСО находит применение в дорожном и строительном производстве.

Как было отмечено, наиболее ценным сырьем для графитовой промышленности является графитовая пыль с высоким содержанием графита (в среднем 40 %, в отдельных случаях до 80 %), не требующая предварительной переработки на металлургических заводах.

Каждый миксер должен быть оснащен совершенной системой графитоулавливания, эффективность которой теперь может оцениваться не только с позиций качественно экономических и социальных, но и с позиций определения экономического эффекта от использования улавливаемой графитовой пыли.

Из табл. 33 видно, что в общей структуре ГСО наибольший объем (74,7 %, или более 2,5 млн. т в год) занимают миксерные ГСО, в них в среднем 6 % графита. Задача заключается в том, чтобы полностью отделить миксерные ГСО (в основном доменный шлак) от жидкого чугуна, а затем переработать их с целью разделения на основные составляющие (чугунный скрап, графитовую спель и шлак). Решение этой задачи, даже без эффекта от реализации ГСО, создает огромную экономию на предприятиях черной металлургии за счет повышения эффективности сталеплавильного производства и улучшения качества стали.

Использование ГСО металлургического производства глубоко затрагивает проблемы комбинирования производства и комплексного использования сырья. Оперативное и научно обоснованное решение всех этих проблем по использованию ГСО металлургического производства открывает важный резерв повышения эффективности и качества металлургического производства. Однако следует отметить, что в настоящее время еще слабо изучена потребность народного хозяйства в графите. Многие отрасли промышленного производства, не имея достаточного количества графита, обходятся другими материалами.

Потребление графита в наиболее развитых капиталистических странах очень велико (свыше 250 тыс. т графита в год потребляется только в США). Графит является остродефицитным материалом на международном рынке, и спрос на него практически не ограничен.

Использование графитосодержащих отходов металлургических заводов позволит намного увеличить производство графита, часто более дешевого и более качественного, чем природный, а вовлечение в народно-хозяйственный оборот большого количества чугунного скрапа, содержащегося в этих отходах, намного улучшит приходную часть баланса лома в стране и повысит эффективность металлургического производства. Вместе с тем использование графитосодержащих отходов пока еще не

получило должной экономической оценки, что, естественно, сдерживает развитие их переработки и приводит к большим народнохозяйственным потерям от недоиспользования выбывающих из сферы материального производства этих графитсодержащих отходов. Возникает необходимость создания соответствующих методологических и методических разработок по оценке графитсодержащих отходов.

2. Методические основы оценки и эффективности использования металлургических графитсодержащих отходов

Графитсодержащие отходы среди других вторичных ресурсов черной металлургии занимают особое место, что обусловлено в первую очередь их комплексностью. Использование огромной массы графитсодержащих отходов, которые с расширением и интенсификацией доменного процесса имеют тенденцию к увеличению как в удельном, так и в абсолютном объеме, ставят, кроме технических, ряд экономических проблем, связанных с занимаемым графитсодержащими отходами местом во всей совокупности потребительных стоимостей.

По своей экономической природе графитсодержащие отходы занимают промежуточное положение между отходами и побочной продукцией. Чугунный скрап графитсодержащих отходов с полным основанием может быть отнесен к отходам. Графит и шлак могут рассматриваться как побочная продукция. Однако в настоящее время металлургические заводы используют в основном только скрап, образующийся у доменных печей и на разливочных площадках, что составляет более 30 % от всех ресурсов скрапа графитсодержащих отходов.

Использование графитсодержащих отходов должно быть основано на соответствующей экономической их оценке. Так, себестоимость производства графита на базе графитового концентрата из отходов металлургических заводов в 1,5 раза ниже, чем из графитовых руд. Это является следствием того, что оценка графитсодержащих отходов в настоящее время осуществляется на основе затрат по их сбору и себестоимости переработки, т.е. без учета овеществленных в них затрат труда.

Металлургические графитсодержащие отходы — это одновременно чугунный скрап и высококачественное сырье для производства графита и изделий из него. Для народного хозяйства они имеют важное значение вследствие не только большого количества, но и того, что их рациональная переработка и использование позволят сэкономить значительные трудовые и материальные затраты, о чем свидетельствуют данные, приведенные проф. Л.Л.Зусманом для металлолома. Если эти данные использовать лишь применительно к чугунному скрапу металлургических графитсодержащих отходов и пересчитать их пропорционально объему скрапа за 1978 г., то получится, что для восполнения вывезенного в отвалы 0,6 млн.т железа, содержащегося в чугунном скрапе, потребуется около 0,7 млн.т чугуна, 1,7 млн.т железной руды, 0,4 млн.т кокса, 0,2 млн.т известняка. На производство, добычу и подготовку всех этих продуктов нужно затратить около 6 млн.чел.-ч. В то же время трудовые

затраты по вовлечению в народнохозяйственный оборот 0,6 млн. т лома составляют примерно 1,7 млн. чел.-ч. Таким образом, общая экономия от использования только чугунного скрапа будет равна более 4 млн. чел.-ч, что соответствует труду около 1,8 тыс. человек в течение года.

Изложенный ранее принцип оценки отходов, основанный на признании содержания в них общественно необходимых затрат (стоимости) является важным фактором экономии огромных масс материалов, мобилизации ресурсов вторичного сырья и в конечном итоге экономической предпосылкой безотходного производства. Так, "крошье" из-под конусов и на выходе из разливочных машин частично используется в шихту доменных печей, частично идет в отвалы. При этом в "крошье", идущем в отвалы, безвозвратно теряется графит. В результате не уменьшается стоимость используемого компонента отходов — чугунного скрапа — на величину стоимости теряемого графита. Если "крошье" используется в доменных печах, то графит может вновь оказаться в доменном процессе, как и углерод кокса, и в этом случае потери будут лишь в виде разницы цен на графит и кокс. Воздушная сепарация графитсодержащих отходов только за счет выделенного графитового концентрата позволила бы снизить себестоимость чугуна на величину стоимости выделенного графитового концентрата P_r , руб.:

$$P_r = Q_r C_{r.k} - Z_d, \quad (55)$$

где Q_r — количество выделенного графитового концентрата, т;

$C_{r.k}$ — стоимость графитового концентрата¹, отправляемого на графитовый завод, руб/т;

Z_d — дополнительные затраты на переработку графитсодержащих отходов, руб.

Реализация чугунного скрапа и графитового концентрата от переработки настыйей на желобах разливочных машин и горловин чугуновозных ковшей снизила бы себестоимость чугуна на величину P , руб.:

$$P = Q_c C_c + Q_r C_r - Z_d, \quad (56)$$

где Q_c — количество чугунного скрапа, т;

C_c — стоимость чугунного скрапа, руб.

Таким же методом может быть рассчитан эффект от переработки послекантовочных графитсодержащих отходов и от реализации их ценных составляющих — чугунного скрапа и графитового концентрата.

Графитсодержащие отходы, превращаясь из отходов производства в побочную продукцию, в значительной мере снижают себестоимость основного продукта. Это объективный процесс, обусловленный распределением трудовых затрат при одновременном производстве чугуна и побочной продукции, поскольку последняя приобретает потребительную стоимость. Кроме того, правильная экономическая оценка как самих графитсодержащих отходов, так и продукции из них, заменяющих другие

¹ Стоимость графитового концентрата устанавливается по ценам на первичное сырье.

первичные материалы, имеет не только оценочное значение, но и в значительной мере упорядочивает хозрасчетные отношения между цехами — поставщиками и потребителями чугуна.

Последнее положение можно проиллюстрировать на примере оценки миксерных графитсодержащих отходов. Особенности в оценке миксерных графитсодержащих отходов определяются характером их образования, а также влиянием их на технологию сталеплавильного производства. Если скрап у доменных печей, у разливочных машин и послекантовочные графитсодержащие отходы образуются, выявляются и собираются в доменном цехе, то миксерные графитсодержащие отходы в полной мере выявляются уже в миксерных отделениях сталеплавильных цехов, т.е. у потребителя жидкого чугуна. Они в известной степени ухудшают технологию сталеплавильного производства, снижают стойкость миксеров, а также выход годной стали, являясь в то же время ценным сырьем для металлургии и других отраслей народного хозяйства.

Большие трудности возникают при экономической оценке и сопоставлении разных способов сталеплавильного производства (мартеновского, конверторного, электросталеплавильного). Графитсодержащие отходы по-разному искажают технико-экономические показатели работы цехов в зависимости от удельного количества потребляемого жидкого чугуна. Если хозрасчетные отношения внутри завода и даже министерства в какой-то мере можно урегулировать (это выразится в форме перераспределения средств), то искажение технико-экономических показателей работы цехов и производств может привести к некоторому искажению выводов о путях достижения наиболее эффективной структуры переделов в черной металлургии.

Очевидно, в хозрасчетных отношениях между доменными и сталеплавильными цехами должны найти отражение количество миксерных графитсодержащих отходов и их оценка, а также учтены и показатели качества чугуна в зависимости от них. По мнению автора, эти хозрасчетные отношения следует дополнить системой приплат за качество поставляемого чугуна в зависимости от наличия в нем графитсодержащих отходов, ориентируясь на оптимально допустимый их уровень. Тогда приплата сталеплавильных цехов доменным (Л, руб) за чугун при его зашлакованности менее предельно допустимой может быть установлена по формуле

$$Л = C_{\text{ч}} P_{\text{ч}} (E_{\text{д}} - E_{\text{ф}}) / 100 \cdot C'_{\text{ст}} / C''_{\text{ст}}, \quad (57)$$

где $C_{\text{ч}}$ — себестоимость чугуна, руб/т;

$P_{\text{ч}}$ — количество чугуна, поставляемого в сталеплавильные цехи, т;

$E_{\text{д}}, E_{\text{ф}}$ — соответственно предельно допустимое и фактическое содержание неметаллической части миксерных графитсодержащих отходов в чугуне, %;

$C'_{\text{ст}}$ — себестоимость стали при переработке чугуна с неметаллической частью миксерных графитсодержащих отходов, руб/т;

$C''_{\text{ст}}$ — себестоимость стали при переработке чугуна, чистого от неметаллической части миксерных графитсодержащих отходов, руб/т.

При $E_{\Phi} > E_d$ по формуле (57) вычисляется приплата доменных цехов сталеплавильным.

Система приплат позволяет учитывать в себестоимости стали влияние такого фактора, как миксерные графитсодержащие отходы. Это создает экономические стимулы для доменных цехов в борьбе за качество поставляемого чугуна (а количество миксерных графитсодержащих отходов часто зависит от причин организационного порядка). Показатель себестоимости $C_{\text{ст}}^0$ при переработке в сталь чистого от неметаллических примесей чугуна (при этом будут иными и другие технико-экономические показатели) дает возможность создать сопоставимые условия для оценки работы сталеплавильных цехов различных заводов, а также типов процессов. Разумеется, с поставляемого в сталеплавильные цехи чугуна должна сниматься неметаллическая часть графитсодержащих отходов в соответствии с текущими анализами прибывающего в миксерные отделения чугуна.

Дополненная приплатами за качество чугуна система хозрасчета между доменными и сталеплавильными цехами создает также экономические стимулы и для сталеплавильных цехов в поисках и внедрении способов отделения от чугуна графитсодержащих отходов до того, как они будут оказывать свое вредное влияние в сталеплавильных агрегатах. Этот экономический стимул еще более усиливается от того, что продукция от переработки графитсодержащих отходов имеет определенную стоимость и реализация ее снижает себестоимость производимой стали на величину P_o [формула (56)].

От улучшения технологии, увеличения стойкости и производительности сталеплавильных агрегатов, от уменьшения расхода топлива и добавочных материалов в результате отделения миксерных графитсодержащих отходов от жидкого чугуна себестоимость стали уменьшится на величину $\Delta C_{\text{ст}}$:

$$\Delta C_{\text{ст}} = P_{\text{ст}} (C_{\text{ст}}^{\Phi} - C_{\text{ст}}^0), \quad (58)$$

где $P_{\text{ст}}$ — количество выплавленной стали, т;

$C_{\text{ст}}^{\Phi}$ — себестоимость стали при переработке чугуна с наличием в нем фактического количества миксерных графитсодержащих отходов, руб/т;

$C_{\text{ст}}^0$ — себестоимость стали при переработке чугуна, от которого отделены миксерные графитсодержащие отходы, руб/т.

Таким образом, общее снижение себестоимости стали при отделении от получаемого жидкого чугуна миксерных графитсодержащих отходов составит

$$\Delta C_{\text{ст}}^0 = P_o + \Delta C_{\text{ст}}. \quad (59)$$

В изменившихся условиях, когда миксерные графитсодержащие отходы будут отделяться от чугуна в сталеплавильных цехах и реализоваться, система приплат, сыграв положительную роль, окажется излишней, взаиморасчеты между цехами намного упростятся: отделенные от чугуна миксерные графитсодержащие отходы будут учитываться отдельно и

снижать себестоимость чугуна в соответствии с их количеством и установленной стоимостью (они производятся одновременно с производством чугуна, но не стали).

Экономическая оценка графитсодержащих отходов по эквивалентности потребительной стоимости заменяемых ими первичных материалов других производств является надежной основой углубления и укрепления хозяйственного расчета, призванного отражать истинные общественные затраты труда, стимулировать их экономию. Она заключается в установлении критериев для определения величины затрат труда, заключающихся в графитсодержащих отходах, чтобы распределить суммарные издержки производства между отходами и чугуном. Правильная экономическая оценка графитсодержащих отходов позволит установить величину затрат на производство чугуна и определить действительный уровень его себестоимости.

Из графитсодержащих отходов выделяются два главных компонента — чугунный скрап и графитовый концентрат (выделенный доменный шлак и мусор являются отходами производства). Однако характер образования и сбора графитсодержащих отходов, а также технология их переработки обуславливают выход нескольких сортов чугунного скрапа, который может использоваться в разных производствах и заменять собой различные первичные материалы. Так, отделяемые крупные фракции чугунного скрапа (размерами 30—200 мм) могут выступать заменителями штыкового чугуна в вагранках; средние фракции (размером 5—30 мм) могут использоваться в качестве металлодобавок в доменных печах; мелкие фракции (размерами 0—5 мм) могут поступать на окискование совместно с железными рудами и концентратами. Графитовый концентрат выступает заменителем графитовых руд при производстве графита и изделий из него.

Экономическая оценка графитсодержащих отходов будет складываться из оценки выделенных из них компонентов, заменяющих по эквивалентности потребительных стоимостей первичные продукты других производств. Разнообразие производств и первичных материалов, которые заменяют в определенной пропорции выделенные составляющие графитсодержащих отходов, усложняет задачу их экономической оценки. Однако в решении ее имеется общий методологический принцип, а именно: оценка различных сортов чугунного скрапа, а также графитового концентрата может быть только такой, чтобы себестоимость чугуна (доменного или ваграночного) или графита при их производстве с использованием выделенных составляющих графитсодержащих отходов не превышала бы их себестоимости при производстве из первичных (заменяемых) материалов. Поэтому соответствующим образом должны быть распределены затраты труда между всеми продуктами комплексного металлургического производства — чугуном, скрапом и графитом.

Оценка крупной фракции чугунного скрапа из графитсодержащих отходов должна быть такой, чтобы себестоимость ваграночного чугуна, выплавленного на чугунном скрапе, не превышала бы себестоимости

ваграночного чугуна с металлозавалкой на штыковом чугуне. Поскольку оцениваемый чугунный скрап (крупные фракции), используемый при ваграночной плавке, заменяет основное сырье этой плавки (штыковой чугун), постольку в нем овеществляется количество труда, эквивалентного труду, овеществленному в заменяемом им сырье, в соответствии с их сравнительной технологической ценностью.

Математической моделью оценки чугунного скрапа крупной фракции из графитсодержащих отходов, заменяющего штыковой чугун в ваграночной плавке, может служить следующее уравнение, выражающее указанный принцип оценки чугунного скрапа крупной фракции $C_{с.к.}$ руб.:

$$C_{с.к.} = \frac{C_{ч.ш} \cdot \chi_{ш} + C_{из} (I - I') + C_K (K - K') + (C_{\phi} \Phi - C'_{\phi} \Phi') + (P - P')}{\chi_c}, \quad (60)$$

где $C_{ч.ш}$ — стоимость (себестоимость) штыкового чугуна, руб/т;

$\chi_{ш}, \chi_c$ — средний расход на 1 т ваграночного чугуна соответственно штыкового чугуна и оцениваемого чугунного скрапа, т;

$C_{из}$ — стоимость известняка, руб/т;

I, I' — средний расход известняка на 1 т ваграночного чугуна соответственно при плавке на штыковом чугуне и при переплаве чугунного скрапа, т;

C_K — стоимость кокса, руб/т;

K, K' — средний расход кокса на 1 т ваграночного чугуна соответственно при плавке на штыковом чугуне и при переплаве чугунного скрапа, т;

P, P' — расходы по переделу в ваграночной плавке на штыковом чугуне и чугунном скрапе, руб/т;

C_{ϕ}, C'_{ϕ} — стоимость ферросплавных материалов в ваграночной плавке соответственно на штыковом чугуне и чугунном скрапе, руб/т;

Φ, Φ' — расход ферросплавных материалов на 1 т ваграночного чугуна при плавке соответственно на штыковом чугуне и чугунном скрапе, т.

Разумеется, затраты овеществленного в чугунном скрапе труда в момент его образования будут выражаться величиной $C_{о.с}$ за вычетом затрат на сбор и переработку графитсодержащих отходов, на реализацию и транспортные расходы выделенного из них чугунного скрапа крупной фракции. При этом затраты на сбор и переработку графитсодержащих отходов являются комплексными, общими для чугунного скрапа и графита, поэтому они должны быть распределены между ними пропорционально доле их стоимости.

Оцениваемый чугунный скрап крупной фракции имеет ту особенность, что его кругооборот не ограничивается рамками данного предприятия: приобретая товарную форму, он используется в вагранках других заводов. В то же время оцениваемый скрап образуется на металлургических заводах с разной себестоимостью чугуна и разными расходами по подготовке к ваграночной плавке. Вместе с тем можно считать, что этот чугунный скрап одного и того же качества не может иметь различной стоимос-

ти, кроме единой, определяемой общественно необходимыми затратами, овеществленной в заменяемом виде сырья (штыковом чугуна) в соответствии с эквивалентностью технологических (потребительских) свойств. Вопрос этот требует дополнительной теоретической разработки — оценивать ли чугунный скрап по средним издержкам на производство заменяемой продукции или на основе индивидуальных издержек.

В рамках металлургического предприятия, когда чугунный скрап не приобретает товарной формы, оценивать его можно не на основе затрат общественного труда, а на основе индивидуальной стоимости (себестоимости) штыкового чугуна на данном заводе. При оценке оборотного чугунного скрапа из графитсодержащих отходов на основе индивидуальных стоимостей штыкового чугуна на разных металлургических заводах суммарное количество затраченного на него труда остается таким же, как и при оценке оборотного чугунного скрапа каждого металлургического завода по количеству общественно необходимого труда. Кроме того, оценка оборотного чугунного скрапа по индивидуальной стоимости штыкового чугуна имеет преимущество и с точки зрения хозяйственных отношений на заводе, планирования и учета производства, поскольку на заводе ведется учет затрат индивидуальных, а не общественно необходимых.

Чугунный скрап средней фракции (размерами 5—30 мм) из графитсодержащих отходов выступает заменителем железорудной части шихты доменной плавки с учетом всех различий в составах этого скрапа и железорудной части шихты при отражении этих различий в технико-экономических показателях доменной плавки. Оценка средней фракции чугунного скрапа должна быть такой, чтобы себестоимость доменного чугуна с использованием оцениваемого чугунного скрапа не превышала бы себестоимости чугуна, производимого из железорудной шихты. В противном случае общество откажется от заменителя, который приводит к увеличению стоимости чугуна, а значит, и к снижению производительности труда, и будет потреблять лишь первичное сырье¹.

Методологические принципы оценки средней фракции чугунного скрапа из графитсодержащих отходов аналогичны оценке чугунного скрапа крупной фракции; вместе с тем они имеют свои особенности, которые обусловлены тем, что чугунный скрап средней фракции графитсодержащих отходов является отходом только на данном заводе и потребляется только на нем, не приобретая товарной формы. Стоимость оборотного чугунного скрапа средней фракции может быть определена по разнице между индивидуальной себестоимостью доменного чугуна и всеми затратами живого и овеществленного труда на производство доменного чугуна, кроме затрат на железорудную часть доменной плавки среднего на данном заводе состава, которые и являются искомой величиной.

Оценка чугунного скрапа средней фракции из графитсодержащих отходов $C_{с.с.}$, заменяющего железорудную часть доменной шихты, мож

¹ В случае отсутствия руды такой скрап будет использоваться независимо от того, приводит ли он к удорожанию чугуна или нет.

быть произведена аналогично известной формуле, применяемой к доменному присаду, руб.:

$$C_{c.c} = \frac{C_{c.ш} \alpha + C_{и} (И - И') + C_{к} (K - K') + (P - C_{п}) - (P' - C_{п}')}{\alpha'} \quad (61)$$

где $C_{c.ш}$ — усредненная стоимость 1 т железорудной части шихты в себестоимости доменного чугуна данного завода;

α — средний расход железорудной части шихты, т;

$C_{и}$ — стоимость известняка, руб/т;

$И, И'$ — средний расход известняка на 1 т чугуна соответственно с железорудной частью шихты и с добавкой оцениваемого чугунного скрапа, т;

$C_{к}$ — стоимость кокса, руб.;

K, K' — средний расход кокса на 1 т чугуна соответственно с железорудной частью шихты и с добавкой чугунного скрапа, т;

P, P' — расходы по переделу на выплавку доменного чугуна при работе доменных печей соответственно на железорудной шихте и с добавкой оцениваемого чугунного скрапа, руб/т чугуна;

$C_{п}, C_{п}'$ — стоимость побочной продукции доменной плавки соответственно на железорудной шихте и с добавкой оцениваемого чугунного скрапа, руб/т чугуна;

α' — расход оцениваемого скрапа на 1 т чугуна, т.

Мелкий чугунный скрап графитсодержащих отходов (фракции 0—5 мм) следует оценивать по стоимости руды, идущей на окискование (агломерацию), с учетом всех различий в составе мелкого чугунного скрапа и руды при отражении этих различий в технико-экономических показателях доменной плавки. Методика оценки мелкого чугунного скрапа в основном аналогична методике оценки чугунного скрапа крупной и средней фракции. Вместе с тем она имеет свои особенности, которые обусловлены тем, что мелкий чугунный скрап графитсодержащих отходов, как и чугунный скрап средней фракции, является отходом только на данном заводе и потребляется только на нем; он не приобретает товарной формы и поэтому сравнение мелкого чугунного скрапа следует вести с железорудным сырьем среднего состава на данном заводе.

Исходя из приведенных выше методологических принципов оценки стоимость 1 т мелкого чугунного скрапа ($C_{c.м}$) можно определить из следующего уравнения, руб.:

$$\begin{aligned} (C_{p.c} \alpha'_p + C_{c.м} \alpha_c + P'_a) \alpha' + C_{к} K' + C_{и} И' + P'_q = \\ = (C_{p.c} \alpha_p + P_a) \alpha + C_{к} K + C_{и} И + P_q, \end{aligned} \quad (62)$$

откуда

$$C_{c.м} = \frac{C_{p.c} (\alpha_p \alpha - \alpha'_p \alpha') + (P_a \alpha - P'_a \alpha') + C_{к} (K - K') + C_{и} (И - И') + (P_q - P'_q)}{\alpha_c \alpha'} \quad (63)$$

где α'_p — расход рудной шихты на 1 т агломерата с мелким чугунным скрапом, т;

- $C_{p.c}$ — стоимость 1 т рудной шихты (средневзвешенная из стоимости руд разного состава, потребляемых на данном заводе), руб.;
 P'_a — расходы по переделу на аглофабрике при производстве агломерата с мелким чугунным скрапом, руб/т агломерата;
 α_c — расход мелкого чугунного скрапа на производство 1 т агломерата, т;
 a' — коэффициент расхода агломерата с мелким чугунным скрапом на 1 т чугуна, т;
 K' — расход кокса на 1 т чугуна при плавке агломерата с мелким чугунным скрапом, т;
 I' — расход известняка на 1 т чугуна при плавке агломерата с мелким чугунным скрапом, т;
 $P'_ч$ — расходы по переделу в доменном цехе при плавке чугуна на агломерате с мелким чугунным скрапом, руб/т чугуна;
 C_k — стоимость кокса, руб/т;
 $C_{и}$ — стоимость известняка, руб/т.

Все коэффициенты без индексов (штрихов) означают те же показатели при производстве агломерата без мелкого чугунного скрапа и при выплавке из него чугуна.

Графитовый концентрат из металлургических графитосодержащих отходов следует оценивать на основе стоимости графитовой руды, используемой для производства графита и графитовых изделий в промышленности строительных материалов в качестве основной продукции, и затрат на разделение чугунного скрапа. Следовательно, в момент образования стоимость графита будет содержать затраты, равные себестоимости изделий (графитового концентрата) за вычетом части затрат на разделение графитосодержащих отходов.

Методологические принципы оценки металлургического графитового концентрата остаются теми же, что и для чугунного скрапа с той особенностью, что металлургический графитовый концентрат выступает в качестве заменителя, весьма разнообразного по технологическим свойствам первичного сырья — графитовых руд разного состава. Таким образом, для установления эквивалентности по технологической ценности сравнение металлургического графитового концентрата следует производить с графитовым сырьем некоторого среднего состава, определяемого фактической структурой этого сырья при производстве графита на всех заводах.

При этом следует учитывать различия в содержании чистого графита в металлургическом графитовом концентрате и в заменяемых им графитовых рудах, что обуславливает различные показатели процесса получения графита (длительность процесса, расход добавочных материалов, выход побочной продукции и др.), а следовательно, и разные величины эксплуатационных затрат при производстве графита и изделий из него. Очевидно, что оценка металлургического графитового концентрата может быть такой, чтобы себестоимость графита, полученного при этом, не превышала себестоимости его с использованием первичного сырья — графитовых руд.

Математической моделью оценки металлургического графитового концентрата ($C_{гp}^M$) может служить следующее уравнение, руб.:

$$C_{гp}^{cp} \alpha + D + R - C_n^{rp} = C_{гp}^M \alpha' + D' + P + F a' / a - C_n^{rp,k} \quad (64)$$

откуда

$$C_{гp}^M = [(C_{гp}^{cp} \alpha + D + R - C_n^{rp}) - (D' + P + F a' / a - C_n^{rp,k})] / \alpha' \quad (65)$$

где $C_{гp}^{cp}$ — стоимость 1 т графитовой руды в среднеотраслевой себестоимости графита, руб.;

α, α' — соответственно средний расход графитовой руды и расчетный расход металлургического графитового концентрата на 1 т графита, т;

D, D' — стоимость добавочных материалов (флотомасла, соды кальцинированной, соляной кислоты, извести) соответственно в среднеотраслевой себестоимости графита и при переработке металлургического графитового концентрата, руб/т графита;

R — расходы по переделу в среднеотраслевой себестоимости графита, руб/т графита;

P — переменная часть расходов по переделу графитовых руд, руб/т графита;

F — постоянная часть расходов по переделу графитовых руд, руб/т графита;

a — среднеотраслевая длительность цикла получения единицы графита, ч;

a' — длительность цикла получения единицы графита при переработке металлургического графитового концентрата, ч;

$C_n^{rp}, C_n^{rp,k}$ — соответственно стоимость побочной продукции в среднеотраслевой себестоимости графита и при переработке металлургического графитового концентрата, руб.

Использование отходов и побочной продукции позволяет уменьшить выработку идентичной по потребительским свойствам продукции там, где она является основной и где на нее производятся некоторые общественно необходимые затраты труда. Продукция данного вида и назначения, каким бы образом она ни была получена, будет стоить обществу того количества труда, которое при данном уровне развития техники необходимо было бы затратить для ее производства по основной технологии на моносырье. Поэтому необходимо учитывать все изменения в величинах отходов и побочной продукции, а также в их потребительских свойствах.

Вместе с тем большое экономическое значение имеет качественная переработка отходов, в том числе и графитсодержащих. Различия в качестве чугунного скрапа, извлекаемого из графитсодержащих отходов, в значительной мере обуславливают наиболее целесообразное направление их использования. Очевидно, использование чугунного скрапа графитсодержащих отходов только в качестве заменителя железорудной части шихты в доменных печах и на аглофабриках (в то время как часть его может заменять более дорогой штыковой чугун в вгранках)

будет приводить к экономическим потерям для общества, потому что такое использование чугунного скрапа не является общественно необходимым, не отвечает требованиям экономических законов социалистического хозяйства и в первую очередь закона экономии общественного труда (времени). Поэтому переработка графитосодержащих отходов должна быть такой, чтобы оценка продукции из них была бы дифференцированной в соответствии с их качеством и целесообразными направлениями использования при данном уровне развития производства.

Образование отходов в общественном производстве, а также и в общественном потреблении их вследствие приобретения ими потребительных стоимостей оказывает определенное влияние на объем и распределение капиталовложений в народное хозяйство. Каждая единица продукции стоит обществу не только некоторых затрат труда живого и овеществленного в оборотных фондах, но и затрат, овеществленных в основных фондах и переносимых на стоимость готовой продукции. Таким образом, производство продукции из отходов и величина ее стоимости зависят также от стоимости орудий труда, а значит, и от объема капитальных затрат, обеспечивающих производство данной продукции.

Для придания отходам (или продукции из них) определенных технологических свойств и в соответствии с ними необходимых потребительских свойств требуются некоторые капитальные затраты для нормального функционирования основных фондов при производстве определенной продукции из отходов. Соизмерение капитальных затрат с себестоимостью продукции из отходов определяет эффективность производства переработки отходов, а также их сбора и реализации готовой продукции из них.

В условиях социалистического хозяйства на производство каждого отдельного продукта, в том числе и из отходов (в отличие от капиталистического хозяйства), затрачивается не индивидуальный капитал, а вся сумма прошлого и вновь присоединяемого труда в общественном производстве. Глубокое разделение общественного труда обуславливает взаимосвязь отраслей производства и поэтому для определения эффективности того или иного технического мероприятия, осуществляемого в какой-либо отрасли или на каком-либо предприятии, следует учитывать изменение капитальных вложений в сложной цепи взаимосвязанных с данным предприятием сопряженных отраслей и производств.

Однако в учете капитальных вложений в мероприятия по переработке отходов, ставших побочной продукцией, имеется особенность, обусловленная тем, что все сопряженные отрасли и предприятия по производству элементов оборотных фондов с разбивкой их по концентрациям уже были учтены в капитальных вложениях в основную продукцию (чугун), когда отходы (графитосодержащие) были потерями производства. К затратам на техническое мероприятие по переработке графитосодержащих отходов присоединяются дополнительные прямые капитальные затраты, а также капитальные затраты в сопряженных производ-

ствах. Но расчет эффективности переработки графитсодержащих отходов соизмерением только дополнительных капитальных затрат с себестоимостью продукции из графитсодержащих отходов не даст верной картины всех затрат на это техническое мероприятие, поскольку окажутся не учтенными капитальные затраты на производство (образование) отходов.

Оценивая отходы и побочную продукцию в качестве заменителей первичного сырья или идентичной продукции в других отраслях по стоимости последних в меру их сравнительной технологической ценности, на них следует относить часть капитальных вложений, пропорциональную их технологической ценности, и это является основным принципом в методологии определения и учета капитальных вложений, относимых на отходы и побочную продукцию. Вытесняя определенное количество первичного сырья, отходы и побочная продукция выступают носителями части стоимости основных фондов, переносимой на данное сырье, а значит, представляют ту часть капитальных затрат, которая сэкономлена в производстве первичного сырья. Если стоимостная оценка отходов и побочной продукции исходит из их эквивалентности с первичным сырьем по технологической ценности, то очевидно, что этот критерий должен служить мерой, отнесения на них и капитальных затрат или мерой экономии капитальных затрат в производстве.

Исходя из приведенных методологических принципов, капитальные вложения на чугунный скрап крупной фракции (30–200 мм) из графитсодержащих отходов ($K_{с.к.}$), заменяющий штыковой чугун в ваграночной металлозавалке, можно определить по формуле, аналогичной принятой для оценки этого скрапа по эксплуатационным затратам, руб.:

$$K_{с.к.} = [K_q \cdot \chi_{шт} + K_{и.и'}(и - и') + K_k(k - k') + \sum_{i=1}^n K_{\phi}^i(\phi_i - \phi'_i)] / \chi_c, \quad (66)$$

где K_q — народнохозяйственная капиталоемкость штыкового чугуна, руб/т;

$\chi_{шт}, \chi_c$ — средний расход соответственно штыкового чугуна и оцениваемого чугунного скрапа на 1 т ваграночного чугуна, т;

$K_{и.и'}$ — народнохозяйственная капиталоемкость известняка, руб/т;

$и, и'$ — средний удельный расход известняка при ваграночной плавке соответственно штыкового чугуна и оцениваемого чугунного скрапа, т;

K_k — народнохозяйственная капиталоемкость кокса, руб.;

k, k' — средний удельный расход кокса при ваграночной плавке соответственно штыкового чугуна и оцениваемого скрапа, т;

$\sum_{i=1}^n K_{\phi}^i$ — сумма капитальных затрат в народное хозяйство на i -тые ферросплавные материалы, руб/т;

ϕ_i, ϕ'_i — расход i -тых ферросплавов на 1 т ваграночного чугуна соответственно на штыковом чугуне и оцениваемом скрапе, т.

Оцениваемый чугунный скрап крупной фракции из графитсодержащих отходов в момент его образования аккумулирует в себе величину затрат прошлого труда в виде капитальных вложений, равную разности

величин $K_{кр} - K_n$, где K_n — капитальные затраты по сбору и переработке скрапа из графитсодержащих отходов с учетом смежных (сопряженных) отраслей производства.

Как при оценке отходов по эксплуатационным затратам, капиталоемкость товарного чугунного скрапа крупной фракции из графитсодержащих отходов следует определять по народнохозяйственным удельным капитальным затратам на штыковой чугун с учетом вложений в сопряженные отрасли. Капиталоемкость оборотного чугунного скрапа крупной фракции из графитсодержащих отходов определяется на основе удельных капитальных затрат на 1 т штыкового чугуна на данном заводе с учетом затрат всех сопряженных отраслей.

Капитальные вложения, относимые на чугунный скрап средней фракции $K_{с.с}$ (3—30 мм), заменяющий железорудную часть доменной шихты, могут быть определены по формуле, руб.:

$$K_{с.с} = [K_p \alpha_p + K_{и} (И - И') + K_k (k - k') - (K_{отх} - K'_{отх})] / \alpha_c, \quad (67)$$

где K_p — капиталоемкость железорудной части доменной шихты (средняя по заводу с учетом сопряженных отраслей), руб/т;

α_p — средний на заводе удельный расход железорудной доменной шихты, т;

$K_{и}$ — капиталоемкость известняка, руб/т;

$И, И'$ — средний удельный расход известняка соответственно при доменной плавке железорудной шихты и при доменной плавке с добавкой оцениваемого чугунного скрапа, т;

K_k — капиталоемкость кокса, руб/т;

k, k' — средний удельный расход кокса соответственно при доменной плавке железорудной шихты и при доменной плавке с добавкой оцениваемого чугунного скрапа, т;

$K_{отх}, K'_{отх}$ — капиталоемкость отходов доменной плавки соответственно на железорудной шихте и с добавкой оцениваемого чугунного скрапа, руб/т;

α_c — удельный расход оцениваемого чугунного скрапа, т.

Капиталоемкость чугунного скрапа средней фракции графитсодержащих отходов, заменяющего железорудную часть доменной шихты и только данного завода (оборотный доменный присад), определяется на основе удельных капитальных затрат на 1 т железорудной части шихты данного завода с учетом затрат всех сопряженных отраслей.

Капиталовложения, относимые на мелкий чугунный скрап $K_{с.м}$ (0—3 мм) графитсодержащих отходов, заменяющий железорудное сырье при производстве агломерата, можно определить по формуле, руб.:

$$K_{с.м} = [(K_p \alpha_{ш} + K_t g' + K'_a) a' + K_k k' + K_{и} И'] [(K_p \alpha_{ш} + K_t g + K_a) a + K_k k + K_{и} И] / (\alpha_c a'), \quad (68)$$

где K'_a — удельные капитальные вложения в аглофабрику при спекании железных руд и концентратов с мелким чугунным скрапом, руб/т агломерата;

- K_p — капиталоемкость 1 т железорудного сырья (средняя по заводу с учетом сопряженных отраслей), руб/т;
 $\alpha_{ш}^i$ — расход рудной шихты на 1 т агломерата при спекании с мелким скрапом, т;
 K_T — капиталоемкость условного топлива, руб/т;
 g' — удельный расход условного топлива при агломерации с мелким чугунным скрапом, т;
 a^i — расход агломерата с мелким чугунным скрапом на 1 т чугуна, т;
 K_k — капиталоемкость 1 т кокса, руб/т;
 k' — расход кокса на 1 т агломерата с мелким чугунным скрапом, т;
 $K_{и}$ — капиталоемкость 1 т известняка, руб/т;
 $И'$ — расход известняка на 1 т агломерата с мелким чугунным скрапом, т;
 α_c — расход мелкого чугунного скрапа на производство 1 т агломерата, т.

Все коэффициенты с индексами (штрихами) означают те же показатели при производстве агломерата без мелкого чугунного скрапа и при выплавке из него чугуна. Так же, как для чугунного скрапа средней фракции графитсодержащих отходов, капиталоемкость мелкого чугунного скрапа, заменяющего железорудное сырье при производстве агломерата только на данном заводе, определяется на основе удельных капитальных затрат на 1 т железорудного сырья данного завода с учетом всех сопряженных отраслей.

Капитальные вложения, относимые на графитовый концентрат из графитсодержащих отходов (металлургический графитовый концентрат) $K_{г.к}$, заменяющий графитовые руды при производстве графита и графитовых изделий, следует определять по формуле, руб.:

$$K_{г.к} = \frac{(K_{гр} \alpha + \sum_{i=1}^n K_d^i D_i + K_T T + K_3 \mathcal{E} + K_r - K_{поб}^{гр})}{\alpha'} - \frac{(\sum_{i=1}^n K_d^i D_i' + K_T T' + K_3 \mathcal{E}' + K_r a'/a - K_{поб}^{гр.к})}{\alpha'}, \quad (69)$$

где $K_{гр}$ — народнохозяйственная капиталоемкость графитовой руды, руб/т;

α, α' — соответственно средний по отрасли расход графитовых руд и расчетный расход металлургического графитового концентрата на 1 т графита, т;

K_d^i — капитальные затраты в народное хозяйство на i -тые добавочные материалы, руб/т;

D_i, D_i' — расход i -тых добавочных материалов на 1 т графита, получаемого соответственно из графитовых руд и из металлургического графитового концентрата, т;

- K_T — народнохозяйственная капиталоемкость условного топлива, руб/т;
 T, T' — расход условного топлива на 1 т графита, получаемого соответственно из графитовых руд и из графитового концентрата, т;
 K_3 — народнохозяйственная капиталоемкость электроэнергии, руб/т;
 $3, 3'$ — расход электроэнергии на 1 т графита, получаемого соответственно из графитовых руд и из графитового концентрата, кВт · ч/т;
 K_r — капиталоемкость графита с учетом соответствующей части вложения в остальные участки завода, руб/т;
 a — среднеотраслевая длительность цикла получения единицы графита, ч;
 a' — длительность цикла получения единицы графита при переработке металлургического графитового концентрата, ч;
 $K_{п}^{гр}, K_{поб}^{гр.к}$ — капиталоемкость отходов производства графита соответственно из графитовых руд и из графитового концентрата, руб/т.

Капиталоемкость металлургического графитового концентрата, являющегося товарной продукцией, определяется по среднеотраслевым удельным капитальным затратам на графитовые руды с учетом вложений в сопряженные отрасли. Характер образования графитсодержащих отходов, а также технология их сбора и переработки не позволяют определить прямым счетом все затраты, которые можно было бы отнести на основную продукцию (чугун) и на графитсодержащие отходы.

Можно подсчитать дополнительные затраты (капитальные и эксплуатационные) на сбор и переработку графитсодержащих отходов, но они не отразят затрат на образование графитсодержащих отходов. Суммарные затраты на образование, сбор и переработку графитсодержащих отходов можно определить с помощью уже рассмотренного ранее критерия оценки продукции из отходов по потребительной стоимости их в соответствии с эквивалентностью технологических свойств заменяемых ими первичных материалов (сырья), на которые общество производит прямые затраты.

Очевидно, что эффективность переработки отходов вообще и графитсодержащих отходов в частности будет определяться уменьшением среднеотраслевой себестоимости основного продукта (чугуна) и той продукции, которая извлекается из отходов, при дополнительных капитальных затратах, не превышающих нормативные, иначе общество откажется от их переработки и будет вынуждено использовать первичные материалы.

Однако следует отметить, что продукция из отходов может использоваться и при повышенных издержках от их переработки, если потребность общества не может быть удовлетворена другим, более эффективным путем, например, из-за дефицита первичных материалов. Но тогда повышенные издержки становятся нормальными для данных условий

общественного производства. Поэтому с достаточным приближением можно принять метод оценки побочной продукции, извлекаемой из отходов, на основе среднеотраслевой себестоимости их в отраслях производства, где они являются основной продукцией, и затраты на них можно определить прямым расчетом. Таким образом, величина уменьшения суммарных затрат условно распределяется пропорционально величинам соответствующих количеств основных и побочных продуктов при раздельном их производстве в разных отраслях. Если $Z < A\alpha + B\beta$, то суммарные затраты будут распределяться между основной и попутной продукцией (Z_o, Z_n) следующим образом:

на основную продукцию будет отнесено

$$Z_o = Z - B\beta / (\alpha + B\beta); \quad (70)$$

на попутную продукцию из отходов —

$$Z_n = Z - A\alpha / (\alpha + B\beta); \quad (71)$$

где Z — суммарные издержки на получение единицы основной (на 1 т чугуна) и соответствующего количества попутной продукции, руб.;

A — единица основной продукции (1 т чугуна);

B — количество побочной продукции, получаемое при производстве единицы (1 т) основной продукции, т;

α — себестоимость основной продукции, получаемой без производства побочной, руб/т;

β — среднеотраслевая себестоимость единицы первичного материала, идентичного продукции, полученной из отходов, руб/т.

Используя формулы (70) и (71), можно определить количество удельных эксплуатационных затрат, относимых на основную и побочную продукции. Так, себестоимость единицы (1 т) основной продукции составит

$$C_o = Z\alpha / (\alpha + B\beta). \quad (72)$$

Себестоимость единицы (1 т) побочной продукции составит

$$C_n = Z\beta / (\alpha + B\beta). \quad (73)$$

Единство критерия оценки затрат (капитальных и эксплуатационных) на производство основной и побочной продукции (при замене ею первичных материалов в соответствии с эквивалентностью технологических свойств) обуславливает применение одинакового критерия и для отнесения этих затрат на основную и побочную продукцию.

Таким образом, суммарные капитальные затраты будут распределяться между основной и побочной продукцией следующим образом:

на основную продукцию будет отнесено

$$K_o = KA\alpha / (\alpha + B\beta); \quad (74)$$

на побочную продукцию из отходов —

$$K_n = KB\beta / (\alpha + B\beta), \quad (75)$$

где K — суммарные капитальные затраты на производство единицы (1 т) основной продукции (чугуна) и соответствующего количества побочной продукции, руб.;

K_o, K_n — капиталовложения, относимые соответственно на основную и побочную продукцию, руб.;

A — единица основной продукции (чугуна), т;

B — количество побочной продукции, получаемой при производстве единицы (1 т) основной продукции, т;

α — капиталоемкость основной продукции, получаемой без производства побочной, руб/т;

β — народнохозяйственная капиталоемкость единицы первичного материала, идентичного продукции, полученной из отходов, руб/т.

Из формул (74) и (75) можно определить удельные капитальные затраты, относимые на основную и побочную продукцию (K_o^y, K_n^y). Так, удельная капиталоемкость основной продукции (чугуна) составит

$$K_o^y = K \alpha / (\alpha + B\beta). \quad (76)$$

Удельная капиталоемкость побочной продукции составит

$$K_n^y = K \beta / (\alpha + B\beta). \quad (77)$$

Однако приведенные методологические принципы по отнесению капитальных затрат на основную и побочную продукцию применительно к побочной продукции из графитсодержащих отходов имеют ряд особенностей, обусловленных следующими обстоятельствами. Из графитсодержащих отходов получается несколько видов продукции разного назначения, которые заменяют первичные материалы других производств и отраслей не равнозначно, а в соответствии с эквивалентностью технологических свойств и потребительных стоимостей. Так, народнохозяйственная капиталоемкость единицы первичного материала, идентичного продукции, получаемой из отходов β , в формуле (74) для продукции из графитсодержащих отходов равна сумме:

$$\beta = K_{кр} + K_{ср} K_m + K_{гр} = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (78)$$

где $K_{кр}, K_{ср}, K_m, K_{гр}$ — капиталоемкости чугунного скрапа соответственно крупной, средней, мелкой фракции и графитового концентрата, установленные в соответствии с эквивалентностью технологических свойств и потребительных стоимостей заменяемых ими первичных материалов.

Количество попутной продукции, получаемой при производстве основной (1 т чугуна), также равно сумме:

$$B = B_{кр} + B_{ср} + B_m + B_{гр} = \sum_{i=1}^n B_i, \quad (79)$$

где $B_{кр}, B_{ср}, B_m, B_{гр}$ — количество попутной продукции, полученной из чугунного скрапа соответственно крупной, средней, мелкой фракции и графитового концентрата.

Таким образом, удельная капиталоемкость побочной продукции из графитсодержащих отходов будет равна

$$K_{п.г} = K \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{(\alpha + \sum_{i=1}^n B_i \sum_{i=1}^n K_i)}. \quad (80)$$

Удельная капиталоемкость основной продукции (чугуна) при переработке и реализации продукции из графитсодержащих отходов $K_{о.г}$ составит

$$K_{о.г} = K \alpha / (\alpha + \sum_{i=1}^n B_i \sum_{i=1}^n K_i). \quad (81)$$

Такая комплексная структура продукции, получаемой из графитсодержащих отходов, в значительной мере усложняет расчеты по отнесению капитальных затрат на каждый вид побочной продукции. Однако в формулах (80) и (81) соблюдается основной методологический принцип отнесения капитальных затрат на каждый вид продукции из графитсодержащих отходов пропорционально его извлечению и народнохозяйственной капиталоемкости первичного материала, заменяемого данным видом продукции из графитсодержащих отходов в соответствии с эквивалентностью их технологических свойств. Методологически это может быть выражено следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{K_{о.г}}{\alpha} &= \frac{K_{п.г}}{\sum_{i=1}^n K_i} = \frac{K_{п.кр}}{K_{кр}} = \frac{K_{п.ср}}{K_{ср}} = \frac{K_{п.м}}{K_{м}} = \frac{K_{п.гр}}{K_{гр}} = \\ &= \frac{K}{\alpha + \sum_{i=1}^n B_i \sum_{i=1}^n K_i} = \text{Const}, \end{aligned} \quad (82)$$

где $K_{п.кр}$, $K_{п.ср}$, $K_{п.м}$, $K_{п.гр}$ — удельные капитальные затраты, отнесенные на средневзвешенную побочную продукцию (в том числе на чугунный скрап крупной, средней, мелкой фракций) и на металлургический графитовый концентрат, руб/т;

$\sum_{i=1}^n K_i$, $K_{кр}$, $K_{ср}$, $K_{м}$, $K_{гр}$ — сумма народнохозяйственных (для товар-

ной побочной продукции) удельных капитальных затрат первичных материалов, заменяемых побочной продукцией из графитсодержащих отходов в соответствии с эквивалентностью свойств, руб/т;

α — себестоимость основной продукции, получаемой без извлечения побочной, руб/т;

K — суммарные (фактические) капитальные затраты на получение единицы основной продукции (1 т чугуна) и соответствующего количества побочной продукции, руб.

На основании формулы (82) можно рассчитать удельные капитальные затраты на переработку и реализацию графитсодержащих отходов, относимые как на основную продукцию (чугун), так и на каждый вид побочной продукции — на чугунный скрап и графитовый концентрат. В соответствии с рекомендуемой методикой может быть осуществлен расчет народнохозяйственной экономии от переработки и использования

графитсодержащих отходов, как пример эффективности безотходного производства.

Расчет себестоимости продукции из графитсодержащих отходов ведется на 100 тыс.т отходов, равных мощности установки по их переработке, с выходом продукции следующего состава, тыс.т/год:

Чугунный лом для вагранок	20
Доменный присад чугунный.	30
Графитовый концентрат (до 30 %)	9
Шлак и безвозвратные потери	41
Итого	100

1. Стоимость сырья как негабаритного лома с засоренностью более 5 % принимается по прейскуранту $11,0 \cdot 100 = 1100$ тыс.руб.

2. Энергетические затраты при переработке отходов составят

$$215 \cdot 0,45 \cdot 0,8 \cdot 6330 = 47,1 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч},$$

где 215 — установленная мощность, кВт;

0,45 — к.п.д. электродвигателя;

0,8 — коэффициент загрузки оборудования;

6330 — годовой фонд времени, ч.

Стоимость израсходованной электроэнергии составит

$$0,013 \cdot 47,1 = 0,6 \text{ тыс.руб.}$$

3. При штате трудящихся 22 человека, обслуживающих установку, годовой фонд заработной платы (основной и дополнительной с начислениями) составит 37,3 тыс.руб.

4. Расчет расходов на вспомогательные материалы приведен в табл.34.

5. Расчет амортизационных отчислений и расходов по содержанию и текущему ремонту основных средств приведен ниже:

Стоимость основных фондов, тыс.руб.	561,0
Амортизационные отчисления:	
средняя норма амортизации, %	4,2
сумма, тыс.руб.	23,6
Затраты на текущий ремонт и содержание основных средств:	
стоимость основных средств, %	2,3
сумма, тыс.руб.	13,1

Результаты приведенных расчетов, а также расчеты прочих расходов по переработке графитсодержащих отходов сведены в табл. 35. Ниже

Таблица 34

Расход и стоимость вспомогательных материалов на переработку графитсодержащих отходов

Материалы	Цена, руб/ (т, м³)	Количество,	Сумма, тыс.руб.
Индустриальное масло, т.	110—00	1,75	0,19
Канатная мазь, т.	130—00	0,18	0,02
Смазка типа УС, т.	360—00	0,53	0,19
Вода, м³	0—05	2000	0,10
Итого	—	—	0,5

приведена стоимость продукции на 100 тыс.т графитсодержащих отходов:

Ваграночный лом (20 тыс.т по 56,5 руб/т) . .	1130,0
Доменный присад (30 тыс.т по 17,1 руб/т) . .	513,0
Графитовый концентрат (9 тыс.т по 25 руб/т с содержанием до 30 % графита)	225,0
Дробленый шлак (40 тыс.т по 0,15 руб/т) . . .	6,0
Безвозвратные потери (1 тыс.т 6/ц)	—
Годовая продукция, тыс.т.	1874,0
Окупаемость, лет	0,87

Т а б л и ц а 35

Технико-экономические показатели переработки и использования графитсодержащих отходов

Показатели	Стоимость продукции на 100 тыс.т графитсодержащих отходов, тыс.руб.	Затраты на 1 т ваграночного лома, руб.	То же, за вычетом реализации доменного присада и графита, руб.	Затраты на 1 т ваграночного лома с эстакадно-го копра, руб.	Экономия в затратах на 1 т ваграночного лома по сравнению с переработкой на эстакадном копре, руб.
Сырье (11 руб/т) . .	1100,0	55,0	29,96	48,99	—
Зарботная плата с начислениями	37,3	1,87	0,76	0,83	0,17
Электроэнергия	0,6	0,03	0,012	0,45	—
Вспомогательные материалы	0,5	0,03	0,014	—	—
Амортизационные отчисления	23,6	1,18	0,48	1,36	—
Текущий ремонт и содержание основных средств . . .	13,1	0,66	0,27	1,88	—
Прочие цеховые расходы	9,6	0,48	0,20	0,42	—
Цеховая себестоимость	1184,7	59,24	24,08	—	—
Общезаводские расходы	59,8	2,99	1,22	—	—
Итого затрат *	1244,5	62,23	25,13	55,59	30,46
Реализация доменного присада, графитового концентрата и шлака	744,0	37,2	—	—	—
Прибыль	629,5	—	—	—	—
Капитальные вложения	561,0	28,05	11,4	29,0	17,6

* Эксплуатационные затраты на 1 т ваграночного чугунного лома за вычетом сумм от реализации доменного присада и графитового концентрата по статьям затрат определены из условия равенства (не более) отношения 25,13/62,23; при этом же условии определены и капитальные вложения.

Таким образом, при переработке и использовании той части графит-содержащих отходов, которые были вывезены в отвалы, может быть достигнута значительная народнохозяйственная экономия. На 1 т ваграночного лома из графитсодержащих отходов по сравнению с затратами на лом, перерабатываемый на эстакадных копрах, возможная экономия составит: эксплуатационных затрат (определяемых по величине экономии заработной платы) 0,17 руб. Ниже приведена возможная народнохозяйственная экономия при полном использовании графитсодержащих отходов:

	1968 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.
Эксплуатационных затрат, млн.руб	6,5	7,0	8,0	10,0
Капитальных вложений, млн.руб	3,7	4,1	4,6	5,8
Трудовых затрат (заработной платы), тыс.руб.	36	39	45	56
Приведенных затрат, млн.руб	6,9	7,5	8,5	10,6

Глава VI

РЕСУРСЫ И ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

1. Ресурсы и значение использования шлаков черной металлургии

Металлургические шлаки являются вторым продуктом металлургического производства как по ценности, так и по объему выпуска. Важность их для народного хозяйства связана не только с ценными физико-химическими (потребительскими) свойствами, но и с огромными масштабами производства, сравнимыми с народнохозяйственной потребностью в строительных материалах. Академик И.П.Бардин указывал: "Шлаки — это вовсе не отходы, как принято их считать в течение столетий и как по инерции считают их еще и сейчас нерадивые хозяйственники . . . Шлаки — это сотни миллионов рублей, это тысячи новых домов, база для дальнейшего строительства".

Важность использования шлаков связана также с благоприятной географией размещения металлургических заводов, которые, как прави-

Химический состав доменных шлаков

Группы заводов	Химический				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO
Юга	36 — 39	6 — 9	46 — 49	3 — 6	0,3 — 1,0
Центра	36 — 40	8 — 22	40 — 41	6 — 10	0,2 — 0,7
Востока	36 — 40	10 — 15	35 — 37	2 — 8	0,2 — 0,6
Востока (магнезиальные шлаки	34 — 36	14 — 17	29 — 34	12 — 15	0,4 — 0,7

ло, являются основой развития экономического района и центрами концентрации строительных мощностей.

Несмотря на снижение относительного выхода шлака на единицу металлургической продукции, общее его производство в черной металлургии растет. Относительное снижение выхода шлака обусловлено достигнутой в настоящее время высокой степенью обогащения железных руд, с чем непосредственно связан выход доменных шлаков, представляющих основную часть металлургических шлаков; общий же выход шлаков будет определяться главным образом ростом выплавки чугуна.

С увеличением выхода шлаков непрерывно возрастает на их основе производство различных материалов и в связи с этим использование металлургических шлаков в народном хозяйстве приобретает все более важное значение.

Многие годы металлургические шлаки были вредными отбросами производства, поскольку они захватывали большие площади земельных угодий, отторгая их из сферы полезного использования. В настоящее время они стали ресурсами материального производства. К таким ресурсам могут быть отнесены предметы труда, которые могут быть вовлечены в процессе производства на определенном этапе научно-технического развития. По своему производственному и экономическому значению металлургические шлаки могут быть причислены к природным ресурсам.

Характеризуя термин "природные ресурсы", экономгеографы подчеркивают в то же время, что "это категории не природные, а общественные, главным образом экономические". В этом смысле металлургические шлаки с полным основанием могут быть отнесены к категориям экономическим.

Высокие темпы роста материального производства привели к тому, что, как отмечают экономисты, природные ресурсы "перестали быть практически бесконечными по сравнению с хозяйственно-техническими потребностями человечества". Поэтому полное и рациональное использование шлаков является важным фактором роста эффективности общественного производства и экономии материальных ресурсов.

(в среднем по группам заводов)

Таблица 36

состав, %		Модуль основности M_O	Модуль активности M_A
MnO	S		
0,5 — 1,1	1,5 — 2,9	1,12 — 1,18	0,16 — 0,25
0,1 — 1,0	0,6 — 2,2	0,99 — 1,11	0,23 — 0,27
0,2 — 1,3	0,4 — 1,0	0,74 — 1,0	0,26 — 0,42
0,7 — 7,6	0,6 — 0,65	0,87 — 0,90	0,4 — 0,5

Не только количество металлургических шлаков, которые в 1978 г. составили 74,3 млн.т (из них 51,0 млн.т доменных и 23,3 млн.т сталеплавильных шлаков), имеет значение в определении путей рационального их использования, но и качество, характеризующее прежде всего химическим составом шлаков.

Доменные шлаки по химическому составу (определяемому главным образом исходным сырьем и топливом), имеющие определенную территориальную привязку, можно подразделить на 4 группы (табл. 36).

Для шлаков заводов Юга, работающих на сернистом коксе, характерна высокая основность при пониженных содержаниях глинозема и окиси магния. Такое соотношение окислов обуславливает склонность большинства из них к силикатному распаду при медленном охлаждении и воздействии кислорода и влаги атмосферы. В связи с этим в настоящее время признано целесообразным такие шлаки гранулировать, чем достигается термическая стабилизация двухкальциевого силиката. Вместе с тем анализ переработки шлаков на металлургических заводах "Азов-сталь" и Криворожском показал принципиальную возможность производства пемзы из таких распадающихся шлаков.

Шлаки переделных и литейных чугунов заводов Центра менее основные и в большинстве своем не подвержены распаду, поэтому их можно использовать более широко — для производства гранулированного шлака, выборочно пемзы и щебня и др.

В отличие от шлаков указанных двух групп шлаки восточной группы заводов являются кислыми, что связано с работой доменных печей на малосернистом Кузнецком коксе. Шлаки отличаются низким содержанием серы и пониженным содержанием окиси кальция. Кроме того, для этих шлаков характерно более высокое содержание глинозема при содержании кремнезема 36—40 %, что определяет их высокую гидравлическую активность. Такие шлаки пригодны для производства всех видов существующих строительных материалов. Они обладают также хорошими литейными свойствами.

На Нижне-Тагильском металлургическом комбинате (НТМК) и Чусовском металлургическом заводе при выплавке ванадиевого чугуна на агломератах из титансодержащих руд и концентратов в шлаках содержится до 6—9 % TiO_2 . Такие шлаки целесообразно использовать для производства пемзы или в качестве отошающей добавки в шихте для получения красного кирпича.

Четвертая группа (магнезиальных шлаков) представлена шлаками Западно-Сибирского и Кузнецкого заводов. Доменные шлаки этих заводов кислые, характеризуются пониженным содержанием окиси кальция и сравнительно высоким содержанием глинозема и окиси магния. Шлаки пригодны для производства гранулированного шлака, шлаковой пемзы и щебня.

Основными факторами, определяющими качество шлака, являются степень его основности и температура шлакового расплава в шлаковозном ковше (не менее 1250°C). Поддержание необходимой температу-

ры решается путем организационных мероприятий, обеспечивающих ускорение подачи шлаковозных ковшей или же размещением шлакоперерабатывающих агрегатов у доменных печей. Основное же требование потребителей к качеству (нераспадаемость шлаков) зависит от основности: чем выше основность шлаков, тем более они подвержены распаду. Совершенствование технологического процесса доменной плавки на заводах Юга и Центра вызывает постоянное увеличение основности шлаков.

В перспективе, по данным МЧМ УССР, доменные шлаки металлургических заводов УССР, работающих на Криворожских рудах, будут иметь более высокий модуль основности — до 1,25 — 1,30. Подобное положение относится и ко всем металлургическим заводам Центра, работающим на рудах КМА. Такие шлаки подвержены силикатному распаду. Обязательным условием: эффективной переработки этих шлаков в шлаковую пемзу и другие производимые на шлаковой основе материалы является корректировка их химического состава (подкисление), предотвращающая силикатный распад¹.

Абсолютный уровень переработки доменных шлаков возрос за пятилетие 1967 — 1972 гг. на 10,1%, за пятилетие 1973 — 1978 гг. — на 30%.

В 1978 г. в СССР по переработке доменных шлаков работало 68 установок, из них: по производству гранулированного шлака 46, в том числе 6 установок, не принадлежащих металлургическим заводам; по производству шлаковой пемзы 5 установок, в том числе 2, не принадлежащих металлургическим заводам; по производству шлакового литого щебня 5 установок, в том числе 2, не принадлежащих металлургическим заводам; по производству щебня из скардовин 6 установок; по производству шлаковой ваты из расплава 6 установок, в том числе 2 установки, не принадлежащих металлургическим заводам.

На установках, не принадлежащих металлургическим заводам, в 1978 г. произведено 5960 тыс. т шлаковой продукции, что составляет 16,1% к общему объему производства этой продукции. Данные об использовании доменных шлаков для выпуска различных шлаковых материалов приведены в табл. 37.

В начале 60-х годов в шлакоперерабатывающей отрасли произведена реорганизация, в результате которой большинство шлакоперерабатывающих установок перешло в ведение металлургических заводов. На металлургических заводах большинство этих установок подчинено доменным цехам.

Однако состояние шлакопереработки существенно различается по металлургическим заводам. На заводе "Азовсталь" перерабатываются все шлаки текущего выхода и интенсивно разрабатываются шлаковые отвалы. С учетом отвальных шлаков уровень шлакопереработки составляет 123,5% (к объему шлаков текущего производства). На заводах Ку-

¹ Однако, если будет осуществлена предлагаемая в будущем поставка на заводы Юга и Центра низкосортных кузнечных углей, то можно будет ожидать уменьшения основности и, следовательно, повышения качества доменных шлаков; проблема подкисления в этом случае отпадает.

Переработка доменных шлаков
для производства шлакопродукции в 1978 г.

Т а б л и ц а 37

Вид продукции	Произведено шлакопродукции		
	млн. т	% от общего произ- водства шлакопро- дукции	% от общего вы- хода шлака
Гранулированный шлак . . .	27,37	73,3	57,5
Шлаковая пемза	1,91	5,1	3,6
Щебень	7,56	20,2	11,0
Литые изделия	0,06	0,2	0,1
Шлаковата (из расплава)	0,29	0,8	0,7
Клинкер для цемента (высокоглиноземис- тый шлак)	0,16	0,4	0,3
Всего	37,35	100	73,2

швинском, Староуткинском, Ашинском перерабатывается свыше 90% шлаков; на заводе им. Ильича, им. Дзержинского, Карагандинском и КМК — более 70%.

Говоря о структуре переработки доменных шлаков с позиций ее оптимизации, необходимо иметь в виду, что значительная часть этих шлаков (20 — 30%) представляет собой ковшовые остатки — коржи, которые пригодны в настоящее время преимущественно для одной цели — переработки на щебень. Производство других видов шлакопродуктов возможно только из жидких шлаков. Получение коржей исключает печная грануляция шлака.

На экономические показатели использования металлургических шлаков оказывает влияние степень использования производственных мощностей, которая на некоторых предприятиях еще недостаточно высока.

Выход сталеплавильных шлаков составлял в 1978 г. 23,3 млн. т, из которых 62,1% составляли мартеновские шлаки, 32,5% — конверторные и 3,6% — электросталеплавильные. Доля перерабатываемых в настоящее время сталеплавильных шлаков следующая, тыс. т:

	1970 г.	1975 г.	1978 г.
Выход сталеплавильных шлаков.	18,1	22,3	23,3
Сдано шлака на переработку. . . .	1,4	2,8	5,2
Сливо в отвал	16,7	19,5	18,1

В 1978 г. из этих сталеплавильных шлаков получены следующие виды продукции:

	тыс. т	%
Щебень.	3590	69,3
Шлаковата	1,0	0,02
Удобрения	554,5	10,7
Оборотный продукт для металлургии.	1032,5	19,9
Всего	5188	100

Из сталеплавильных шлаков извлекается от 5 до 10% (от массы шлака) металлического железа. В 1978 г. из сталеплавильных шлаков извлечено 1254,5 тыс. т металла, а всего из доменных и сталеплавильных шлаков извлечено 1503,1 тыс. т металла.

Следует также подчеркнуть, что вместе со шлаками выбывает из народнохозяйственного оборота и часть железа, так как для всех сталеплавильных шлаков характерно наличие металлического железа в количестве 10 — 20% в виде отдельных скардовин и мелких вкраплений размерами от 40 до 0,02 мм или в виде сростков с нерудными минералами. Лучшим по уровню переработки сталеплавильных шлаков является завод им. Петровского, на котором 97% шлаков перерабатывается на щебень для дорожного строительства и оборотный продукт для металлургии. На НЛМЗ перерабатывается более 60% шлаков на щебень и оборотный продукт, используемый в доменных печах завода "Свободный сокол". Завод "Запорожсталь" использует в доменных печах 20% мартеновских шлаков. На Таганрогском заводе перерабатывается около 40% шлаков, из которых получают щебень для дорожного строительства. Заводы "Амурсталь" и "Азовсталь" производят шлаковую муку для сельского хозяйства: доля переработки шлака составляет соответственно 82,2 и 31,6 %.

В связи с громадными ресурсами образующихся в черной металлургии шлаков проблема переработки металлургических шлаков в условиях развивающегося народного хозяйства все больше привлекает внимание технологов и экономистов. В настоящее время благодаря трудам В.И. Довгопола, М.И. Панфилова и др., посвященным использованию металлургических шлаков, сложился определенный взгляд на эту проблему. Однако нельзя считать ее решенной. Экономические исследования этой проблемы большей частью слишком конкретны и ограничены порой чрезмерно детальным анализом технологии, а другие более общие работы носят большей частью иллюстративный характер и не содержат необходимых экономических обобщений. Возникает настоятельная необходимость рассмотрения технико-экономических проблем использования металлургических шлаков и развития шлакоперерабатывающего производства, планирования этапа этого развития, его перспективы, а также пути к решению некоторых методологических и методических проблем экономической оценки металлургических шлаков.

2. Роль шлакопереработки в развитии комбинирования в черной металлургии

Важнейшим направлением улучшения использования материальных ресурсов в металлургии является комбинирование производств на основе утилизации всех минеральных составляющих потребляемого в металлургии сырья. Одним из первых проявлений этого процесса стало развитие шлакопереработки на металлургических комбинатах.

Проблема массового вовлечения металлургических шлаков в производство стройматериалов стала предметом пристального внимания технологов и экономистов. Всесторонне исследовались уникальные физи-

ко-химические свойства огненножидких доменных шлаков и их применение в производстве качественного литого щебня, шлаковой пемзы, минераловатных изделий, шлакового литья. Особо следует отметить вяжущие свойства кристаллических доменных и сталеплавильных шлаков, которые используются для активизации вяжущих свойств шлаков в производстве бесцементных шлакобетонных строительных материалов посредством термовлажностной обработки в автоклавах.

Появился ряд разработок по технике шлакопереработки: централизованной и придоменной грануляции и поризации жидких шлаков, использованию физического тепла жидких шлаков, корректировка огненножидких шлаков в ковше, управлению кристаллизацией и получению шлаков нужных минералогического состава и свойств. Параллельно в промышленности строительных материалов разрабатываются новые виды строительных изделий на базе шлаковых тяжелых и легких заполнителей, совершенствуется технология производства силикатобетонных изделий.

Расширение материальных связей металлургического производства и промышленности строительных материалов поставило ряд экономических проблем: эффективности производства и применения шлакопродуктов, рациональных путей использования огненножидкого шлака и шлаковых строительных материалов, экономической оценки шлаков и др.

Это взаимодействие осуществляется на фоне совершенствования техники и технологии в обеих отраслях. Имеется в виду прежде всего расширяющаяся практика использования минеральных металлургических отходов в основном производстве (конверторные шлаки — в доменном производстве, колошниковая пыль, шламы и даже доменный шлак — в агломерационном производстве), во вспомогательных производствах (шлаки из шлаковиков мартеновских печей — в огнеупорном производстве, металлургические графиты в литейном, огнеупорном производствах) и др. В промышленности строительных материалов следует отметить прогресс в технике и технологии силикатобетонного производства, бесцементных строительных деталей и конструкций. При этом интересным представляется комбинирование силикатобетонного производства и ТЭЦ на базе использования золы-уноса. Таким образом, проблема использования шлаков в строительстве не изолирована от более общих задач технического прогресса в других отраслях народного хозяйства.

Совершенствование основной металлургической технологии и развитие вспомогательных производств все больше затрагивает систему внутривозовских материальных потоков. Известно, что на производство 1 т проката расходуется в среднем 5 — 7 т сырья, основных и вспомогательных материалов, топлива. Подсистема материальных потоков, обслуживающая основную производственную систему, особенно на первых металлургических переделах, обуславливается большим количеством сложных связей, которые нередко определяют направления развития всей системы, темпы и направления прогресса в металлургическом производстве. Так, от прочности и состава шихтовых материалов доменной плавки зависит прогресс в технике доменного передела, от качества

огнеупоров зависит развитие новой технологии, уровень интенсивности металлургических процессов и т.д.

До сих пор минеральное хозяйство завода (шлаковое хозяйство, шламо- и золотоотстойники и т.д.) привлекало к себе внимание главным образом с позиций обеспечения интересов основного металлургического производства. Однако развитие этого хозяйства начинает ставить цели, самостоятельные относительно основного производства, и играть особую роль в процессах дальнейшего развития металлургического комбината.

Характерными чертами современного состояния минерального хозяйства металлургического комбината являются: развитие специальных побочных производств на основе образующихся в металлургии минеральных отходов, общее усложнение и интенсификация внутривозовских потоков минерального сырья, материалов и топлива.

Развитие побочных производств на современном технико-экономическом уровне играет роль подготовительного этапа к дальнейшему комбинированию со смежными производствами других отраслей. Так, развитие производства стройматериалов на основе переработки металлургических шлаков следует рассматривать как этап, на котором решается комплекс технических, организационных и экономических задач оптимального использования вторичных ресурсов и создаются условия для более широкого взаимодействия металлургического производства и местного строительства.

В развитии межотраслевого взаимодействия можно выделить три этапа развития комбинирования, которые характерны и для комбинирования на основе развития шлакоперерабатывающего производства. Каждый из этих этапов характеризуется определенными технико-экономическими чертами: определенным кругом производственных и экономических задач; уровнем развития техники и технологии как основного производства, так и комбинированных с ним, возникающих на основе отходов и побочной продукции; степенью зрелости этих производств как субъекта экономических отношений в системе металлургического предприятия.

В неменьшей мере использование таких отходов, какими являются металлургические шлаки, взаимосвязано с трактовкой факторов, влияющих на народнохозяйственную капиталоемкость и издержки металлургического производства, с оценкой значимости и причинной обусловленности этих факторов. Систематизация и критическая оценка различных подходов к проблеме использования металлургических шлаков необходимы для раскрытия действительной сущности этих экономических явлений.

На первом этапе основной задачей в области использования металлургических шлаков является полная переработка шлаков и в результате этого организация безотвальной работы металлургического предприятия. Естественно, основным технологическим способом на этой стадии достижения полной переработки шлаков будет грануляция как наиболее простой, дешевый, универсальный и производительный способ перера-

ботки шлаков. В табл. 38 приведена структура шлакопереработки в 1970 — 1978 гг., которую можно считать установившейся. Она типична для первого этапа. В этот период шлакопереработка практически находится в экономической зависимости от основного производства.

На втором этапе исходя из народнохозяйственных соображений следует осуществлять переход к массовому производству полноценных и эффективных строительных материалов — шлаковой пемзы, литого щебня, минераловатных изделий и др. Основной задачей второго этапа является достижение оптимальной структуры шлакопереработки и высокого качества шлакопродуктов.

Эффективность высококачественных шлакопродуктов проявляется в двух аспектах: во-первых, производство их требует меньших затрат, чем на природное сырье, и, во-вторых, применение их в строительстве вполне конкурентоспособно по экономическим показателям с природными материалами. Так, шлаковая пемза наряду с керамзитом играет большую роль в производстве легких бетонов и является эффективным заполнителем. Себестоимость шлаковой пемзы в 3 — 5 раза ниже себестоимости самого распространенного пористого заполнителя керамзита.

Ниже приведена структура производства легких бетонов, %:

Бетон на природных заполнителях	15,3
Керамзитобетон	40,0
Шлакопемзобетон	6,8
Аглопоритобетон	3,3
Перлитобетон	1,3
Бетоны на отвалных, гранулированных и котельных шлаках	33,3

Об эффективности производства шлаковой пемзы и шлаковаты можно судить по данным табл. 39 и 40 (по группе заводов Минстройматериалов СССР).

Повышение эффективности производства за счет рационального использования металлургических шлаков имеет значительные резервы.

Таким образом, второй этап должен быть связан с достижением экономических показателей основного производства — фондовооруженности, трудоемкости и т.д. Это может быть достигнуто лишь при больших изменениях в экономике шлакопереработки и в первую очередь при существенном увеличении основных фондов, т.е. при повышении технической оснащенности производства, что можно видеть на примере завода "Азовсталь" (табл. 41).

Правильно налаженные экономические отношения между основным производством и производствами, перерабатывающими его отходы, подготавливают переход к третьему этапу.

На третьем этапе происходит объединение всех развивающихся производств по переработке отходов в систему и создание единого комплекса безотходных производств в рамках металлургического комбината. Основные задачи этого периода — комплексная переработка всех минеральных отходов металлургического производства.

Таблица 38

Динамика структуры шлакопереработки в 1970 — 1978 гг.

Показатели	МЧМ СССР				МЧМ УССР			
	1970 г.		индексы изменений объемов по годам		1970 г.		индексы изменений объемов по годам	
	тыс. т	%			тыс. т	%		
Выход								
шлака . . .	42231,6	100,0	109,2	122,9	20831,7	100	103,7	118,3
Сливо в								
отвал. . . .	13898,6	32,9	92,0	98,3	6256,5	30,0	74,4	89,0
Перера-								
ботано . . .	28333,0	67,1	131,9	131,9	14575,2	70,0	133,5	123,1
В том								
числе:								
на гра-								
нулиро-								
ванный								
шлак . .	20890,5	73,7	114,7	131,0	12728,5	87,4	110,1	103,5
шлако-								
вую								
лемзу	1069,6	3,8	116,7	163,9	954,6	6,5	н.д.	137,0
щебень								
(ли-								
той) . .	1432,5	5,1	109,3	492,7	825,9	6,7	г.д.	265,9
Сдано на								
сторону . .	4940,4	17,4	92,1	121,4	66,2	0,4	135,4	997,1

Такова примерная схема процесса становления комплекса безотходного металлургического производства. Каждый из этих этапов ставит свои технические и экономические проблемы, которые требуют отдельного рассмотрения.

Таблица 39

Технико-экономические показатели производства различных пористых заполнителей в 1978 г.

Показатели	Керамзит	Аглопорит	Перлит	Шлаковая лемза
Удельные капитальные вложения (фактические), руб/м ³	10,66	7,44	7,8	2,0
Себестоимость продукции (полная), руб/м ³	10,0	8,0	10,0	1,0
Рентабельность (к фондам), %	7,1	4,1	13,8	25,0
Средняя марка	550	700	200	800
Оптовая цена, руб/м ³	9,0	7,85	7,70	1,3

Технико-экономические показатели работы установок
по производству шлаковаты из огненножидких шлаков в 1978 г.

Завод	Производительность, тыс. м ³ /год		Стоимость основных фондов *, тыс. руб.	Себестоимость продукции *, руб/м ³	Оптовая цена продукции, руб/м ³
	проектная	фактическая			
"Азов-сталь"	200	325,6	1802	5,0 — 11,0	10,0 — 17,0
Криворожский	100	72,2	1153	5,08 — 7,82	20,3
Донецкий	150	127,8	1287	7,96	20,3

* Данные 1974 г.

В развитии межотраслевого взаимодействия можно выделить три этапа развития комбинирования: подготовка взаимодействия; синхронизация производственных систем и их интеграция. В развитии шлакопереработки в настоящее время осуществляется переход от первого этапа к этапу синхронизации производственных систем. Экономические исследования показывают, что основным средством синхронизации этих производств является создание местного устойчивого и разнообразного рынка стройматериалов, который бы, с одной стороны, удовлетворял местные потребности в шлаковых стройматериалах и, с другой, формировал соответствующую структуру шлакопереработки.

Одновременно этот рынок, ограничивая нерациональные перевозки, определил бы территориальные границы и внутренние устойчивые связи, которые, закрепляясь, образуют структуру будущего территориально-промышленного комплекса. Основным средством создания рынка является обоснованная политика цен на традиционные и новые стройматериалы и рациональная организация механизма материально-технического снабжения и сбыта. Нормальное функционирование такого механизма обеспечит постоянный баланс отраслевых и межотраслевых пропорций и подготовит экономическую и техническую базу для территориально-производственного взаимодействия, разворачивающегося на этапе интеграции производственных систем.

Таблица 41

Фондоемкость шлакопродуктов на заводе "Азовсталь" в 1978 г.

Шлакопродукты	Основные фонды *, тыс.руб.	Объем производства, тыс. т	Фондоемкость, руб/т
Гранулированный шлак	192,3	650	0,29
Шлаковая пемза	1795,0	989	1,80
Шлаковый щебень	1575,9	895	1,76

* На 1. XII. 1974 г.

Минеральное хозяйство металлургического комбината включает потоки, родственные другим производствам промышленности стройматериалов, например, графитовой промышленности. Этими потоками связаны такие вспомогательные производства, как огнеупорное, литейное и соответствующее побочное производство (разработка комплексных графитосодержащих отходов на металлургическом комбинате). Вообще говоря, и это взаимодействие в своем развитии должно пройти три подобных этапа. Но конкретные организационные формы взаимодействия на каждом из этапов могут существенно отличаться от рассмотренных выше.

Организация межотраслевого взаимодействия на основе глубокого комбинирования — задача сложная, но экономически назревшая. Она должна стать предметом серьезного внимания экономистов, организаторов промышленного производства, проектных организаций.

3. Экономическая оценка использования металлургических шлаков

Упорядочение цен на отходы и побочную продукцию представляет не только теоретический интерес. Часто именно цены становятся узким местом в развитии межотраслевых связей, начинающих играть все большую роль в ускорении технического прогресса во взаимосвязанных отраслях. Развивающиеся отношения между промышленностью строительных материалов и металлургической на основе оптимизации использования металлургических шлаков в производстве строительных материалов — один из примеров такого взаимодействия.

Отраслевое комбинирование металлургического производства и шлакопереработки в конечном итоге характеризует особый экономически законченный комплекс производств, обеспечивающий полное и рациональное использование природных ресурсов. Такое комбинирование — это важнейшее условие создания безотходного производства в рамках экономического района. Процесс этот хотя и многосторонний, но определяющими его факторами в данном случае являются развитие шлакопереработки и создание экономических предпосылок этого развития.

По мере экстенсивного (за счет вовлечения шлаков в промышленный оборот) и интенсивного (за счет производства более ценных шлакопродуктов) развития шлакопереработки возрастает потребительная стоимость металлургических шлаков, ставших важным сырьевым ресурсом общественного производства. К. Маркс, характеризуя условия вторичного вовлечения отходов в производство, отмечал три важнейших условия: "... накопление значительных масс экскрементов, которое возможно только при работе в крупном масштабе; усовершенствование машин, благодаря чему вещества, не находившие прежде употребления в данной форме, получают вид, пригодный для применения в новом производстве; успехи наук, в особенности химии, открывающей полезные свойства таких отходов"¹. Сказанное в первую очередь относится к металлургическим шлакам.

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. I, с. 113.

У истоков шлакопереработки стоит технология грануляции шлаков. Это наиболее эффективный способ переработки металлургических шлаков любого состава и получения универсального продукта — гранулированного шлака. Крупнейшим потребителем этого продукта стала цементная промышленность, где он используется как минеральная добавка к портланд-цементному клинкеру и частично его заменяет. Его универсальность, простая технология переработки, какой является грануляция, привели к тому, что этот продукт не причислен ни к какой из групп традиционных строительных материалов. Поэтому он и не получил определенной экономической оценки, хотя отдельные расчеты эффективности использования шлаков существуют. Так, по расчетам УралНИИЧМ, использование гранулированного шлака в цементной промышленности дает эффект 3 руб./т. Но этот эффект никак не учтен в цене. Дело в том, что гранулированный шлак не имеет аналогов, относительно которых он мог бы быть оценен. К сожалению, такое отношение распространилось и на полноценные шлаковые материалы — шлаковую пемзу, литой щебень и др.

Шлакоперерабатывающее производство на ряде заводов оказалось в ведении соседних строительных организаций, хотя тесным образом связано с работой доменного цеха. На Украине, где шлакоперерабатывающее производство находится в ведении металлургических заводов, несмотря на неблагоприятные экономические условия, задача полной переработки шлаков решается успешнее (табл. 42).

Дальнейшая реализация ценных физико-химических свойств металлургических шлаков, создание технологии производства качественного литого щебня, шлаковой пемзы, минераловатных изделий, шлакоситаллов открыли новые возможности переработки шлаков.

Чтобы правильно оценить возможные качественные и экономические изменения в использовании металлургических шлаков, необходимо кратко охарактеризовать основные направления развития современного производства строительных материалов и место, которое занимают шлакопродукты среди них.

Нерудные материалы. Добыча нерудного сырья в настоящее время превысила 1 млрд. т и в ближайшие 8—10 лет увеличится. Основной потребитель этого сырья — промышленность бетона и сборного железобетона. Преимущественное развитие получает производство гравий-песча-

Таблица 42

Доля участия сторонних организаций в переработке шлаков
и степень их использования в 1970 — 1978 гг.

Министерство, объединение	Сдано на сторону, % ко всему переработанному шлаку			Слито в отвал, % к выходу огненножидкого шлака		
	1970 г.	1975 г.	1978 г.	1970 г.	1975 г.	1978 г.
МЧМ СССР	17,4	12,2	16,1	32,9	25,4	26,3
Союзметаллург- пром	28,5	27,4	26,7	38,1	33,1	33,8
МЧМ УССР	0,40	0,4	3,4	30,0	19,6	22,2

ных смесей и природных легких заполнителей. При этом резко повышаются требования к качеству нерудного сырья. Вместе с тем следует отметить, что литой шлаковый щебень, получаемый траншейным способом, не уступает природному (гранитному).

Искусственные пористые заполнители. Интерес к ним связан с увеличением производства легких бетонов на пористых заполнителях. Доля легких бетонов в общем выпуске бетона возрастает. Керамзит, аглопорит, шлаковая пемза — группа взаимозаменяемых в этом производстве материалов, т.е. шлаковая пемза должна занять должное место среди других природных пористых заполнителей.

Минеральные вяжущие. Условно минеральные вяжущие можно разделить на портландцемент, шлакопортландцемент и бесклинкерное местное вяжущее. В производстве первых двух видов вяжущих, где применяется дорогой портландцементный клинкер, основной тенденцией является повышение качества (марочности). Сложившаяся структура производства цемента в нашей стране противоречит этой тенденции. Доля шлакопортландцемента в СССР достигает 35% от общего выпуска цемента (в США 20%, в Англии 12%, во Франции 18%). В общей массе цемента 25% составляющих приходится на всевозможные минеральные добавки, в основном — на молотый гранулированный шлак. По мнению специалистов, минеральные добавки лишь формально увеличивают объемы производства цемента, на деле же снижают его качество. Доля шлакопортландцемента должна быть уменьшена на 20% с одновременным повышением его качества за счет уменьшения количества минеральных добавок. Эти изменения должны быть компенсированы расширением производства бесклинкерных местных вяжущих и на их основе производства силикатобетонных изделий автоклавного твердения.

Силикатобетонное производство. Это перспективное направление развития производства стеновых материалов. Сейчас в числе прочих стеновых материалов силикатобетонные изделия по объему производства занимают третье место после глиняного кирпича и железобетонных изделий. Эта технология позволила исключить из состава вяжущих портландцемент и полностью перейти на бесклинкерное вяжущее (известково-шлаковое, известково-гипсовое). По потребительским свойствам бесклинкерное вяжущее в производстве рядовых марок бетонов не уступает шлакопортландцементу, а по экономическим показателям намного его превосходит (табл. 43).

Приведенные данные говорят о том, что производство бесклинкерного местного вяжущего (особенно шлакового вяжущего) может вполне заменить производство шлакопортландцемента.

Минераловатные изделия. Производство минераловатных изделий из огненножидких шлаков — самый дешевый способ. Но, поскольку это производство не шлакоемкое, а затраты на транспортировку конечной продукции велики, большая концентрация мощностей на территории металлургического завода не всегда оправдана. Более рациональным представляется использование в минераловатном производстве шлако-

Себестоимость 1 м³ силикатобетонной (на извести)
и цементобетонной панели из бетонов марки 200 *

Исходные материалы	Цементный бетон		Силикатные бетоны			
	норма расхода	себестоимость, руб.	на известково-песчаном вяжущем		на известково-шлаковом вяжущем	
			норма расхода	себестоимость, руб.	норма расхода	себестоимость, руб.
Песок, м ³	0,60	1,24	1,20	2,48	1,20	1,48
Щебень, м ³	0,75	3,71	—	—	—	—
Гранулированный шлак, т	—	—	—	—	0,25	0,61
Известь (активность 75%), т	—	—	0,2	3,12	0,035	0,55
Цемент, т	0,35	7,08	—	—	—	—
И т о г о	—	12,03	—	5,60	—	3,64

* По данным за 1974 г.

вого щебня, поставляемого взамен природного (гранитного) в районы потребления.

Таким образом, шлакоперерабатывающее производство включается в систему уже сложившихся народнохозяйственных производственных и экономических отношений. Одновременно развивается и усложняется структура шлакопереработки, возрастает фондоемкость продукции, т.е. технически шлакопереработка определялась как отдельное производство. В настоящее время она по праву превратилась в самостоятельную подотрасль металлургии наряду с коксохимической, огнеупорной и пр.

Переход на новую ступень развития шлакопереработки требует дополнительных капитальных вложений: на специальную обработку огнеупорных шлаков (почти все шлаки Юга, идущие на производство пемзы и щебня, требуют предварительной стабилизации), на расширение ковшового хозяйства, на установку специального оборудования, на создание систем водо-, паро-, энергоснабжения, на развитие транспортной системы и т.д. Все это неизбежные затраты, сопутствующие экономическому зарождению нового производства.

В условиях правильно налаженных стоимостных механизмов такие вопросы решаются безболезненно. Новая более эффективная продукция в ряду аналогичных традиционных продуктов попадает в условия "наибольшего благоприятствования", так как общественно необходимый уровень затрат, а следовательно, и уровень цен, оказывается выше индивидуальных затрат. Эти условия позволяют развиваться новому производству в степени, определенной его эффективностью.

Это можно видеть на примере шлаковой пемзы, заменяющей керамзит в производстве легких бетонов. По данным ДонНИИЧМ, удельные капитальные вложения на 1 м³ шлаковой пемзы на заводе "Азовсталь" составляют 2,0 руб., на 1 м³ керамзита на Волгоградском комбинате промышленных конструкций 10,66 руб; себестоимость производства соответственно 1,02 и 10,22 руб. На каждую тонну шлаковой пемзы, потребляемой вместо керамзита, народному хозяйству обеспечивается эффект только на эксплуатационных издержках 8 руб.

Проявления законов ценообразования для групп взаимозаменяемых продуктов в настоящее время достаточно хорошо исследованы. В официально признанных рекомендациях по определению цен на новые прогрессивные продукты предложено ориентировать цену на величину эффекта от применения нового продукта у наименее эффективного потребителя, вошедшего в оптимальный план распределения этого продукта (т.е. для этого потребителя уже безразлично, потреблять новый продукт или традиционный).

Цены на шлакопродукты, установленные таким образом, позволят решить следующие задачи: достичь оптимальной структуры шлакопереработки, высокого качества шлакопродуктов, хорошей технической оснащенности, а по всем экономическим показателям стать в ряд с основным металлургическим производством.

По ориентации шлакопереработки на производство эффективных стройматериалов (пемзы, фракционированного литого щебня) платежи за огненножидкий шлак будут достигать 4 — 6 руб/т (при условии правильного установления цен). Для металлургов это будет свидетельствовать о том, что шлаки не отходы, а ценное сырье.

Использование металлургических шлаков обеспечит высокую народнохозяйственную экономию. Для иллюстрации может быть дан расчет приведенных затрат на производство стройматериалов (на примере Украины) при различных уровнях использования в этих целях металлургических шлаков — без использования шлаков, при современном уровне использования шлаков и современной структуре шлакопереработки и при полном использовании шлаков и оптимальной структуре шлакопереработки, млн. руб.:

	1975 г.	1980 г.
Без использования металлургических шлаков	267,2	353,9
При современном уровне использования шлаков и современной структуре производства стройматериалов и шлакопереработки	209,5	267,0
При полном использовании шлаков и оптимальной структуре производства стройматериалов и шлакопереработки	197,5	241,4

Расчеты, приведенные исходя из сложившихся текущих и капитальных затрат на производство стройматериалов и шлакопродукции, позво-

ляют судить о высокой народнохозяйственной значимости безотходного производства на основе полного и рационального использования металлургических шлаков и настоятельной необходимости решения экономических вопросов этой проблемы.

Ниже приведен расчет экономии приведенных затрат при различном уровне использования шлаков и при различной структуре шлакопереработки, млн. руб.:

	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1990 г.
Экономия приведенных затрат по варианту современного уровня использования шлаков и структуры шлакопереработки в сравнении с вариантом производства стройматериалов без металлургических шлаков	57,7	86,9	110,9	124,8
Экономия приведенных затрат при полном использовании шлака и оптимальном варианте шлакопереработки по сравнению с вариантом:				
производства стройматериалов без использования металлургических шлаков.	69,7	112,5	143,0	177,4
современного уровня использования шлака и современной структуры шлакопереработки	12	25,6	32,1	52,6

При оценке эффективности по современным ценам народнохозяйственная экономия от полного и рационального использования шлака составляет десятки и сотни миллионов рублей. Приведенные данные позволяют также отметить, что уровень безотходности технологии (производства) характеризуется не только полным использованием всех материальных ресурсов, но и степенью оптимальности этого использования.

Следовательно, показатель, безотходности в натуральном выражении, характеризующий полное физическое использование природных (исходных) ресурсов, не отражает экономически полного использования ресурсов. Например, весь металлургический шлак может быть использован на производство щебня, и в этом случае натуральный показатель безотходного производства будет предельным, т.е. равным 1,0. В то же время из шлака могут быть получены более ценные продукты: шлаковая пемза, минераловатные изделия и др. Таким образом, безотходность производства может быть охарактеризована лишь суммой натуральных и стоимостных показателей. Это положение относится ко всем видам отходов и побочной продукции.

4. Методика оценки и эффективность металлургических шлаков

Методологическая сложность оценки огненножидких металлургических шлаков заключается не только в том, что невозможно распределить общие народнохозяйственные затраты, идущие на выпуск всех видов

продукции в доменном производстве. Важным производственно-экономическим фактором в оценке шлаков является отсутствие определенных по требованиям потребителей. В связи с этим шлак может гранулироваться, идти на производство минеральной ваты, литого щебня и т.д. Во всех случаях он может эффективно использоваться, но с различной величиной этого эффекта. В случае различия эффекта у потребителя (при производстве разных шлакопродуктов) возникает еще одна методическая сложность — необходимость экономического районирования всех видов шлакопродуктов в условиях различия зон потребления каждого из них.

Может быть рекомендована следующая методика оценки металлургических шлаков. Принципиальная позиция сводится к следующему: во-первых, оценка огненножидкого шлака должна быть основана на совместном рассмотрении шлакопродуктов и традиционных взаимозаменяемых с ними строительных материалов; во-вторых, чтобы оценка шлака была достаточно конкретной и могла служить основой для установления цен, она должна быть зональной. Зона характеризуется единством сырьевой базы, замкнутостью баланса стройматериалов, определенной однородностью условий производства и потребления и территориальной определенностью.

Поскольку органически существует взаимозаменяемость не только сырья (шлака и природного сырья), но и шлакопродуктов, устанавливается прежде всего круг производителей и потребителей. В реальных условиях это может быть осуществлено в рамках экономического районирования или сферы влияния группы металлургических заводов (с учетом глубокой кооперации), с тем чтобы в основном балансировались производство и потребление стройматериалов. Такой подход возможен и необходим, так как влияние транспортного фактора велико и разнообразие ситуаций в отдельных районах не может усредняться путем дальних перевозок. Своеобразие каждого района оказывает большое влияние на оптимальную структуру производства и потребления взаимозаменяемых стройматериалов.

Основой оценки металлургических шлаков является общая концентрация оценки вторичных ресурсов, опирающаяся на средние общественно необходимые затраты труда на производство заменяемой вторичными ресурсами продукции из первичного сырья в соответствии с технологической ценностью взаимозаменяемых продуктов.

Огненножидкие шлаки являются сырьем для производства всех разнообразных видов шлакопродукции. Поэтому, оценив по взаимозаменяемости сами шлакопродукты и рассматривая шлаки по экономическому содержанию близкими к природным ресурсам, так как потребительские свойства шлаков лишь частично используются в металлургическом производстве, вполне можно считать, что шлаки являются носителями стоимости, величина которой хотя и косвенным путем, но может быть установлена.

Исходя из изложенных методологических принципов для определенной экономической зоны устанавливаются средневзвешенные затраты на

производство в каждой i -той группе взаимозаменяемых стройматериалов, приведенные к базовому (основному в группе) стройматериалу, Z_i :

$$Z_i = \sum_{j=1}^m C_{ij} V_{ij} / \sum_{j=1}^m V_{ij} \lambda_{ij}, \quad (83)$$

где C_{ij} — затраты на производство j -того стройматериала в i -той группе взаимозаменяемых стройматериалов;

V_{ij} — объем производства j -того стройматериала в i -той группе;

λ_{ij} — коэффициент приведения объема производства j -того стройматериала к основному виду стройматериала в i -той группе (коэффициент замены).

Шлакопродукты, относящиеся к i -той группе взаимозаменяемых стройматериалов, у потребителя могут давать эффект, отличный от достигаемого при использовании стройматериалов из природного сырья. Поэтому затраты, относимые на шлакопродукцию, входящую в i -тую группу стройматериалов $Z_{i \text{ шл.}}$, могут быть определены на основе средневзвешенных затрат на производство стройматериалов из природного сырья:

$$Z_{i \text{ шл.}} = Z_i \lambda_{i \text{ шл.}}, \quad (84)$$

где $\lambda_{i \text{ шл.}}$ — коэффициент замены стройматериалов i -той группы шлакопродукцией.

Одним из свойств металлургических шлаков, характеризующих шлаки как потребительную стоимость, является их универсальность. Они могут использоваться в качестве исходного сырья для производства шлакопродукции в любой i -той группе взаимозаменяемых стройматериалов. Поэтому должны быть установлены средневзвешенные затраты на всю шлакопродукцию в соответствии со сложившейся структурой производства стройматериалов в данном экономическом районе $Z_{\text{ш}}^{\text{об}}$:

$$Z_{\text{ш}}^{\text{об}} = \sum_{i=1}^n Z_{i \text{ ш}} \alpha_{i \text{ ш}}, \quad (85)$$

где $\alpha_{i \text{ ш}}$ — доля производства i -того шлакопродукта во всем объеме шлакопереработки.

Затраты на шлакопродукцию складываются, как и в любом материальном производстве, из затрат на сырье, в данном случае это затраты, относимые на шлак ($Z_{\text{ш}}^{\text{с}}$), и расходов по переделу. Исходя из этого средневзвешенные затраты на шлакопродукцию могут быть выражены следующим образом:

$$Z_{\text{ш}}^{\text{об}} = Z_{\text{ш}}^{\text{с}} - P_{\text{ш}}^{\text{о}}, \quad (86)$$

где $P_{\text{ш}}^{\text{о}}$ — средневзвешенные расходы по переделу шлакопереработки.

Отсюда

$$Z_{\text{ш}}^{\text{с}} = Z_{\text{ш}}^{\text{об}} + P_{\text{ш}}^{\text{о}}. \quad (87)$$

Средневзвешенные расходы по переделу определяются по формуле

$$P_{\text{ш}}^0 = \sum_{i=1}^n P_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}}, \quad (88)$$

где $P_{i\text{ш}}$ — расходы по переделу шлакопродуктов, взаимозаменяемых со стройматериалами i -той группы.

При определении себестоимости огненножидкого шлака исходя из стоимости шлакопродукции необходимо установить средневзвешенную шлакоемкость шлакопродуктов $r_{\text{ш}}^0$:

$$r_{\text{ш}}^0 = \sum_{i=1}^n r_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}}, \quad (89)$$

где $r_{i\text{ш}}$ — шлакоемкость шлакопродуктов, относящихся к i -той группе заменяемых стройматериалов.

В результате проведенных расчетов могут быть установлены текущие затраты, относимые на огненножидкий шлак:

$$C_{\text{ож. ш}} = 3_{\text{ш}}^c : r_{\text{ш}}^0. \quad (90)$$

В общем виде математическая модель текущих затрат, относимых на огненножидкий шлак, имеет следующий вид:

$$C_{\text{ож. ш}} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m C_{ij} V_{ij}}{\sum_{j=1}^m V_{ij} \lambda_{ij}} \lambda_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}} - \sum_{i=1}^n P_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}} \right) : \sum_{i=1}^n r_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}}. \quad (91)$$

Аналогично рассматриваются капитальные затраты, относимые на огненножидкий шлак, $K_{\text{ож. ш}}$:

$$K_{\text{ож. ш}} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m K_{ij} V_{ij}}{\sum_{j=1}^m V_{ij} \lambda_{ij}} \lambda_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}} - \sum_{i=1}^n K_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}} \right) : \sum_{i=1}^n r_{i\text{ш}} \alpha_{i\text{ш}}. \quad (92)$$

Расчеты, проведенные для условий Украины (табл.44), показывают, что действительные затраты (оценка), относимые на огненножидкий шлак, намного выше действующих цен. Эти затраты составят: оценка текущих затрат 4,19 руб/т, капиталоемкость огненножидкого шлака 15,58 руб/т. Экономия приведенных затрат в металлургии от использования шлака при установлении цен, отвечающих общественно необходимым затратам труда, будет составлять 2,8 руб/т чугуна. Изменения в области цен дадут хороший эффект, если их дополнить соответствующим перераспределением капитальных ресурсов между отраслями и между подотраслями черной металлургии.

Внедрение изложенной в работе методологии оценки текущих затрат и капитальных вложений, относимых на металлургические шлаки, ускорит решение задач развития шлакоперерабатывающего производства и создаст необходимые предпосылки для формирования безотходного производственного комплекса в рамках металлургического комбината. Этот этап будет характеризоваться комплексной утилизацией всех минеральных отходов всех переделов металлургического производства. Сюда будут входить отходы шлакоперерабатывающего производства (некондиционные шлакопродукты), отходы известкового производства, золы, шлаки ТЭЦ, уловленные пыли и прочие минеральные отходы производства.

Таблица 44

Расчет затрат и капиталоемкости, относимых на общенножидкий шлак

Показатели	Легкие заполнители		Вяжущие			Утеплители	
	керам- зит	аглопо- рит	шлако- вая вата	klinker	гранули- рован- ный шлак	мине- ральная вата из природ- ного сырья	шлако- вая вата
C_{ij}/K_{ij} , руб/м ³ , т . . .	$\frac{8,0}{10,0}$	$\frac{5,0}{7,0}$	—	$\frac{9,0}{30,0}$	—	$\frac{10,0}{30,0}$	—
V_{ij} , млн.м ³ , т . . .	5,00	0,42	3,33	1,36	7,0	0,18	0,72
λ_{ij}	1,0	1,0	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0
z_j , руб/м ³ , т . . .	$\frac{7,77}{9,77}$	—	$\frac{6,99}{8,79}$	$\frac{9,0}{30,0}$	$\frac{6,30}{21,00}$	$\frac{10,0}{30,0}$	$\frac{10,0}{30,0}$
$z_{jш}$, руб/т . .	—	—	$\frac{8,74}{10,99}$	—	$\frac{6,30}{21,00}$	—	$\frac{50,0}{150,0}$
$\alpha_{jш}$	—	—	0,32	—	0,67	—	0,001
$z_{ш}^{общ}/K_{ш}^{общ}$, руб/т	$\frac{7,52}{19,09}$	—	—	—	—	—	—
$P_{iш}/K_{iш}$, руб/т	—	—	$\frac{1,25}{5,0}$	—	$\frac{4,0}{4,0}$	—	$\frac{25,0}{30,0}$
$P_{ш}^0/K_{ш}$, руб/т	$\frac{3,33}{2,57}$	—	—	—	—	—	—
$r_{iш}$	—	—	1,10	—	1,05	—	1,0
$r_{ш}^0$	1,06	—	—	—	—	—	—

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ
ПРИРОДООХРАННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ1. Экономические и организационные аспекты создания
газо-водоочистной техники

Рост масштабов производства и острота проблем охраны окружающей среды выдвинули на передний план в числе многих экономических, технических и технологических задач научно-технического прогресса также и задачи развития очистной техники в металлургии в целях сокращения вредных выбросов. Это является альтернативой уменьшения вредных выбросов в результате совершенствования основного технологического процесса и создания в металлургии безотходного производства. Однако развитие очистной техники обычно рассматривается в отрыве от организационных форм ее внедрения и эксплуатации, что приводит в конечном итоге к снижению эффективности использования этой техники, к значительным народнохозяйственным потерям материальных ресурсов и ухудшению показателей природоохранных мероприятий.

Экономические и организационные аспекты развития и эксплуатации очистной техники в металлургии исследованы крайне недостаточно. Экономические исследования, посвященные этой проблеме, ограничиваются оценкой народнохозяйственного эффекта от уменьшения вредных промышленных выбросов, достигаемого в результате природоохранных мероприятий. Затем эта оценка фигурирует в плановых и проектных расчетах развития отрасли как основной критерий, характеризующий эффективность затрат на внедрение и эксплуатацию очистной техники. Следует отметить, что область приложения таких оценок, учитывающих только снижение потерь, относительно узка. Они используются в обосновании на народнохозяйственном уровне программ капитальных вложений в развитие очистной техники и природоохранных мероприятий. На всех других уровнях планирования — отраслевом и внутризаводском эти оценки в значительной мере теряют свое значение, так как не могут быть предметом реальных внутриотраслевых или заводских экономических отношений, поскольку территориальные формы экономики в настоящее время развиты относительно слабо по сравнению с отраслевыми формами, а объекты, терпящие ущерб от промзагрязнений, разбросаны по территории и принадлежат разным ведомствам.

К сожалению, мало внимания уделяется в экономических исследованиях сфере текущих затрат и хозяйственных расчетов по эксплуатации очистных сооружений и связанным с ними организационным аспектам проблемы. Хотя, как показал анализ заводской практики, именно в сфере экономических и организационных отношений различных структурных подразделений основного производства и очистных сооружений возникли сложные вопросы, требующие методического и практического решения.

Распространение мокрых видов очистки отходящих газов заново поставило проблему организации и рационального ведения дорогостоящего шламового хозяйства. Газо- и водоочистные сооружения уже сейчас сос-

тавляют 30 — 50% основных фондов аглофабрик, доменные 10 — 20% и сталеплавильные цехи 20 — 45%. Текущие затраты на эксплуатацию очистных сооружений составляют в соответствующих цехах металлургических заводов 12 — 20% расходов по переделу. В связи с развитием очистной системы на заводах остро встает также проблема обеспечения и рационального использования рабочей силы.

Эксплуатация и ремонт очистных сооружений на заводе средней мощности уже в настоящее время требуют 700 — 1000 человек промышленно-производственного персонала. Удовлетворение такой потребности в рабочей силе, не занятой в основном производстве, существенно снизит отчетный показатель производительности труда на предприятиях и в отрасли, так как внедрение очистной техники не связано непосредственно с производственными мощностями. И лишь частично увеличение числа трудящихся на заводах за счет внедрения и развития очистной техники будет компенсировано снижением заболеваемости в результате оздоровления условий труда. Но уровень заболеваемости не является отчетным экономическим показателем и, следовательно, фактор снижения заболеваемости не будет выделен в группе факторов динамики производительности труда.

Все эти важные экономические вопросы относятся пока только к первой очереди очистной системы. Они будут еще острее, поскольку в самом ближайшем будущем предстоит внедрение и эксплуатация более сложной очистной техники по химическому обезвреживанию отходящих газов (от SO_2 , CO , NO), сточных вод и т.д. Очистная техника является безусловной составной частью металлургической техники и технологии. В числе других экономических вопросов должны быть решены также и вопросы отраслевого стимулирования, направленные на совершенствование основной технологии или создание и внедрение очистной техники для ликвидации промзагрязнений.

Значение очистной техники в системе металлургического производства, сводившееся первоначально к единственной функции (уменьшения вредных выбросов в атмосферу), возросло. Во-первых, газоочистные сооружения металлургических предприятий служат источником сырья целой системы побочных производств по комплексной переработке металлургических уносов и шламов, достигающих 10% от массы исходного сырья. Во-вторых, развитие этих производств сопровождается значительными изменениями в заводской системе водоснабжения — водоотведения: "грязные" оборотные циклы становятся промежуточной интенсивной ступенью водоочистки, разгружают центральный заводской шлаконакопитель и переводят его в режим глубокого осветления сточных вод, замыкая через него заводской оборотный цикл водоснабжения. В зависимости от стоимости природной воды (в условиях Донбасса по оценке автора она составляет 0,46 руб/м³) такое преобразование в заводском водопотреблении дает текущую экономию до 5 млн. руб/год, не говоря уже об экологическом эффекте от уменьшения сброса сточных вод в природные водоемы. Следует отметить, что в Донбассе переход метал-

лургических заводов на такой бессточный режим осуществляется гораздо быстрее и полнее, чем на заводах Центра.

Вещественный и дисперсный состав самих уносов и шламов сложным и тесным образом связан с природой основных технологических процессов, с газодинамикой в агрегатах, с использованием интенсификаторов и т.д. Так, тонкий и средний унос, формирующийся главным образом в зоне основных реакций (технологический унос по классификации), обогащен удаляемыми примесями и часто является богатым полиметаллическим, графитовым или другими концентратами (тонкий унос доменных печей содержит до 10% Zn и Pb, унос мартеновских печей и конверторов представляет собой почти чистый сурик).

Этот унос несомненно является сырьевой базой для сети новых эффективных побочных производств. Metallургический комбинат мощностью 4 млн. т стали в год даже при 5%-ном использовании мартеновского тонкого уноса может получать в год до 1 млн. руб. от реализации сурика или путем вельцевания доменного тонкого уноса получить 40%-ный свинцово-цинковый концентрат на сумму примерно 20 тыс. руб. Что касается уноса "нетехнологического", т.е. уноса частиц шихты или готового продукта из агрегатов или при транспортировке, то задача их вторичного вовлечения в аглодоменный передел в виде шламокатышей, брикетов или в другом виде в настоящее время активно решается. Это мероприятие позволит сэкономить 7 — 10% железорудного сырья, что составит текущую экономию 6 — 11 млн. руб./год (в зависимости от варианта использования) при рентабельности затрат до 10%.

Таким образом, можно констатировать, что на базе очистной техники на металлургическом заводе уже сейчас получила развитие и имеет дальнейшие хорошие перспективы система эффективных побочных производств, которые могут составить новое жизнеспособное хозрасчетное подразделение — цех вторичных материалов (ЦВМ). Такой цех уже реально экономически и организационно формируется на многих предприятиях как самостоятельный цех шламопереработки (НЛМЗ), как отделение цеха водоснабжения (КМЗ), как побочное производство основных цехов (ЧМЗ, КМЗ, НЛМЗ), как новая служба ОГЗ по ремонту и эксплуатации газо- и водоочистных сооружений (КМЗ) и т.д.

Положение качественно изменилось с возникновением производства по переработке шламов и уносов. Высокий технологический потенциал металлургических уносов, т.е. их качественная вещественная (сырьевая) основа теперь реализуется в шламоперерабатывающих производствах. К сожалению, эти уносы реализуются далеко не полностью. Но даже на этом первом этапе использования шламов и уносов шламоперерабатывающее производство способно стать базой для создания нового цеха вторичных материалов, способно вовлечь в сферу обособленных технико-экономических интересов газо- и водоочистные сооружения. Конечно, экономическая реальность такого нового подразделения, условия взаимодействия со смежными цехами, состав и его организационные границы требуют научно обоснованной технико-экономической оценки для каждого конкретного предприятия.

Как показали исследования, проведенные на одном из заводов УССР мощностью примерно 4 млн. т стали/год, единую как в плане функционирования, так и в плане дальнейшего развития технико-экономическую систему образуют шламо- и уносоперерабатывающие производства, газоочистные сооружения тонких и средних ступеней очистки (в первую очередь аглодоменного производства), соответствующие "грязные" оборотные циклы водоснабжения и заводской шламонакопитель. Этот круг производств и должен войти в состав цеха вторичных материалов. В других условиях (например, для заводов Центра) этот состав может быть иным.

Баланс затрат и эффектов по цеху вторичных материалов (ЦВМ) при существующем технико-экономическом уровне его производств (I очередь) и в перспективе (II очередь) приведен в табл. 45.

Рентабельность затрат для I очереди составляет 2,8%, для II очереди — 37,6%. Как видно из табл. 48, экономический баланс ЦВМ является активным даже на I очереди его создания (рентабельность затрат 2,8%), т.е. в условиях, неблагоприятных для экономики ЦВМ. Это говорит о рентабельности ЦВМ в том его составе, который был определен выше. Необходимо особо оговорить два положения: во-первых, важность для экономики ЦВМ правильной оценки свежей природной воды; во-вторых, распределение текущих и капитальных народнохозяйственных средств, направленных на уменьшение ущерба от загрязнений водного и воздушного бассейнов (а также штрафы за допущение загрязнений), должны проходить через баланс ЦВМ, что позволит дополнительно поддерживать его экономику.

На заводах Центра, где экономическая оценка свежей воды ниже, чем в Донбассе, заводские оборотные циклы не сформированы — повторное потребление осветленной воды из центрального шламонакопителя не

Т а б л и ц а 45
Баланс затрат и эффектов по ЦВМ, тыс. руб/год

Продукты и производства ЦВМ	I очередь		II очередь	
	затраты	эффект	затраты	эффект
Оборотный железосодержащий шламо-продукт	5768	5734	10525	11600
Оборотная осветленная вода, отпущенная "чистым" потребителям	2633	4600	6500	11500
Очистка отходящих газов от пыли и прочих выбросов	2270	—	10000	400
Побочные продукты переработки "богатых" технологических уносов: полиметаллический концентрат, графитовый концентрат, сурик и др.	806	1400	3280	1820
Итого	11477	11794	30305,0	41700

практикуется. Поэтому на заводах Центра цех вторичных материалов может устойчиво существовать или в усеченном виде (каким, например, он возник на Новолипецком металлургическом заводе, где он включает цех шламопереработки и не включает газо- и водоочистные сооружения), или в полном составе, но на условиях ограниченного хозрасчета, т.е. для каждого предприятия может быть свое конкретное решение, учитывающее сырьевую базу, характер технологических процессов и другие факторы.

Народнохозяйственная эффективность создания производств в составе ЦВМ на металлургическом предприятии в условиях Донбасса (без учета снижения ущерба от загрязнений), по расчетам автора, составит 4,5 млн. руб/год на I очереди создания производств ЦВМ и 11 млн. руб/год при введении производств ЦВМ в полном объеме.

Исследование проблемы развития очистной техники в металлургии позволяет сделать вывод о том, что совершенствование организационной структуры комбината является необходимым условием решения этой проблемы, что выделение новой организационной хозрасчетной единицы — цеха вторичных материалов, делает газо- и водоочистную технику способной к самоокупанию, к экономически эффективному функционированию даже в рамках одной отрасли, т.е. без учета снижения территориальных ущербов от загрязнений водного и воздушного бассейнов.

Таким образом, широкое развитие природоохранных подразделений на металлургических предприятиях за счет оснащения основных и вспомогательных производств газо- и водоочистной техникой поставило ряд технико-экономических задач, связанных с совершенствованием организации и эксплуатации этих специализированных звеньев предприятий. По этим объективным причинам существующие на металлургических предприятиях показатели эффективности производства и труда снизились. Возникли и возрастают затраты на создание и эксплуатацию природоохранных подразделений заводов, усложнились задачи ремонтных служб и внутризаводская оперативная организация производства и др. Вместе с тем создание и развитие таких подразделений существенно повышает степень безотходности в черной металлургии, и это оказывает соответствующее влияние на экономику предприятий.

Технико-экономический анализ производства позволяет отметить ряд имеющих глубокие экономические последствия перемен, возникающих на металлургическом предприятии в связи с развитием природоохранных подразделений.

Во-первых, в системе материалопотоков металлургических предприятий появился новый поток, мощность которого составляет 5 — 8% мощности потока основных и вспомогательных первичных видов сырья и материалов. Этот поток, вещественный и дисперсный состав которого определяется главным образом сырыми материалами и технологическими процессами основных технологических агрегатов, проходит через газо- и водоочистные сооружения, транспорт пыли или шлама, шламо- и уносоперерабатывающие мощности. Он либо частично вовлекается вновь в основные технологические процессы (например, железосодержащие шла

мы), либо получает товарный вид в результате дополнительной обработки (например, сурик, полиметаллические концентраты, графитовый концентрат и др.). Это вызывает существенные изменения в экономической характеристике основных и вспомогательных производств, в уровне и структуре их материалоемкости, в характеристике текущих затрат. Возникают методические вопросы распределения затрат, связанных с новым материалопотоком, проходящим через природоохранную технику и являющимся частью первично формируемого потока сырья, материалов, топлива.

Во-вторых, существенно меняется система водоснабжение — водоотведение. На предприятиях происходит сдвиг в системе заводского водоснабжения — водоотведения в результате появления локальных, так называемых "грязных" оборотных циклов и соответствующей разгрузки центрального шламонакопителя. В связи с этим появилась возможность перевода его в режим глубокого осветления и создания бессточной оборотной системы водоснабжения в масштабах завода, что существенно повысит экономические результаты заводского водоснабжения.

В-третьих, оснащение предприятий газо- и водоочистной техникой привело к появлению специальных служб ее эксплуатации и ремонта, роль которых неуклонно возрастает. Это в свою очередь усложняет организационные проблемы ремонтной базы и ее технико-экономические показатели.

В результате всех этих перемен появились новые экономические и организационные проблемы, связанные с изменением организационной структуры очистной техники, с возможностью эффективного использования различных уносов и т.д. Поэтому очистная техника по своим технико-экономическим результатам принадлежит цеху вторичных материалов.

Для выяснения состава, технико-экономической и организационной основы этого подразделения были проведены исследования на ряде металлургических заводов Украины и Центра, позволившие по-новому осветить проблему очистной техники, продукцией которой является возвращаемый биосфере воздух, осветленная оборотная вода и различные уносы. Это требует затрат, но и дает высокий экономический эффект.

При детальном рассмотрении классификации различных уносов и шламов было замечено, что их характерной чертой является обогащенность рядом ценных элементов, удаляемых в основных технологических процессах. Анализ показал: чем глубже, разнообразнее основные технологические процессы, чем они совершеннее, тем богаче отходящие газы и уносы этими элементами, в результате чего противопоставлено вторичное вовлечение уносов в тот же процесс. Так, в доменном тонком уносе содержание цинка и свинца достигает 10% и его нельзя без очистки (например, вельцеванием) использовать в шихте доменной печи.

В связи с этим в основу классификации металлургических уносов и шламов автором были положены условия формирования их вещественного состава, так как в зависимости от него определяются направления

и технико-экономические показатели эффективности использования металлургических уносов и шламов.

По вещественному составу уносы можно сгруппировать в две большие группы — группу "технологических" уносов, формирующихся в зоне основных реакций металлургических процессов и, следовательно, являющихся побочным продуктом физико-химических процессов формирования вещественного состава и свойств основного продукта (агломерата, чугуна, стали), и группу "нетехнологических" или нейтральных уносов. Последние представляют собой уносы шихтовых материалов и готовой продукции в процессе дробления, окускования, сортировки и транспортировки к последующему переделу.

Комплексный характер имеют прежде всего технологические уносы. Они обогащены всевозможными примесями, удаляемыми из реакционной зоны основного технологического процесса. Их вещественный состав представлен удаленными из шихтовых материалов в результате протекания основных технологических реакций различных химических элементов и их соединений: в аглодоменном производстве это сера, цинк, свинец, угар железа и марганца; в сталеплавильном производстве — угар железа и цветных металлов и ферросплавов (цинка, меди, никеля, хрома, титана и т.д.). К технологическим уносам следует отнести также и графит, выделяющийся из жидкого чугуна при выпуске его из доменной печи, транспортировке, разливке на разливающих машинах и при хранении его в миксерах. А например, проблема вовлечения железосодержащих шламов в агломерационный передел, которая в настоящее время активно обсуждается, касается прежде всего уносов нетехнологических, нейтральных.

Важно отметить, что технологические уносы являются более тонкими и улавливаются в основном на последних ступенях газоочисток, а в системе водоосветительных мощностей соответствующего грязного оборотного цикла — на последних ступенях осветления. Это создает техническую возможность разделения технологических и нетехнологических уносов и шламов и предопределяет направления дальнейшего совершенствования системы грязного оборотного цикла и шламопереработки (выделение несмешивающихся потоков, цикла в цикле и т.п.). В перспективе последние стадии осветления могут преобразоваться в активную технологию переработки богатых шламов (гидрометаллургическая, флотационная технология). Все это в конечном итоге приведет к снижению затрат на содержание очистной техники, к созданию более четкой ее организационной системы, к более эффективным режимам очистки и осветления и обеспечит высокую эффективность вовлечения в народнохозяйственный оборот всех уносов.

2. Оценка и совершенствование организационной структуры природоохранных подразделений

Организационная структура и режим работы "грязного" оборотного цикла заслуживает повышенного внимания исследователей. В настоящее время система очистки вод и оборотного водоснабжения представляет

собой сложную многофункциональную систему, которая должна обеспечивать определенный водный и химический режимы газоочисток всех ступеней, отдельную транспортировку взвеси, глубокое многостадийное осветление оборотной воды, систему, требующую разнообразной водоподготовки, реагентного хозяйства и т.д.

Как показывает технико-экономический анализ, грязные оборотные циклы газоочисток являются в настоящее время центральным звеном всей совокупности производств, связанных с очистной техникой.

Основными технико-экономическими параметрами работы грязного оборотного цикла, обуславливающими экономику водоочистных сооружений, являются:

- P — степень осветления оборотной воды, %;
- X_m — мода распределения дисперсного состава шлама (крупность наиболее представительной функции), мм^{*};
- Q — количество сточных вод от потребителей оборотной воды, м³/ч;
- S — площадь параллельно включенных отстойников в осветлительной системе оборотного цикла, м²;
- m — коэффициент, характеризующий развитие процессов коагуляции осаждаемой взвеси.

Теоретические расчеты позволяют выявить основные зависимости между указанными технико-экономическими параметрами и дать оценку

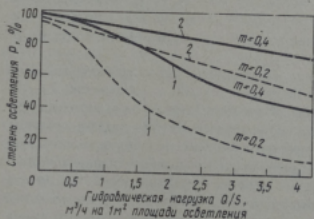


Рис. 14. Зависимость эффективности осветления сточной воды от гидравлической нагрузки на осветлительную систему (1 — агломерационные шламы, $X_m = 0,05$; 2 — доменные шламы, $X_m = 0,15$)

условий работы грязных оборотных циклов. Эти расчетные зависимости представлены на рис. 14, на котором видно, что эффективность осветления агломерационных сточных вод менее устойчива в отношении увеличения количества обрабатываемых сточных вод, чем в случае доменных (более крупных) шламов.

При обработке воды коагуляторами и доведении величины m до 0,4 эта устойчивость повышается и все же в области 1,5 — 2,0 м³/ч на 1 м² отстойника эффективность осветления резко падает до 70%. Это означа-

* Теоретической формой распределения дисперсного состава агломерационных и доменных шламов принята форма распределения Пирсона типа III со степенью асимметрии, равной 6. Это распределение достаточно хорошо согласуется с опытными данными.

ет, что агломерационный оборотный цикл работает в более жестких условиях, чем доменный, и, следовательно, требует больших затрат.

Приведенные результаты ставят под сомнение оправданность наметившейся в последних проектах тенденции расширять круг потребления оборотной воды (гидросмыв крупной пыли из пылевых мешков коллекторов, гидросмыв полов в общую систему освещения и т.п.) . При этом, естественно, увеличивается количество сточных вод, которое из-за неорганизованного потребления к тому же трудно контролировать, снижается концентрация тонких взвесей в осветляемой воде и т.п. Все это приводит к неустойчивой работе цикла, к большим продувкам в шламонакопитель, к перерасходу дорогих коагуляторов. Учитывая отмеченное выше, необходимо стремиться к совершенствованию структуры оборотного цикла аглофабрики путем некоторой децентрализации цикла (выделений цикла в цикл) , путем ликвидации систем гидросмыва и гидротранспорта в тех случаях, когда можно обойтись без них, путем выделения различных несмешивающихся потоков и т.д. Это обусловлено тем, что потребители грязного оборотного цикла, предъявляя разные требования к оборотной воде системы гидросмыва, могут снабжаться водой среднего осветления (из промежуточных отстойников) . Глубоко осветленная вода должна подаваться только на средние и тонкие ступени газоочистки и их сточные воды по возможности не должны смешиваться с другими потоками, так как это неизбежно приведет к снижению концентрации тонкой взвеси и, соответственно, к падению эффективности использования осветлительных мощностей.

Основным потоком грязного оборотного цикла аглодоменного передела являются сточные воды от газоочисток второй и третьей ступеней, осветляемые в радиальных отстойниках. Все остальные потоки — гидросмыв крупной коллекторной пыли, гидросмыв полов и т.д. являются побочными, дополняющими центральный поток. Степень продувки грязного оборотного цикла в шламонакопитель при оптимальной структуре цикла определяется скоростью осаждения взвеси из сточных вод средних и тонких газоочисток. При этом основная масса сточных вод, несущих грубую нетехнологическую (бедную по примесям) взвесь, не должна доходить до последней стадии осветления и смешиваться с богатыми технологическими шламами. Последняя стадия осветления в будущем должна превратиться в активную технологию переработки богатых шламов методами гидрометаллургии и флотации. Эти оценки были учтены при определении границ и состава цеха вторичных материалов.

Важнейшей из организационно-технических перемен, связанных с развитием очистной техники, является формирование грязных оборотных циклов, что приводит к глубокому сдвигу в системе заводского водоснабжения — водоотведения. Этот сдвиг непосредственно направлен на создание бессточной системы водоснабжения. С появлением локальных грязных оборотных циклов создается новый уровень водооборота — в центральный шламонакопитель сбрасываются только продувочные воды из грязных оборотных циклов, что позволяет перевести его в режим глу-

$Q_{pч}, Q_{pг}$ — вода, поступающая соответственно чистым и "грязным" потребителям из природных источников;

$Q_{\lambda ч}, Q_{\lambda г}, Q_{\lambda шн}$ — прямой сброс продувочных и сточных вод в природные водоемы соответственно из чистых, грязных циклов и шламонакопителя;

$Q_{\delta ч}, Q_{\delta г}$ — сброс продувочных вод в шламонакопитель из чистых и грязных циклов;

$Q_{\beta ч}, Q_{\beta г}$ — вода, поступающая соответственно в чистые и грязные оборотные циклы из шламонакопителя;

Q_{γ} — продувочная вода чистых циклов, повторно используемая в грязных циклах.

Представление системы водоснабжения в таком виде позволяет выделить из заводского водоснабжения и водоотведения развившееся в последнее время водоочистное хозяйство, что очень важно, поскольку это хозяйство претендует на отделение от цеха водоснабжения в связи с разведением на его основе шламоперерабатывающего производства.

Внутренняя структура схемы заводского оборотного водоснабжения, представленного на рис. 17, может характеризоваться системой следующих относительных показателей:

1. Коэффициенты освежения локальных оборотных циклов и заводского оборота ($K_{осв.ч}^I, K_{осв.г}^I, K_{осв}^{II}$) разных уровней:

$$K_{осв.ч}^I = (Q_{pч} + Q_{\beta ч}) / P_{ч};$$

$$K_{осв.г}^I = (Q_{pг} + Q_{\beta г} + Q_{\gamma}) / P_{г};$$

$$K_{осв}^{II} = (Q_{pч} + Q_{pг}) / (Q_{pч} + Q_{pг} + Q_{\beta ч} + Q_{\beta г} + Q_{\gamma}).$$

где $P_{ч}$ и $P_{г}$ — суммарные водопотребления чистых и грязных потребителей.

2. Доля продувки в природные водоемы ($\lambda_{ч}; \lambda_{г}$):

$$\lambda_{ч} = Q_{\lambda ч} / (Q_{\gamma} + Q_{\delta ч} + Q_{\lambda ч}); \quad \lambda_{г} = Q_{\lambda г} / (Q_{\delta г} + Q_{\lambda г}).$$

3. Доля продувки в шламонакопитель ($\delta_{ч}, \delta_{г}$):

$$\delta_{ч} = Q_{\delta ч} / (Q_{\delta ч} + Q_{\gamma} + Q_{\lambda ч}); \quad \delta_{г} = Q_{\delta г} / (Q_{\delta г} + Q_{\lambda г}).$$

4. Доля продувки в последовательно-повторное потребление $\eta_{ч}$:

$$\eta_{ч} = Q_{\gamma} / (Q_{\gamma} + Q_{\delta ч} + Q_{\lambda ч}).$$

Показатели трех систем водоснабжения на Коммунарском, Новолипецком и Череповецком металлургических заводах дают возможность определить, что несмотря на относительно низкую оборотность на уровне локальных циклов ($K_{осв.г}^I$) КМЗ характеризуется большей сформированностью заводского оборота, чем НЛМЗ и ЧМЗ ($K_{осв}^{II}$ равен соответственно 39, 49; 69, 65 и 100%). Уровень оборотности водоснабжения традиционным методом на всех трех заводах будет примерно одинаков ($K_{обор}$ равен соответственно 89,74; 90,68; 99,78 %) при принци-

пально различной структуре оборотного водоснабжения рассматриваемых заводов.

Величина продувки шламонакопителя в природные водоемы, т.е. уровень бессточности заводского водоснабжения, определяется сбалансированностью работы шламонакопителя и достигнутым режимом осветления. Целесообразно выделить три режима работы шламонакопителя: I — шламонакопитель работает как накопитель шламов; II — шламонакопитель работает как пруд-осветлитель, очищающий воду до II категории качества; III — до I категории качества.

Каждому из этих режимов соответствует величина максимально допустимой нагрузки на единицу площади осветления:

$$\frac{Q_{\delta\text{ч}} |a_{\text{ч}}| + Q_{\delta\text{г}} |a_{\text{г}}|}{S_{\text{шн}}} \leq N_{\text{I, II, III}},$$

где $S_{\text{шн}}$ — площадь шламонакопителя;

$|a_{\text{ч}}|, |a_{\text{г}}|$ — приведенные концентрации веществ, растворенных и взвешенных в продувочных водах соответственно чистых и грязных оборотных циклов;

$N_{\text{I, II, III}}$ — максимально допустимая нагрузка загрязненных вод на единицу осветлительной площади шламонакопителя при работе его в I, II или III режимах.

На большинстве заводов шламонакопители работают в I и II режимах.

Интересно отметить, что высокая степень сформированности заводского оборотного цикла характерна прежде всего для заводов Украины.

Анализ показателей позволяет констатировать, что пока заводской оборотный цикл не сформировался полностью, т.е. пока центральный шламонакопитель (или пруд-осветлитель) не удовлетворяет по качеству своей воды большинство чистых потребителей (это соответствует III режиму осветления), он должен составлять организационное целое с грязными оборотными циклами, являющимися его главными загрязнителями. Целесообразно включить его в состав цеха вторичных материалов (ЦВМ).

Таким образом, исследования показывают, что единую (как в плане функционирования, так и в плане дальнейшего развития) технико-технологическую систему образуют шламо- и уносоперерабатывающие производства, газоочистные сооружения средних и тонких ступеней очистки (в первую очередь аглодоменного куста), соответствующие грязные оборотные циклы водоснабжения и заводской шламонакопитель. Этот круг производств должен составить основу цеха вторичных материалов. Поэтому ЦВМ не только жизнеспособное, но и рентабельное подразделение. В рамках этого цеха газо- и водоочистная техника оказывается способной с самоокупанием, к экономически эффективному функционированию даже без учета экологического эффекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ананичев К.В. Проблемы окружающей среды, энергии и природных ресурсов (Международный аспект). М., "Прогресс", 1975, 168 с.
- Анучин В.А. Основы природопользования (Теоретический аспект). М., "Мысль", 1978, 293 с.
- Анчишкин А.И. Прогнозирование роста социалистической экономики. М., "Экономика", 1973, 294 с.
- Атлас З.В., Ионов В.Я. Эффективность производства и рентабельность предприятий. М., "Мысль", 1977, 196 с.
- Ахтырченко А.М., Баранник А.Г., Лялюк В.С. — "Кокс и химия", 1972, № 4, с. 48—54.
- Балацкий О.Ф. Экономика защиты воздушного бассейна. Харьков, издательское объединение "Вища школа", 1976, 99 с. с ил.
- Банний Н.П., Банний Д.Н. Техничко-экономические расчеты в черной металлургии. М., "Металлургия", 1976, 393 с. с ил.
- Банний Н.П., Роменец В.А., Федотов А.А. — "Эффективность сталеплавильных процессов". М., "Металлургия", 1967 (МИСиС. Сб. № 44), с. 268—280.
- Банний Н.П., Федотов А.А., Ширяев П.А., Ройтбурд Л.Н. Экономика черной металлургии СССР. М., "Металлургия", 1978, 344 с. с ил.
- Баранник А.Г., Лялюк В.С. — "Кокс и химия", 1972, № 5, с. 53—56.
- Белкин В.Д. Экономические измерения и планирование. М., "Мысль", 1972, 302 с.
- Вахлер Б.Л. Водоснабжение и водоотведение на металлургических предприятиях. Справочник. М., "Металлургия", 1977, 320 с. с ил.
- Горбунов Э.П. Структура и эффективность общественного производства. М., "Мысль", 1974, 199 с.
- Горелов Д.А., Бочаров Ю.Г. Резервы экономии материальных и энергетических ресурсов в черной металлургии. М., "Металлургия", 1969, 165 с. с ил.
- Дерябин А.А. Цены и потребительские свойства предметов труда. М., "Наука", 1973, 246 с. с ил.
- Довгопол В.И. Использование шлаков черной металлургии. М., "Металлургия", 1978, 168 с.
- Жуков А.И., Монгайт Н.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. Справочное пособие. М., "Стройиздат", 1977, 204 с. с ил.
- Зусман Л.Л. Кругооборот металла в народном хозяйстве СССР. М., "Металлургия", 1978, 200 с.
- Зусман Л.Л. Металлический фонд народного хозяйства СССР. М., "Металлургия", 1975, 408 с.
- Калита Н.С. Использование вторичных энергетических ресурсов черной металлургии. Киев, Изд-во АН УССР, 1962, 144 с.
- Коммонер Б. Технология прибыли. Пер. с англ. Л.И. Кураковой. М., "Мысль", 1976, 112 с. с ил.
- Красовский В.П. Проблемы экономики капитальных вложений. М., "Экономика", 1967, 174 с.
- Кузнецов Д.Т. Распределение затрат и оценка экономической эффективности в комплексных производствах. М., "Экономика", 1971, 124 с.
- Куровский К.И. Проблема измерения качества труда (вопросы редукции). М., "Экономика", 1977, 144 с.
- Курунов И.Ф., Серов Ю.В., Питателев В.А. — "Изв. вузов. Черная металлургия", 1977, № 11, с. 67—70.
- Лебедев В.Г. Народнохозяйственная эффективность развития техники. М., "Мысль", 1971, 370 с.
- Левитин П.С. — "Промэнергетика", 1976, № 3, с. 33—35.
- Лексин В.Н., Федотов А.А., Чупятов В.П. Экономика использования вторичных энергоресурсов в металлургии. М., "Металлургия", 1978, 152 с. с ил.
- Лойтер М.Н. Природные ресурсы и эффективность капитальных вложений. М., "Наука", 1974, 280 с.

- Мельников Н.В. Топливо-энергетические ресурсы СССР. М., "Наука", 1971. 63 с. с ил.
- Никитин Д.П., Новиков Ю.В., Зарубин Г.П. Научно-технический прогресс, природа и человек. М., "Наука", 1977. 200 с.
- Панфилов М.И. Metallургический завод без шлаковых отвалов. М., "Metallургия", 1978. 248 с. с ил.
- Переработка шлаков за рубежом. М., "Черметинформация", сер.4, вып.2, 1977, 37 с. с ил. Авт.: В.И. Довгопол, М.И. Панфилов, Е.И. Филиппова и др.
- Петраковский А.П., Касатов Б.Ф. — "Информация ин-та "Черметинформация", 1974, сер. 14, вып. 3, 35 с.
- Поляк А.М. Повышение эффективности использования материальных ресурсов. М., "Экономика", 1978. 150 с.
- Попов Д.И. Повышение эффективности metallургического производства. М., "Metallургия", 1972. 360 с.
- Потемкин Л.А. Охрана недр и окружающей природы. М., "Недра", 1977. 250 с. с ил.
- Потребительная стоимость в экономике развитого социализма. Под ред. проф. Павлова П.М., проф. Ротштейна А.П. М., "Мысль", 1974. 208 с.
- Рекитар Я.А. — "Строительные материалы", 1970, № 5, с.17—19; 1971, № 7, с.14—16.
- Ромеиц В.А., Банный Н.П., Федотов А.А. — "Эффективность сталеплавиных процессов". М., "Metallургия", 1967 (МИСиС. Сб. № 44), с. 281—306.
- Сазанов Б.В. Доменные газотурбинные установки. М., "Metallургия", 1965. 266 с. с ил.
- Сазанов Б.В. — "Сталь", 1973, № 1, с. 85—89.
- Семенов Н.А. Вторичные энергоресурсы промышленности и энерготехнологическое комбинирование. М., "Энергия", 1968. 269 с. с ил.
- Склокин Н.Ф. Экономические проблемы повышения качества и развития сортаментов черных металлов. М., "Metallургия", 1978. 200 с. с ил.
- Склокин Н.Ф., Ширяев П.А. — "Сталь", 1975, № 10, с. 941—944.
- Смышляева Л.М. Экономический рост и пропорции капитальных вложений. М., "Экономика" 1976. 191 с.
- Суслов И.П. Методология экономического исследования (общие вопросы). М., "Мысль", 1974. 334 с.
- Сушон С.П., Завалко А.Г., Минц М.И. Вторичные энергетические ресурсы промышленности СССР. М., "Энергия", 1978. 320 с. с ил.
- Тенденции энергопотребления и экономический рост. Под ред. докт. экон. наук Н.М. Виленского. М., "Наука", 1974. 248 с.
- Теплитский М.Г., Гордон И.З., Кудрявая Н.А. и др. Сухое тушение кокса. М., "Metallургия", 1971. 264 с. с ил.
- Технический прогресс и топливно-энергопотребление в черной metallургии. М., "Metallургия", 1975. 407 с. с ил. Авт.: Н.И. Перлов, А.П. Егоричев, А.П. Петраковский и др.
- Федоров Е.К. Экономический кризис и социальный прогресс. М., "Гидрометеоиздат", 1977. 176 с.
- Федотов А.А. — "Материалоемкость и эффективность производства в черной metallургии". М., "Metallургия", 1976 (МИСиС. Сб. № 95), с. 4—17.
- Федотов А.А., Батурич А.Н., Кривоносов В.И. — "Экономика и управление в metallургии". М., "Metallургия", 1978 (МИСиС. Сб. № 108), с. 81—90.
- Федотов А.А., Гуров Н.И. — "Производительность труда и экономия материальных ресурсов в metallургии". М., "Metallургия", 1973 (МИСиС. Сб. № 78), с. 39—47.
- Федотов А.А., Кривоносов В.И., Петрова О.Л. — "Экономика и управление в metallургии". М., "Metallургия", 1978 (МИСиС. Сб. № 116), с. 28—38.

Характеристика доменных шлаков, используемых в цементной промышленности СССР, Л., Гипроцемент, 1976, 142 с.

Х а ч а т у р о в Т.С. Советская экономика на современном этапе. М., "Мысль", 1957, 367 с.

Х у д о к о р м о в Г.Н. Общественная стоимость и закупочные цены. М., "Мысль", 1973, 263 с.

Чернявский В.О. Эффективная экономика. М., "Экономика", 1967, 231 с.

Ш и р я е в П.А., Ш т а н с к и й В.А. Эффективность капитальных вложений в черной металлургии. М., "Металлургия", 1977, 232 с.

Ш и р я е в П.А., Я р х о Е.Н., Б о р ц Ю.М. Металлургическая и экономическая оценка железорудной базы СССР. М., "Металлургия", 1978, 231 с.

Шлаки черной металлургии. Свердловск. Труды УралНИИЧМ, т. 17, 1973; т. 20, 1974; т. 22, 1975; т. 25, 1976.

З л и з о н М.П. Производство искусственных пористых заполнителей. М., Стройиздат, 1974, 256 с. с ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Раздел I	
Эффективность общественного производства и условия формирования безотходных комплексов	5
Глава I. Методологические проблемы эффективности производства и использования побочной продукции и отходов в металлургии	5
1. Проблемы эффективности производства и рационального природопользования	5
2. Вторичные ресурсы и эффективность производства	7
3. Принципы оценки вторичных ресурсов в металлургии	12
Глава II. Использование побочной продукции и отходов. Материалоемкость в металлургии	15
1. Материалоемкость и эффективность производства в черной металлургии	15
2. Использование отходов и побочной продукции как фактор оптимального использования природных ресурсов, снижения материалоемкости и роста эффективности производства	31
Раздел II	
Безотходное производство и использование вторичных топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии	54
Глава III. Проблемы использования и оценки вторичных топливно-энергетических ресурсов	54
1. Эффективность снижения топливозергоемкости в металлургии	54
2. Методические проблемы оценки вторичного топлива	58
3. Анализ эффективности использования вторичных энергоресурсов и оценка стоимости утилизируемой энергии	72
4. Оценка основных направлений использования вторичных энергоресурсов	80
5. Методические вопросы учета затрат в теплоутилизационном производстве	82
Глава IV. Технический прогресс и использование вторичного топлива и энергоресурсов в черной металлургии	86
1. Развитие доменного производства. Факторы, определяющие уровень топливно-энергетических затрат в металлургии	86
2. Топливоэнергопотребление в агломерационном производстве и использование вторичных энергоресурсов	100
3. Рациональное использование коксовых отсеков и методические вопросы распределения затрат на продукцию коксования	106
4. Использование потенциальной энергии давления газа	112
5. Рациональное использование вторичных тепловых ресурсов	119
Раздел III	
Технико-экономические проблемы использования материальных отходов и побочной продукции	123
Глава V. Эффективность использования графитсодержащих отходов	123
1. Ресурсы и использование графитсодержащих отходов черной металлургии	123

2. Методические основы оценки и эффективность использования металлургических графитсодержащих отходов.	134
Глава VI. Ресурсы и оценка использования металлургических шлаков	154
1. Ресурсы и значение использования шлаков черной металлургии	154
2. Роль шлакопереработки в развитии комбинирования в черной металлургии	159
3. Экономическая оценка использования металлургических шлаков	165
4. Методика оценки и эффективность металлургических шлаков	170
Глава VII. Экономические и организационные аспекты природоохранных подразделений черной металлургии	175
1. Экономические и организационные аспекты создания газо-водоочистной техники	175
2. Оценка и совершенствование организационной структуры природоохранных подразделений	181
Библиографический список.	187

ИБ № 1708

Анатолий Алексеевич ФЕДОТОВ

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
БЕЗОТХОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА В МЕТАЛЛУРГИИ**

Редактор издательства Г.К. Петрова

Художественный редактор А.И. Гофштейн

Технические редакторы М.И. Воскобойникова, Л.С. Ермакова

Корректоры И.Д. Низовцева, Н.Е. Затеева, Э.С. Корчагина

Подписано в печать 11.09.80.

Т — 15703

Формат бумаги 60×90¹/₁₆

Бумага офсетная № 2

Печать офсетная.

Печ. л. 12,0

Уч.-изд. л. 14,63

Тираж 1650 экз. Заказ 3689

Цена 75 к.

Изд. № 0072

Набрано в издательстве "Металлургия"

на композере ИБМ 82 операторами

Л.В. Лагуткиной, Е.Ю. Ширяевой

Издательство "Металлургия", 119034, Москва Г-34

2-й Обыденский пер., д. 14

Московская типография № 9 Союзполиграфпрома

при Государственном комитете СССР

по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

г. Москва, Волочаевская ул., д. 40