

ется это спецификой вероятностного анализа, который целесообразно применять только в условиях определенной статистической устойчивости процессов, когда имеется некоторая закономерность частоты нестандартных ситуаций как индикаторов возможной аварии. Поэтому вероятностную модель можно и целесообразно использовать только для анализа нестандартных ситуаций с целью своевременного формирования, принятия и реализации решений по предотвращению аварий.

Необходимо отметить, что требование своевременности принятия решений является превалирующим, ибо самая точная, самая достоверная информация становится ненужной, если она поступает к персоналу после аварии или катастрофы. Отсюда появляется практическая потребность системной согласованности темпов диагностирования и прогноза с темпами рабочих (технологических) процессов в различных режимах функционирования сложной технической системы. Такая согласованность может действовать как одно из важнейших условий обеспечения гарантированной безопасности объектов повышенного риска, к числу которых относится металлургическое производство.

В качестве примера (рис.2) рассмотрим (по одной из ветвей информационного дерева различных уровней опасности) возможные сценарии развития аварийного состояния доменной печи [1]: нестабильный ход доменной печи → периферийный ход печи → расплавление гарнисажа → эрозия и разрушение футеровки доменной печи (в основном на уровне 1–3 рядов холодильников) – через 0,5–1,5 года → теплофизическое воздействие на холодильники и выход их из строя (в основном на 1–3 рядах) – через 2–4 года → появление необратимых пластических деформаций кожуха, трещины кожуха шахты – через 2,5–5 лет → разрыв кожуха → выброс расплава и твердых раскаленных материалов из ДП → разрушение конструкции печи и оборудования литейного двора.



Рис.2. Дерево возможного сценария развития аварийной ситуации на ДП.

Представленное на рис.2 дерево возможного сценария развития аварийной ситуации на ДП представляет собой сетевую модель для решения задачи обеспечения промышленной безопасности. По сути – это конечный

ориентированный граф, в котором ребра изображают отдельные этапы функционирования (подзадачи), а вершины – события, которые отвечают окончанию определенной подзадачи. В такой модели особенно выделяются два события – начальное и конечное – соответственно начало и окончание функционирования сложной системы. Обычно сетевую модель системы строят для осуществления эффективного управления, которое заключается в определении и соблюдении последовательности выполнения отдельных этапов.

Анализ дерева возможного сценария развития аварийной ситуации на ДП позволяет описать основные принципы возникновения аварий и вытекающие из этих понятий условия гарантированной безопасности [2].

Положение 1. Любая авария является конечным результатом последовательного перехода технологического режима работы сложной системы сначала на уровень технологической неустойчивости, а затем в аварийную ситуацию. Переход осуществляется путем последовательной реализации взаимосвязанных стадий нестабильного режима. Продолжительность каждой стадии зависит от величины ресурса допустимого риска (технологической устойчивости) используемого режима работы металлургического агрегата. Стадии могут быть обратимыми и необратимыми, медленными и быстрыми, ускоряющимися и замедляющимися. Однако практически на каждой стадии развития аварийной ситуации теоретически и практически существуют мероприятия, которые позволяют вернуть систему в предшествующее состояние или предотвратить дальнейшее развитие аварийной ситуации, сократив до минимума возможные последствия.

Положение 2. Темпы увеличения риска на каждой стадии прямо пропорциональны темпам уменьшения ресурса допустимого риска в режиме соответствующей стадии. Ресурс допустимого риска аварии имеет максимальное значение в обычном технологическом режиме, уменьшается по мере осуществления стадий нестандартного режима и становится равным нулю в стадии возникновения аварии.

Положение 3. Степень рисков аварии является возрастающей функцией времени и в процессе перехода режима работы сложной системы в нестабильную, критическую и чрезвычайную ситуацию и достигает предельных значений на аварийной стадии. Свойства функций на каждой стадии определяются свойствами переходного режима соответствующей стадии. Максимальные темпы возрастания степени риска соответствуют пороговым процессам стадий, а минимальные – обратимым, замедляющимся процессам стадий. Степень риска является минимальной в начальных стадиях и достигает максимального значения в конечных стадиях развития аварийной ситуации.

Положение 4. Уровень риска аварии может оставаться постоянным на всех стадиях или может возрастать по мере перехода от начальных до конечных стадий развития аварийной ситуации.

Из представленных положений следует практическая необходимость

выполнения системного анализа основных особенностей и свойств нестационарного режима и его составляющих как информационной основы формирования и обоснования средств и методов обеспечения гарантированной безопасности сложных систем. Для реализации такого информационного обеспечения требуется количественная мера информации, которая учитывает специфику нестандартного режима и его компонентов.

Рассмотрим возможность получения такой информации на примере доменного производства. Режим работы доменной печи представим как некоторую последовательность состояний E_i технологического режима, в которой каждое состояние E_k характеризуется определенными показателями (Y_k, X_k, U_k) процессов работы системы и определенными показателями θ_k воздействия внешней среды и факторов риска:

$$E_k = \{ (Y_k \in Y) \wedge (X_k \in X) \wedge (U_k \in U) \wedge (\theta_k \in \theta) \}$$

Здесь Y – множество внешних параметров Y_i (технических, экономических и других показателей качества работы системы); X – множество внутренних параметров X_i (конструктивные, технологические и другие показатели); U – множество управляющих параметров U_i ; θ – множество параметров θ_i внешней среды и риска. При этом каждый их параметров соответствует множеству соответствующих параметров в определенный момент времени $T_k - Y_i[T_k], X_i[T_k], U_i[T_k], \theta_i[T_k]$, который находится в границах заданного или прогнозируемого времени работы сложной технической системы T^r .

На режим работы доменной печи влияет множество факторов, каждый из которых может привести к возможности возникновения аварийной ситуации. Исключение одного из факторов риска не означает невозможность осуществления других событий риска. Следовательно, если одно из событий действительно наступило, то вероятность других событий не становится равной нулю. Осуществление одного или нескольких событий из множества ситуаций риска не исключает возможность осуществления других событий этого множества. Следовательно, неопределенность появления любого события из множества ситуаций риска не становится равной нулю при осуществлении одного или нескольких событий множества [3]. Например, на одном из восточных заводов в 1953 г. произошел практически одновременный (разрыв по времени 2–3 дня) прорыв горна на двух печах, имевших блочное расположение (рис.3). Одна из них после капитального ремонта 1–го разряда проработала до прорыва всего лишь 9 мес. Вероятность такого развития событий была практически равна нулю, но проведенный анализ показал, что аварии все же произошли по сходным причинам.

Доменная плавка – это сложный комплекс физико–химических процессов, протекающих в условиях высоких температур, комбинированного дутья и повышенного давления газа на колошнике. Знание природы и закономерностей процессов, протекающих в рабочем пространстве печи, дает возможность правильного выбора параметров плавки в соответствии

с техническими требованиями к конструкциям и оборудованию.

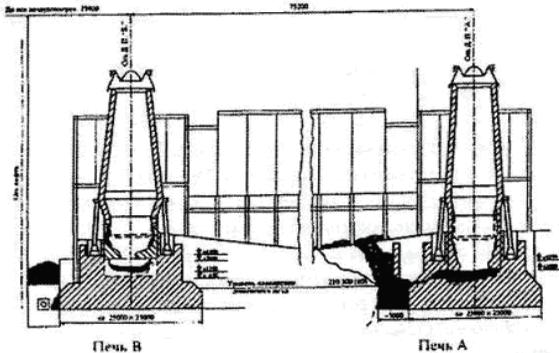


Рис.3. Разрез по блоку доменных печей, на которых практически одновременно произошел прорыв горна.

Например, рассмотрение доменного процесса как системы (P_n) состоит в выполнении ряда последовательных операций:

$$\{P_n\} = P_1, P_2, P_3 \dots,$$

где P_1 – операция перечисления и нумерации элементов системы; P_2 – операция по определению свойств динамичности, реализуемая за счет взаимодействия между элементами системы; P_3 – операция по постановке задачи и определения структуры системы, реализуемая в виде графа информационно-контактов, операция по технико-экономической оценке производства и т.д..

К важнейшим параметрам доменной плавки, которые являются приоритетными для обеспечения промышленной безопасности производства можно отнести следующие.

Централизация работы всех участков доменного производства по единой взаимосвязанной комплексной технологии в сочетании с самостоятельностью отдельных звеньев в рамках правил внутреннего распорядка и в соответствии с технологическими инструкциями рабочего места, эксплуатации оборудования, техники безопасности и требованиями экологии. Отсутствие контроля за их соблюдением, нарушение режима в любом звене немедленно отражается на всем технологическом цикле производства, требующем строгого календарного оперативного планирования и подготовки с соответствующим материально-техническим обеспечением.

Надежность конструкций и оборудования доменной печи, работоспособность которых зависит не только от специфики среды и соблюдения правил технической эксплуатации, но и от качества материалов, идущих на их изготовление. Своевременное выявление степени и причин их износа с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, компьютерной диагностики и визуального наблюдения – средство предупреждения аварии. Технически грамотная эксплуатация оборудования и конструкций комплекса доменной печи, своевременное выполнение всех работ, связанных с ее обслуживанием, имеет не меньшее значение, чем соблюдение

технологии.

Подготовка шихтовых материалов. Принцип «всегда знать, что грузится в доменную печь» является технологическим законом доменного производства. Он обязывает дополнительно контролировать качество поступающего в цех сырья и кокса. Недопустимы колебания химостава железосодержащих материалов, влажности и прочности кокса.

Работа засыпных аппаратов. Правильность работы ВРШ, вращение которого начинается после выгрузки шихты из скипа на малый конус и заканчивается перед поворотом на следующий угол, заданный по схеме. При бесконусном аппарате проверяются углы наклона лотка, его вращение и состояние редуктора, работа клапанов и герметичность засыпного аппарата. Проверка сопровождается использованием показаний КИП и компьютерных данных, которые дают точную картину изменений углов наклона лотка и программы его поворотов. При сильно развитом центральном потоке газов или допущении повышенной температуры газов (критических перегревов) на колошнике сверх допускаемой по регламенту необходимо обязательно проверять состояние лотка. Контролируется также общее состояние колошника и точность работы оборудования, измеряющего уровень засыпи в печи. При прекращении загрузки на время более 15 мин и неопределенности времени ее возобновления требуется остановка печи или перевод ее на «тихий ход» в допустимых пределах по состоянию воздушных фурм. Пуск печи разрешается только после догрузки ее до нормального уровня.

Ровный ход доменной печи – это стабильная работа агрегата с оптимальным для данных условий уровнем производства и расходом кокса при выплавке чугуна заданного состава. Ровность хода печи характеризуется плавным сходом шихтовых материалов, устойчивым их распределением на поверхности засыпи и оптимальными значениями общего и частных перепадов статического давления газа в шахте, характерных для сложившихся условий плавки. Технологическая устойчивость хода печи достигается постоянством качества хорошо подготовленной шихты, современными методами и технологически обоснованным уровнем параметров ведения плавки и рациональным рабочим профилем печи. Причиной нарушения ровности хода печи при этом часто бывает несоответствие установленного дутьевого режима условиям плавки, несоответствие режима распределения шихтовых материалов уровню газо-дутьевых параметров, несоблюдение графика выпусков и искажение рабочего профиля печи.

При ровном ходе контрольно-измерительной аппаратурой фиксируются следующие параметры:

- расход холодного дутья;
- давление и температура горячего дутья;
- общий и частные перепады статического давления газа по высоте рабочего пространства доменной печи;

- уровень засыпи в печи;
- температура колошникового газа в газоотводах;
- температура периферийных газов;
- давление колошникового газа;
- полный (или только по CO_2) состав восстановительного газа

под поверхностью засыпи;

- полный состав колошникового газа: CO , CO_2 и H_2 на ряде комбинатов для более глубокого анализа развития процессов восстановления и распределения газового потока определяются также N_2 CH_4 ;

- перспективен контроль температуры поверхности засыпи или газов над ней;

- перспективен также анализ состава горнового газа, отбираемого через фурменные устройства; методика отбор горнового газа в настоящее время выполняется в ряде странах дальнего зарубежья;

- расход пара на увлажнение и уровень увлажнения комбинированного дутья.

Зависимость характера и скорости схода шихты от формы окислительных зон. Характерным является то, что если градиент этой скорости зависит от регулирования хода печи «сверху», то сама скорость – от регулирования «снизу». Это является основой управления газодинамикой процесса – изменением режима параметров на колошнике – «управление сверху» (программы загрузки, уровня засыпи, величины подачи) и дутьевого режима – «управление снизу» (структуры комбинированного дутья, его кинетической энергии, количества, температуры и давления). Основная задача при этом – обеспечение устойчивости и ровности хода печи при различных условиях плавки без потери дутья и увеличения перепада статического давления газа в шахте [4]. Нарушения этой взаимозависимости в управлении могут приводить к неравномерности схода шихты, вызывать зависания шихты, что нередко приводит к тяжелым аварийным ситуациям.

Факторы, влияющие на распределение материалов и движение газового потока в доменной печи. Характер движения газового потока, зависящий от способов загрузки и распределения шихты на колошнике и режима формирования газового потока в окислительной зоне горна, является одним из главных факторов, определяющих рациональность газодинамики доменного процесса. Форма поверхности засыпи шихтовых материалов при обычной послойной загрузке определяется в верхней части шахты соотношением рудных нагрузок к расходу газа, при критической величине которого возникает канальное движение. Для нижней части шахты определяющим в распределении газового потока является уровень и протяженность области вязкопластичного состояния материалов и жидких фаз и процессов противоточной их фильтрации. Своевременность контроля и анализа этих факторов, взаимно связанных и дополняющих друг друга,

решает успех управления ходом доменной печи «сверху» и «снизу».

Форма поверхности засыпи шихтовых материалов. Критерием рациональности загрузки при этом служит соотношение рудных нагрузок к расходу газа (Р:Г) по сечению колошника в радиальном направлении. Его следует рассматривать как степень «полезной» неравномерности в распределении, с изменением которой количественное соотношение между шихтой и газом, необходимое для полного его использования, нарушается. Другим критерием оценки распределения газа в доменной печи служит устойчивость столба шихтовых материалов, определяемая соотношением веса шихты и сил противотока восстановительных газов, обуславливающих потери напора.

Оптимальные показатели дутьевого и шлакового режимов. Анализ эксплуатации доменных печей Украины в сложившихся топливно-сырьевых условиях плавки показывает, что оптимальный расход дутья колеблется в довольно широком диапазоне – 2,20-1,55 м³/м³ полезного объема печи. Печной парк доменных печей Украины в своем составе имеет печи малого объема – 670-1033 м³, среднего – 1300-2300 м³ и большого объема – 2700-5034 м³. Установлено, что расход дутья для печей малого объема изменяется в пределах - 1,95-2,20 м³/м³, среднего объема – 1,80-2,0 м³/м³ и большого объема 1,55-1,75 м³/м³. Количество дутья не должно превышать пределы, за которыми ровность хода печи нарушается. Такое нарушение газодинамики квалифицируется как «передув». Работа печи в этом режиме вызывает завышенные скорости газовых потоков и нарушение ровности схода шихтовых материалов. Несвоевременное принятие мер по устранению этого нарушения приводит к образованию канальных ходов, подстоям и обрывам шихты «на ходу», ее подвисанию и, как следствие, выполнению принудительных осадок. Вследствие «передува», ухудшаются использование тепловой и восстановительной энергии газового потока, что приводит к снижению экономичности (повышению расхода кокса) и потере производительности доменных печей. Одним из основных условий, определяющих возможность организации максимального дутьевого режима, являются качество шихтовых материалов и характер их распределения с обеспечением активного газового потока осевой зоны – «отдушины».

Не менее важное значение имеет газопроницаемость низа печи, связанная с режимом шлакообразования. При организации рационального шлакового режима ставится обязательным достижение минимальной протяженности зоны вязко-пластичного состояния и области первичного шлакообразования. Приоритетным здесь является выбор состава и металлургических свойств железорудных материалов, кокса и теплового состояния печи, позволяющих получить первичные и конечные шлаки с заданными физическими и химическими свойствами. Достижение этого способствует нормальному развитию теплообменных процессов, активной фильтрации и противотока восстановительных газов и металлошлаково-

го расплава в области заплечиков и формирования конечного шлака в металлоприемнике с устойчивыми физическими и химическими свойствами.

Обеспечение нормального состояния чугуновозных ковшей и графика выпусков, особенно при непредвиденном сокращении расхода чугуна на сталеплавильном производстве. Этот участок следует считать в цехе одним из основных производственных участков, имея в виду его значение для сохранения ритмичной работы. Однако это не всегда соблюдается, что ведет подчас к серьезным срывам производства.

Горновые работы на литейном дворе, будучи органически связанными с технологией процесса доменной плавки, во многом определяют результаты производства. Они бывают причиной расстройств и аварий при несвоевременной и некачественной подготовке к выпускам чугуна, шлака и состояния чугунных и шлаковых леток. Поэтому работа персонала на печи должна быть предельно четкой, регламентированной технологической инструкцией.

Типовые расстройства хода доменных печей. В современном доменном производстве даже кратковременное нарушение технологического процесса связано с большими потерями производства. Несмотря на совершенствование методов ведения доменной ишаки, в практике нередко встречаются значительные отклонения от рационального режима. Они приводят не только к расстройствам, но и к авариям, создавая условия работы, опасные для обслуживающего персонала. Причины их возникновения и последующего развития многообразны [4, 5].

Нарушения теплового состояния доменной печи могут обуславливаться повышенным или пониженным приходом тепла на развитие процессов плавки. Как правило, повышенное тепловое состояние печи не опасно и последствия его сопровождаются незначительными потерями в коксе и производстве чугуна. Нарушение же теплового состояния обусловленные похолоданием печи очень опасны и требуют незамедлительного принятия технологических и оперативных решений по устранению дефицита тепла в печи и особенно в горне. Этот вид расстройства хода печи приводит к неконтролируемому изменению объема печи за счет срыва защитного гарниссажа, значительному понижению зон вязкопластичного состояния и первичного шлакообразования, значительному изменению температуры и состава чугуна (снижению содержания кремния вплоть до 0,10-0,15 % и повышению содержания серы до 0,10-0,15%), снижению основности шлака, значительным осложнениям в управлении печью и выдаче продуктов плавки. Основными причинами, обуславливающими нарушения теплового состояния печи являются несвоевременно установленные изменения химического состава и качества железорудных материалов и кокса, ошибка в анализах или их запаздывание, неправильный забор шихтовых материалов при формировании подачи, ошибка в программе загрузки, затруднения в выдаче продуктов плавки и срыва

графика выпусков. Эффективность ликвидации расстройств доменной печи зависит от своевременности выявления нарушений, знания причин и прогноза их возникновения, принятия действенных мер для их ликвидации. Это одна из основных задач технолога, ведущего печь.

Нарушение нормального схода шихты в доменных печах еще сравнительно недавно считалось неизбежным видом неполадок в доменном производстве, вызывающим снижение технико-экономических показателей потери производства и увеличение удельного расхода кокса. В настоящее время эти нарушения встречаются намного реже вследствие улучшения общей организации производства, совершенствования конструкции и оборудования доменных печей, их профилирования, подготовки сырых материалов к плавке и результатов изучения процесса плавки. В настоящее время они возникают в большей степени вследствие нестабильных свойств шихты и отсутствия у обслуживающего персонала средств для их предотвращения или уменьшения негативных последствий. Большую роль в этом отношении сыграло расширение возможностей управления ходом печи, создание и внедрение в отечественной практике новых методов управления ходом печи «сверху».

Зависание шихты – это опасное расстройство хода доменной печи, которое следует рассматривать как «технологическую» аварию. Оно означает прекращение нормального движения шихтовых материалов, восстановление которого иногда требует длительного времени с большой потерей производства и увеличением расхода кокса. Перед подвисанием печь начинает плохо «принимать» дутье, давление его растет, а общий перепад статического давления газа увеличивается. Сход шихты замедляется, после чего начинают наблюдаться обрывы шихты на ходу. Предрасположение к подвисанию шихты обнаруживается на печи чаще всего с появлением «тугого хода», однако это не является обязательным. Подвисание, как правило, не бывает внезапным. Ему предшествуют определенные симптомы нарушения установленного режима печи, не замеченные своевременно ее персоналом, если он недостаточно тщательно следит за комплексными показаниями контрольно-измерительной аппаратуры. Методы ликвидации подвисания зависят от прочности сводов и причин их образования. Экстренной мерой может быть снижение дутья в количестве, обеспечивающим обрыв шихты. В практике доменного производства известно, что длительные подвисания шихты чреваты большими аварийными последствиями. В истории прошлых лет имеются случаи разрушения шахты печи, срыва засыпных аппаратов, атмосферных клапанов, выбросы фурм и материалов из печи и т. д.

Нарушением нормального хода доменной печи, влекущего тяжелые расстройства, является «загромождение» горна. Оно значительно сокращает рабочий объем металлоприемника и ухудшает газодинамику процесса. Загромождение горна отрицательно отражается на тепловом режиме печи, требует уменьшения рудных нагрузок и промывки горна. Печь

склонна к подвисанию, трудно поддается форсировке. При своевременном принятии мер загромождение горна ликвидируется сравнительно легко и с относительно небольшими потерями производства. Однако в отдельных случаях оно приводит к глубоким расстройствам, ликвидация их требует длительного времени и тяжелого труда обслуживающего персонала.

Длительные остановки печей являются органическим нарушением обычного режима доменной плавки. Его успешное восстановление зависит от качества подготовки к стоянке, условий, в которых она производится, и длительности простоя. При любых обстоятельствах плановая остановка печи может быть разрешена только при нормальном нагреве, свободном горне, тщательно проверенной охладительной системе и подготовленной структуре столба шихты в печи, обеспечивающей большую его газопроницаемость. Несмотря на известные тяжелые последствия, связанные с отступлением от этого правила, такие расстройства встречаются относительно часто, что в определенной мере может быть связано с излишней ограниченностью в сроках ремонта, его планирования а также сокращением сроков раздувки печи.

Системы диагностирования, которые предназначены для выявления нестандартных и аварийных ситуаций на ранней стадии их развития, как правило, ориентированы на выявления отказов и неисправностей оборудования. Такой подход к обеспечению безопасности затрудняет предотвращение неустойчивого режима, и, как следствие, создает возможность его последующего перехода в аварию. Для устранения этого недостатка, прежде всего, следует обратить внимание на принципиальные отличия задачи обеспечения безопасности от типовых задач управления. Важнейшее отличие состоит в том, что исходная информация о сложном объекте содержит лишь незначительную часть сведений о его состоянии, свойствах, процессах функционирования, характеристиках работоспособности. Кроме того, эти сведения отображают только состояние и характеристики работы металлургических объектов в технологическом режиме. Этих сведений может быть достаточно для принятия решений при управлении металлургическими объектами, если технологический режим сохраняется продолжительное время. Однако на реальных объектах при существующих системах технического диагностирования, ориентированных на обнаружение отказов и неисправностей, нельзя гарантировать, что отказ или неисправность не произойдет в течение ближайших 5–10 мин. И заранее неизвестно, сколько времени потребуется на устранение неисправности – несколько минут, несколько часов или несколько месяцев.

Для согласования, оценивания и корректирования работоспособности и безопасности работы сложных объектов, а также управления их безопасностью в условиях неполной информации о состоянии объекта, необходимо оснащение агрегатов системами автоматизированного контроля и принятие обоснованных управленческих решений на основе системного

анализа с учетом технических, технологических и организационных факторов производства.

Ведение технологии доменной плавки и предотвращение возникновения аварийных ситуаций требует высокой квалификации обслуживающего персонала. Значительное сокращение расстройств возможно при дальнейшем внедрении автоматических средств контроля современного уровня, регулирования и организации ряда технологических процессов доменного производства.

Нередко крупные аварии допускаются из-за недостаточного знания практических признаков возникающего расстройства, несмотря на достаточно высокий уровень теоретической подготовки мастера, ведущего печь, а иногда и старших руководителей. Вследствие этого иногда принимаются неправильные решения по корректировке хода доменных печей, несвоевременная реакция на изменения в их режиме, нарушение технологических и других инструкций. Поэтому исключительно важен уровень квалификации кадров, совмещающих высокую теоретическую подготовку с большим практическим опытом. При любом уровне автоматизации производства роль человеческого фактора, г. е. квалификации лица, ведущего печь, не снижается. Кроме умения правильно оценивать комплекс показателей хода доменной печи необходимо еще обладать способностью предвидения дальнейшего развития процессов в ней или в состоянии оборудования. Научно обоснованный анализ этих недостатков, возможное их устранение – большой резерв улучшения показателей работы доменных печей.

Основная проблема, с которой сталкиваются исследователи при решении задачи оценки остаточного ресурса эксплуатируемого объекта, – отсутствие достоверных данных о нагрузках и условиях воздействий на конструкцию за весь период ее эксплуатации, так называемой «истории нагружения» [6]. Анализ архивных данных о работе объекта, как правило, позволяет установить только общие сведения, а частности, детали остаются неизвестными. То же можно сказать об особенностях изготовления и монтажа. Очевидно, что все факторы, влиявшие на конструкцию за время ее эксплуатации учесть невозможно. Необходима какая-то качественная, независимая, физически обоснованная величина (точка отсчета). Например, момент появления усталостной трещины. При этом можно не считать циклы нагружений, а ограничиваться фиксацией времени работы оборудования (или объемом переработанного сырья) до появления первой, второй, третьей и т.д. характерной усталостной трещины.

Определив время исчерпания усталостной прочности других элементов исследуемой конструкции и откорректировав результаты по данным расчета разрушившегося элемента, теоретически можно получить сроки выхода из строя всех элементов конструкции. По полученным данным можно судить о сроках и целесообразности продолжения эксплуатации конкретного оборудования.

Метод определения остаточного ресурса требует значительных трудовых затрат, однако его выводы хорошо согласуются с данными, полученными методами экспертных оценок, могут служить основой, обоснованием для разработки планов решения экономических, социальных и технических задач обеспечения промышленной безопасности и развития производства.

На металлургических предприятиях Украины одним из основных факторов, повышающих риск аварий на опасных производственных объектах, продолжает оставаться высокая степень износа основных производственных фондов на фоне низкой инвестиционной и инновационной активности в металлургической промышленности. Поэтому проблема обеспечения промышленной безопасности становится еще более актуальной.

Данные по аварийности в металлургической промышленности Украины за 1990–2002г.г. представлены на рис.4.

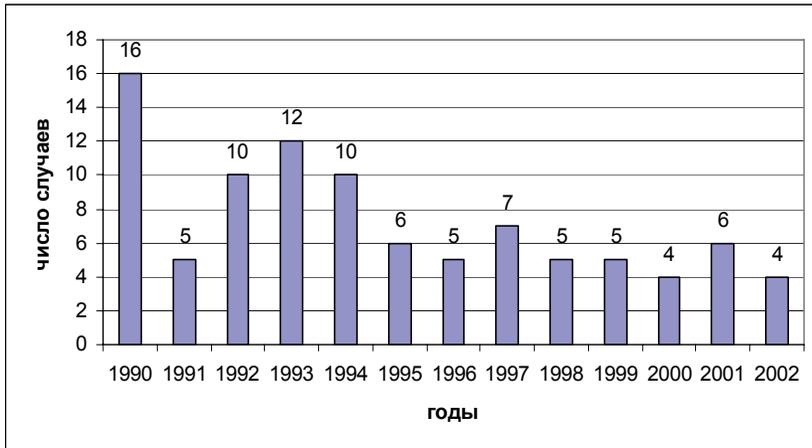


Рис.6. Диаграмма аварийности в металлургической промышленности Украины в 1990–2002г.г.

Как следует из приведенной диаграммы, начиная с 1996г., ситуация с аварийностью в металлургии достаточно стабильна и находится на уровне примерно 5–7 аварий в год. Картина не столь однородна по металлургическим производствам, в худшую сторону выделяются доменное (26,32%), кислородно-конвертерное (14,47%) и электросталеплавильное (11,58%) производства.

На доменных печах большая часть аварийных случаев приходится прогары фурм в металлургических агрегатах (24,5%), прорывы горна, холодильников, газопроводов и воздухопроводов доменных печей (20,2%),

уходы и выбросы металла, шлака, агломерата из металлургических агрегатов (18,1%).

Анализ риска аварий дает возможность оценить степень опасности металлургического производства для людей и окружающей среды, состояние его промышленной безопасности, и на основании полученной информации разработать рекомендации по улучшению состояния промышленной безопасности на металлургическом комбинате [8]. Процесс анализа риска носит объективный и всесторонний характер, для чего необходимо разрабатывать методики оценки риска аварий с учетом особенностей металлургического производства. В расчете величины риска используются две составляющие: вероятностная оценка возникновения аварии и возможный материальный ущерб оборудования от этой аварии. Выражение для расчета оценки риска аварийности ($R_{ав.сит.}$) имеет вид:

$$R_{ав.сит.} = \sum_i^n P_{ав.сит. j} \cdot Y_{ав.сит. j}, \quad (1)$$

где $P_{ав.сит. j}$ – вероятность возникновения аварийной ситуации на i -том оборудовании; $Y_{ав.сит. j}$ – возможный материальный ущерб от возникновения аварийной ситуации на i -том оборудовании; n – количество оборудования производственного процесса.

Используя понятие о ресурсе аварийной ситуации и времени ее развития $T_{ав}$, можно развить и представление о степени риска как величине, не являющейся постоянной в ходе развития аварийной ситуации. Выражение (1) представим в следующем виде:

$$R_{ав.сит.} = \sum P_{ав.сит. j} \cdot Y_{ав.сит. j} \cdot T_{xi} / T_{ав}, \quad (2)$$

где T_{xi} – время после начала развития i -той аварийной ситуации ($\lim_{T_{xi} \rightarrow T_{ав}} T_{xi} = T_{ав}$).

Таким образом, степень риска возрастает по мере развития аварийной ситуации и достигает максимального значения в момент возникновения аварии $T_{ав}$. До этого момент практически всегда имеется возможность прекратить развитие аварийной ситуации. Изучение условий прекращения аварийной ситуации представляет несомненный теоретический и практический интерес, однако в области металлургии эти вопросы исследованы весьма слабо.

Недостатки в существующей системе промышленной безопасности:

- использование запаздывающих по времени решений ликвидации аварийных ситуаций (малоэффективный реактивный метод);
- отсутствие приоритетности при решении вопросов промышленной безопасности;
- отсутствие учета динамики состояния промышленной безопасности.

Новые требования к системам промышленной безопасности:

- комплексность решения вопросов управления и создания безопасных условий производства;
- разработка и внедрение стандартов и методик по выявлению и оценке

производственных рисков и управления ими;

совершенствование системы экспертизы промышленной безопасности металлургических объектов, аудита системы, мотивации персонала;

применение опережающих решений по обеспечению промышленной безопасности (метод активного воздействия на ситуацию в организации охраны труда и промышленной безопасности);

исключение многозвенности в системе управления производством, качеством продукции и окружающей средой;

создание комфортных и менее опасных условий труда;

возможность изменения системы управления производством в зависимости от изменения внешних условий, а также при изменении целей предприятия;

использование коллективной и индивидуальной ответственности персонала;

повышение имиджа металлургического производства и привлекательности для инвесторов.

Одним из необходимых условий системы промышленной безопасности является переход от вынужденного реагирования на произошедшие аварийные ситуации к профилактике и анализу рисков. В основе такого подхода лежит достаточно простое правило – чем большее число инцидентов подвергается анализу, тем большая вероятность выявить коренные причины небезопасных действий и нарушений, что способствует снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций. Такой подход требует открытости результатов работы и принципов формирования целей и задач в области промышленной безопасности и охраны труда, создания методики учета нарушений при эксплуатации оборудования, создания соответствующей иерархии систем управления промышленной безопасностью и охраной труда (СУПБ и ОТ).

Заключение.

Предложены основные положения для определения параметров промышленной безопасности при работе доменных печей в стационарных и нестационарных условиях, обеспечения рациональное использование ресурсов путем оперирования материальными, энергетическими и людскими ресурсами.

Анализ показывает необходимость разработки качественно нового подхода к решению проблем промышленной безопасности работы доменных печей. Такой подход базируется на концептуальных основах системного анализа, выявлении определяющих промышленную безопасность параметров работы доменных печей в стационарных и переходных режимах работы, многокритериальной оценке и прогнозировании ситуаций рисков.

В качестве меры устойчивости работы доменных печей принимается уровень сохранения первоначальных показателей ее работы до момента возникновения аварийных ситуаций. Повышение устойчивости доменных

печей можно обеспечить в результате разработки и внедрения специальных инженерно–технических и организационных мероприятий, в большинстве своем базирующихся на результатах научно–исследовательских работ.

1. *Большаков В.И.* Проблема повышения прочности и надежности кожухов доменных печей в работах ИЧМ //Фунд. и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.11. – 2005. – С.–237–246.
2. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ Проблемы, методология, приложения. – К.:Наукова думка, 2005. –743 с.
3. *100 великих катастроф* // Автор–состав. И.А. Муромов. — М.: Вече, 2003. – 528 с.
4. Плискановский С.Т., Полтавец В.В. Неполадки в работе доменных печей. – Днепропетровск: Пороги, 2002. – 301 с.
5. *Нили Э., Адамс К., Кеннерли М.* Призма эффективности. Карта сбалансированных показателей для измерения успеха в бизнесе и управления им. (пер.с англ.). – Pearson Education Limited? 2002, ЛЛЛ «Баланс клуб», 2003. –398 с.
6. *Михайлов Г.Г., Конаков О.А., Колмаков А.Я.* Некоторые аспекты стратегии определения остаточного ресурса / Безопасность труда в промышленности. – 2004. – №1. – С.-34-36.
7. *Справочник по кранам. Т. 1.* Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Замятин и др.; Под общ.ред. М.М. Гохберга. — М.: Машиностроение. 1988. — 536 с.
8. *Смирнов Н.В., Жерновский В.Д., Коган Л.М.* Пожарная безопасность в проектах предприятий черной металлургии // М.: Металлургия. – 1985. – 166с.

Сведения об авторах:

Можаренко Николай Михайлович, канд.техн.наук, зав.отделом металлургии чугуна Института черной металлургии НАН Украины;

Тубольцев Леонид Григорьевич, канд.тех.наук, Заслуженный работник промышленности Украины, заведующий отделом прогнозных и информационно-технических исследований в металлургии Института черной металлургии НАН Украины;

Голубых Галина Николаевна, мл.научн.сотр. Института черной металлургии НАН Украины