

Л.Г.Тубольцев, Г.Н.Голубых, Н.И.Падун

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

С использованием показателя устойчивости представлены подходы к разработке модели функционирования металлургического предприятия в случае возникновения аварийной ситуации, для сбалансированного производства конечной продукции и с учетом потребности в обеспечивающих ресурсах.

### Постановка проблемы.

Политические, организационные и технические изменения, которые произошли в последние годы в металлургическом комплексе Украины, требуют новых взглядов на обеспечение безопасности производства. Выход металлургического комплекса Украины на международные рынки поставил новые задачи по повышению качества и обеспечению безопасности производства продукции. Перспективы вступления Украины в ВТО требуют создания условий для открытой работы металлургического комплекса, обеспечения работы по международным стандартам, таким как международный стандарт по качеству серии ИСО 9000 ( версия 1994 г и 2000 г.), стандарты по окружающей среде серии ИСО 14000 (версия 1996 г.) [1], Всеобщий менеджмент качества (TQM), международный стандарт OHSAS – 18001 –1999 «Требования к системам управления профессиональным здоровьем и безопасностью». На нынешнем этапе перехода к техническому регулированию выполнение стандартов является для металлургических предприятий добровольным, однако фактически их соблюдение является обязательным при выходе продукции на международные рынки.

На пути комплексного совершенствования качества металлопродукции в Украине стоит слабо организованная система управления промышленной безопасностью металлургического производства.

### Недостатки в существующей системе организации охраны труда и 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.

### **Изложение основных материалов исследования.**

Углубленные системные исследования причин травматизма, проведенные на ряде металлургических комбинатов [2] показали, что внедрение более совершенной техники, технологических и проектных решений, обеспечивающих улучшение условий труда, далеко не всегда приводят к заметным результатам в снижении производственного травматизма и предотвращении аварийных ситуаций. Подавляющее число несчастных случаев на производстве связаны не с опасными условиями труда, а с ошибочными действиями работников (96%), что является следствием плохого менеджмента. Это указывает на необходимость перехода от реагирования на аварии и инциденты к управлению рисками, более рациональному расходованию средств на снижение их уровня.

Система промышленной безопасности должна комплексно входить в систему менеджмента качества (СМК) как одно из условий стабильности производства. Принципы менеджмента качества продукции сформулированы в стандартах ИСО серии 9000 выпуска 2000 г. и вобрала в себя основной опыт международного сообщества по созданию конкурентоспособной продукции. Конкурентоспособность любого промышленного предприятия определяется способностью производить продукцию, которая удовлетворяет и даже превосходит ожидания потребителей. Следовательно, ключевыми для предприятия являются процессы жизненного цикла продукции и они являются сосредоточением знаний, умений и навыков руководства и персонала, являются основой конкурентоспособности предприятия [3]. Поэтому именно процессы управления жизненным циклом продукции стали акцентом новой версии стандартов ИСО серии 9000. Эффективность такого подхода объясняется тем, что переход от функционального управления предприятием к процессному позволяет избавиться от разобщенности, неэффективности и внутренних конфликтов, поскольку главным становится не выполнение предписанных штатным расписа-

нием функций, а получение основного результата – выпуск конкурентоспособной продукции. В этом случае функциональность подчиняется целесообразности главного результата производства. В новых условиях быстро меняющегося мира и глобальной конкуренции становится очевидным, что разработанная во второй половине XX века методология управления, ориентированная только на финансовый результат, становится бесперспективной.

Для эффективного управления предприятием сегодня необходимо оперировать системой из четырех групп показателей: финансовые результаты, удовлетворенность потребителей, результативность и эффективность внутренних бизнес-процессов, удовлетворенность персонала[4]. Все эти группы показателей взаимосвязаны между собой и дают возможность сконцентрировать усилия всех подразделений организации на достижении долгосрочных результатов. Объединить эти группы показателей для выполнения целевой установки персонала позволяет использование на предприятии метода управления процессами как главного фактора производства. Правильное управление процессами требует не просто постоянного наблюдения и регулярного анализа данных. Необходимо, чтобы на всех уровнях управления процессами было умение принимать решения о вмешательстве или невмешательстве в процесс при происходящих в нем изменениях, в том числе и в случае возникновения аварийных ситуаций. Поступающая информация должна анализироваться системно и только это может позволить принять оптимальное в изменившихся условиях решений.

Первоначальным условием реализации любого процесса является необходимость создания определяющих документов. При обеспечении взаимодействия технологических процессов производства вырастает и вся документация СМК, а потом и вся интегрированная систем менеджмента предприятия. Поэтому учет стандартов, принятых международным сообществом, является обязательным и при создании систем промышленной безопасности. Система управления промышленной безопасностью и охраной труда (СУПБ и ОТ) должна комплексно входить в процессную систему менеджмента предприятия [5]. СУПБ и ОТ должна быть сориентирована на выявление и оценку рисков, выполнение тех мероприятий, которые максимально влияют на уровень промышленной безопасности и охраны труда, оптимизируют затраты предприятия на безопасность, обеспечивают устранение наиболее распространенных организационных причин аварий и инцидентов. Результаты оценки рисков в целом по предприятию и по конкретному подразделению должны стать основой новой системы мотивации персонала.

Одним из необходимых условий новой 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, мобилизации коллектива на соблюдение норм и правил охраны труда, новой методики учета нарушений при эксплуатации оборудования.

Новая система промышленной безопасности требует упрощения работы с инструкциями по технике безопасности, создания четкой системы мониторинга выполнения их обязательных требований. Система мониторинга должна предусматривать создание конкретной инструкции для каждого рабочего места, где прописаны меры безопасности при выполнении возложенных на рабочего обязанностей и личная его ответственность за соблюдение мероприятий промышленной безопасности, определена система иерархического контроля за своевременным исполнением намеченных мероприятий. Структура персональной ответственности предполагает распределение обязанностей и полномочий по промышленной безопасности всего персонала предприятия – от директора до рабочего. Иерархия предполагает создание «пирамиды ответственности» в системе управления промышленной безопасностью и охраной труда (СУПБ и ОТ) (рис.1) [2].



Рис.1. «Пирамида ответственности» в СУПБ и ОТ.

предоставление информации о выполнении намеченных мероприятий низшими уровнями на более высокие, которые в свою очередь обеспечивают контроль достоверности поступающей информации, выполняют ее анализ и направляют на низшие уровни корректировку заданий по промышленной безопасности. Одновременно с этим проводится внутренний аудит системы управления, в задачу которого входит выявление соответствия мероприятий требованиям безопасности и оценка функционирования системы управления в целом. Функционирование пирамиды безопасности предусматривает дополнительное обучение персонала знаниям основных требований политики металлургического предприятия в области промышленной безопасности и охраны труда, знание своих обязанностей в СУПБ и ОТ.

Металлургическое производство осуществляется на цепочке последовательно расположенных сложных агрегатов непрерывного и периодического действия, технологически связанных между собой. Техническая насыщенность металлургического производства обуславливает возможность возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к остановке производства, значительному экономическому ущербу, травмированию работников, обслуживающих оборудование. Специфический характер различных областей деятельности человека не позволяет выработать единую систему и единые методы оценки риска. Как правило, при оценке риска металлургического производства используются две составляющие: вероятностная оценка возникновения неблагоприятного события и ущерб от его возникновения. В этом случае выражение для расчета и оценки риска аварийности ( $R_i^{\text{ав.сит}}$ ) имеет следующий вид [1]:

$$R_i^{\text{ав.сит}} = \sum_i^n P_i^{\text{ав.сит}} Y_i^{\text{ав.сит}}, \quad (1)$$

где  $P_i^{\text{ав.сит}}$  – вероятность возникновения аварийной ситуации на  $i$ -том оборудовании (риск аварийности);  $Y_i^{\text{ав.сит}}$  – возможный ущерб от возникновения аварийной ситуации на  $i$ -том оборудовании;  $n$  – количество единиц оборудования.

Для расчетов по формуле (1) необходимо определить численное значение вероятности, которое обычно связывают с эмпирическим понятием частоты события  $A$  как реально фиксируемой величины. Многочисленными опытами, проводившимися со времени возникновения теории вероятности, подтверждено предположение, что частота события при увеличении опытов всегда приближается к его вероятности и при достаточно большом количестве опытов частоту можно принять за приближенное значение вероятности. В более строгом понимании частоту можно рассматривать как практическую достоверность. Вероятность события  $A$  можно оценить по «классической формуле» как отношение случаев этого события ( $m$ ) к общему числу случаев ( $M$ ):  $P(A) = m/M$  [6].

В практике работы металлургических предприятий мы имеем дело со случаями, когда эмпирическое определение вероятности по частоте практически невозможно, а опыты с промышленной безопасностью чрезвычайно сложные и дорогостоящие. Поэтому, для определения вероятности события в промышленных условиях применяются косвенные методы, позволяющие по известным характеристикам одних событий определять вероятности других событий, с ними связанных.

Для определения и анализа причин риска обычно используют статистические методы исследования. Одной из важнейших задач промышленной безопасности является выявление опасных ситуаций и событий (возникновение «катастроф»), дающих возможность выявлять условия, при которых эти события становятся практически невозможными. Наиболее часто риск в производстве обусловлен недостаточным уровнем знаний и

навыков обслуживающего персонала, недостаточным уровнем организации производства работ, отступлением от технологической документации, некачественным ремонтом и наладкой оборудования, конструкционными недостатками технических устройств и агрегатов [7]. Поэтому первоочередными задачами при создании системы промышленной безопасности металлургического производства являются:

- разработка системного подхода по осуществлению мониторинга состояния аварийности и выполнения мероприятий промышленной безопасности;

- разработка и применение методики оценки риска возникновения аварийных ситуаций сложных технических систем, используемых на предприятиях черной металлургии;

- выявление «приоритетных» рисков аварийных ситуаций при ведении технологических процессов;

- разработка параметров производственного процесса, которые характеризуют устойчивость и состояние промышленной безопасности

- разработка программного обеспечения мониторинга параметров и показателей промышленной безопасности;

- организация обучения и работы персонала производственных подразделений по недопущению аварийных ситуаций.

Аварийная остановка металлургического производства возникает при выходе из строя металлургических агрегатов, входящих в цепочку непрерывного производственного цикла. Такими уязвимыми агрегатами, например для доменного производства, являются: шихтовый двор (остановка агрегата –  $D_1$ ), система шихтоподачи ( $D_2$ ), конвейер ( $D_3$ ), собственно доменная печь ( $D_4$ ), литейный двор ( $D_5$ ), подъездные пути ( $D_6$ ), одновременный выход из строя всех воздухонагревателей  $V_1, V_2, V_3$ , и т.д. ( $D_i$ ). Таким образом, аварийную остановку  $Aв$  доменного производства можно представить в виде вариантов вероятных событий, таких как:

$$Aв = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 + V_1 V_2 V_3$$

$$Aв = D_1$$

$$Aв = D_2 \dots \dots \dots \text{до } Aв = D_n$$

$$Aв = V_1 V_2 V_3$$

Вероятность остановки доменного производства в этих случаях может определяться как самая высокая вероятность остановки любого из агрегатов, входящих в систему доменного цеха, т.е.

$$P(Aв) = P(D_i)$$

С использованием понятий риска оценивается и устойчивость производственного цикла металлургического предприятия. Понятие устойчивости применительно к металлургическому предприятию в целом или к его основным переделам, или к отдельным его объектам рассматривается, как способность сохранять заданный уровень производства выпускаемой продукции при установленной номенклатуре в различных условиях, возни-

кающих при аварийных ситуациях на самом предприятии, транспорте и у поставщиков.

В качестве критериев устойчивости функционирования металлургического предприятия примем величину отношения объема выпускаемой продукции после возникновения аварии (техногенного или природного характера) к соответствующему объему при нормальной работе предприятия (базовый вариант):

$$K_{уст} = Q_{ав} / Q_{баз} \quad (2)$$

и скорость изменения этой величины в процессе выполнения восстановительных работ.

Величина  $K_{уст}$  является мерой устойчивости сохранения первоначальных показателей производства при возмущениях, вызванных любыми аварийными ситуациями в металлургическом производстве. Кроме того, мера устойчивости может быть дополнительно охарактеризована темпом возможного восстановления производства до исходного уровня после определенных разрушений на объекте.

Работы по повышению устойчивости функционирования металлургического производства отличаются рядом особенностей, в частности:

- они являются вынужденной мерой предохранительных действий предприятия на случай аварий техногенного и природного характера;
- постоянное старение производственных фондов металлургических предприятий вынуждает к адекватному непрерывному развитию защитных мер по повышению устойчивости их работы;
- эффективность внедрения мероприятий по повышению устойчивости не всегда может быть четко выражена и определена при нормальной работе предприятия, за исключением аварийных ситуаций.

Для прогнозирования устойчивости необходимо разработать соответствующую модель и адаптировать ее к условиям конкретного производства.

#### **Математическая модель.**

Важным аспектом в повышении устойчивости функционирования металлургических предприятий при возникновении аварий техногенного и природного характера является создание модели прогнозирования обстановки на них в случае чрезвычайных ситуаций и выдачи соответствующих рекомендаций для проведения работ по восстановлению производственных мощностей.

Модель функционирования металлургического предприятия при аварийных ситуациях представляет собой систему, которая состоит из четырех укрупненных блоков и позволяет прогнозировать обстановку на предприятии в случае аварий, определять оптимальный вариант проведения восстановительных работ и рассчитывать время, необходимое для наращивания производства продукции, оперируя материальными, энергетическими и людскими ресурсами на всех переделах (рис.2).

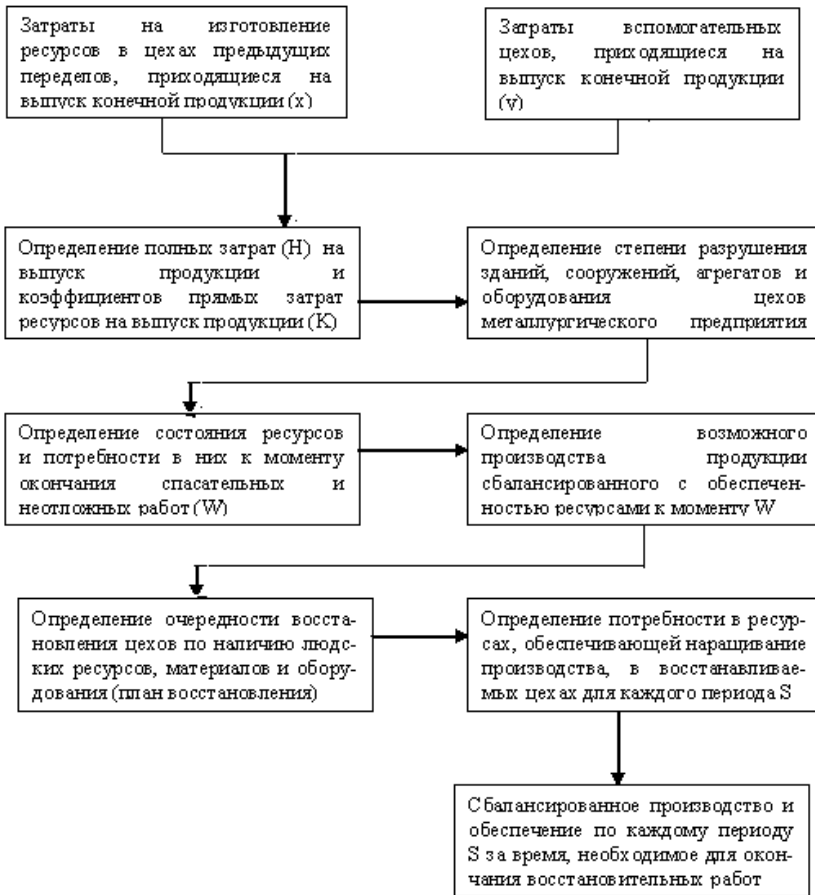


Рис.2. Модель функционирования металлургического предприятия в случае возникновения аварийной ситуации

Проблемы повышения устойчивости функционирования металлургического предприятия объективно отражают наличие «узких» мест в основных металлургических переделах, которые могут быть лимитирующим звеном при работе предприятия в случае чрезвычайных ситуаций. Основным назначением модели является информационное обеспечение, управление предприятием в процессе восстановительных работ и наращивания выпуска продукции после аварийных ситуаций, а также рациональное использование ресурсов, которыми располагает предприятие. При этом модель должна учитывать возмущения на самом предприятии, транспорте и у поставщиков, вызванные любой аварийной ситуацией.



Первый блок системы обеспечивает определение коэффициентов прямых затрат каждого вида ресурсов на единицу основной товарной продукции предприятия, что позволяет сбалансировать производство и потребление ресурсов при различных аварийных ситуациях. Данные, выработываемые первым блоком системы в случае аварий (как на самом предприятии, так на транспорте или у поставщиков), обеспечивают оптимальное использование ресурсов и корректировку сортамента продукции с учетом заданного приоритета. В качестве конечной продукции может выступать готовый прокат. Второй, третий и четвертый блоки позволяют определить: уровень повреждений и разрушений зданий, сооружений и оборудования после аварии; возможные объемы производства продукции; последовательность восстановления и наращивания выпуска продукции.

Модель предусматривает предварительный расчет базового варианта, соответствующего нормальной работе металлургического предприятия. Базовый вариант характеризуется существующими пропорциями в объеме поставок материалов извне, производства собственных и выпуска всех видов товарной продукции. Основным показателем этих пропорций служит коэффициент прямых затрат на единицу каждого вида продукции ( $K_i$ ). Задача получения максимального производства конечной продукции решается с учетом функции приоритетности цехов внутри каждого передела металлургического предприятия и очередности их восстановления.

Основу модели функционирования металлургического предприятия при аварийных ситуациях составляет получение сбалансированного производства конечной продукции и потребности в ресурсах, обеспечивающей это производство. Взаимосвязь между производством и потреблением устанавливается с помощью коэффициентов прямых затрат ( $K_i$ ) на единицу каждого вида продукции, выпускаемой предприятием.

Модель функционирования предприятия включает два этапа:

1. Нахождении коэффициентов прямых затрат  $K_i$  для всех видов продукции по фактическим объемам их производства и затратам обеспечивающих ресурсов.. Для этого выбирается базовый вариант, отражающий производство и потребление при установившемся технологическом процессе и включающий взаимозаменяемость одного вида ресурса другим.

2. Получение максимального объема основной конечной продукции предприятия при фактическом наличии людских, энергетических и материальных ресурсов, обеспечивающих это производство в процессе восстановления цехов по окончании спасательных и неотложных послеаварийных восстановительных работ. На этом этапе в качестве конечной продукции может выступать готовый прокат, как основной вид продукции металлургического предприятия.

Модель функционирования предприятия представлена на рис.2.

Блок 1 вычисляет значения коэффициентов прямых затрат на единицу каждого вида выпускаемой предприятием продукции ( $K$ ). Значение  $K$  для

каждого вида продукции определяется отношением полных затрат ресурсов ( $H$ ) к объему выпускаемой продукции ( $Q$ ):

$$K_{ab} = H_{ab} / Q, \quad (3)$$

где  $a$  и  $b$  – индекс вида и размера готовой продукции предприятия;

Полные затраты ( $H$ ) включают в себя как непосредственный расход на производство продукции ( $h$ ), так и косвенные затраты, идущие на производство материалов и полуфабрикатов в основных цехах ( $x$ ) и общепроизводственные нужды во вспомогательных цехах ( $y$ ):

$$H = h + x + y \quad (4)$$

Результатом работы первого блока является расчет удельных прямых затрат ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

Блок 2, по данным о последствиях произошедшей аварии определяет степень разрушения зданий, сооружений и оборудования в цехах предприятия. Блок 3 определяет состояние производства по цехам и предприятию в целом по степени их разрушения, оценивает его с учетом фактического обеспечения ресурсами, включая ресурсы собственного изготовления и поставляемые извне, а также с учетом возмущений на транспорте. На основании этих данных осуществляются расчеты возможного производства продукции сбалансированного с фактической обеспеченностью ресурсами, т.е. к моменту окончания спасательных и неотложных послеаварийных восстановительных работ.

Блок 4 составляет предварительный план восстановления цехов, который должен обеспечить максимальное производство  $i$ -го ресурса с учетом приоритетности цехов внутри каждого передела металлургического предприятия (очередность восстановления). Затем производится расчет потребности в ресурсах, обеспечивающих наращивание производства в соответствии с данными по производству при нормальной работе предприятия (базовый вариант), в цехах подлежащих восстановлению за период, отсчитываемый с момента окончания спасательных и неотложных послеаварийных восстановительных работ ( $S$ ). По окончании работы блока 4 выдается расчет сбалансированного производства и обеспечения. Модель заканчивает свою работу при расчете максимального производства конечной продукции при фактической обеспеченности ресурсами.

### **Выводы.**

Металлургическое предприятие отличается высокой насыщенностью производственных фондов, трудовых и материальных ресурсов и является потенциально опасным источником возникновения техногенных аварий. В качестве меры устойчивости функционирования металлургического предприятия принимается уровень сохранения первоначальных показателей выпуска продукции после возникновения аварийных ситуаций. Повышение устойчивости функционирования металлургического предприятия достигается в результате разработок и внедрения специальных инже-

нерно–технических и организационных мероприятий, в большинстве своем базирующихся на результатах научно–исследовательских работ.

В рамках настоящей работы предложена модель функционирования металлургического предприятия, основным назначением которой является прогнозирование обстановки и управление предприятием после возникновения аварийных ситуаций в процессе восстановительных работ и наращивания выпуска продукции, рациональное использование ресурсов, которыми располагает предприятие (либо получает извне), путем оперирования материальными, энергетическими и людскими ресурсами всех переделов. Модель позволяет определить возможность выпуска различных видов продукции при изменениях в обеспечении ресурсами в аварийных ситуациях с учетом заданного приоритета.

1. *Гриценко С.Г., Грановский В.К., Харахулах В.С., Бродский С.С.* О состоянии и перспективах развития металлургического комплекса Украины // *Литье и металлургия.*– 2002. – № 4. – С.118–121.
2. *Карнаух Н.Н., Титов О.П., Медведев А.В., Ястребов В.Р.* Новые подходы к обеспечению безопасности в металлургии. // *Металлург.* – 2004. – № 4. – С.37–41.
3. *Полховский Т.М., Адлер Ю.П., Шнер В.Л.* Роль процессного подхода в создании эффективной системы менеджмента качества // *Металлург.* – 2004. – № 4. – С.33–36..
4. *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.
5. *Хит Роберт.* Кризовий менеджмент для керівників.(пер. с англ.). – К.,: «ВСЕУВИТ», «Наукова думка», 2002. – 566 с.
6. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М.:Гос.изд.физико–математической литературы, 1958. – 460 с.
7. *Бикмухаметов М.Г., Черчинцев В.Д., Сулейманов М.Г.* Совершенствование методики оценки риска возникновения аварийных ситуаций предприятий черной металлургии.//*Металлург.* – №4. – 2004. – С.41–42.

*Статья рекомендована к печати  
канд.техн.наук Н.М.Можаренко*