

Л.Г.Тубольцев, Г.Н.Голубых, Н.И.Падун

АНАЛИЗ РИСКА АВАРИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ.

Идентифицированы опасности, оценен риск аварий и возможный материальный ущерб на металлургическом предприятии в случае возникновения аварийной ситуации, для прогнозирования последствий возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Современное состояние вопроса.

Несмотря на совершенствование процессов и технологий в металлургическом производстве, положение в сфере промышленной безопасности не улучшается, число аварий и уровень травматизма на металлургических предприятиях остаются высокими. Предприятия металлургического комплекса, с точки зрения возникновения техногенных аварий, отличаются: большими объемами веществ и материалов, в том числе химически опасных; значительные тепловые излучения; использование в технологических процессах мощных агрегатов, машин и механизмов, создающих промышленные опасности; большие территории; расположение предприятий вблизи крупных населенных пунктов, а также вблизи рек и водоемов; использование в технологических процессах и их обслуживании большого количества трудовых ресурсов.

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.

Постановка задачи.

Для разработки эффективных мероприятий взрыво- и пожаропредупреждения, а также совершенствования правил техники безопасности, необходимо проведение анализа причин и последствий техногенных аварий, создание методик оценки риска аварий и возможного материального ущерба. Основой анализа риска аварий являются идентификация опасных и вредных производственных факторов, признаки опасных производственных объектов, характеристики технологических и производственных операций, квалификация кадров, техническое состояние оборудования, зданий и сооружений. Такие разработки позволяют выработать рекомендации по прогнозированию и предупреждению взрывов и пожаров при

авариях на опасных производственных объектах металлургического производства.

Изложение основных материалов исследования.

К наиболее тяжелым последствиям, приносящим материальный ущерб и групповые несчастные случаи, приводят аварии на взрывопожароопасных производствах, имеющихся на каждом крупном металлургическом предприятии. По количеству аварий, связанных со взрывами и пожарами, металлургическая промышленность стоит на втором месте – после химической промышленности, число пожаров и взрывов в которой в 4–5 раз меньше, чем в химической отрасли, но превышает число взрывов в других отраслях промышленности.

Данные по аварийности в металлургической промышленности Украины за 1990–2002г.г. представлены на рис.1. 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 и, как видно из табл.1, в худшую сторону выделяются доменное (26,32%), кислородно–конвертерное (14,47%) и электросталеплавильное (11,58%) производства.

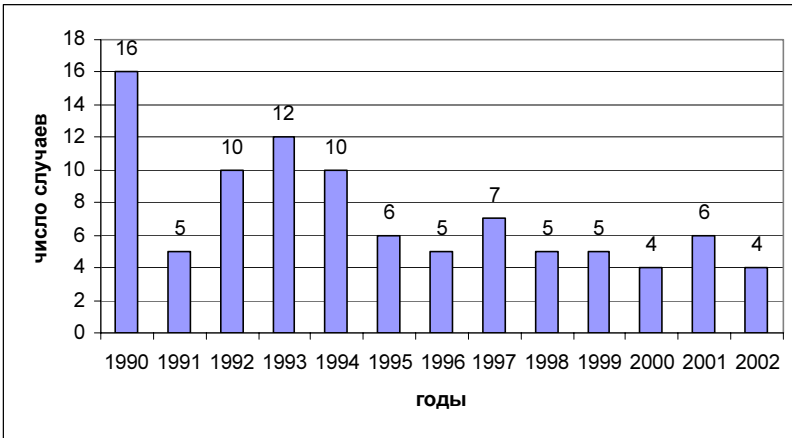


Рис.1. Диаграмма аварийности в металлургической промышленности Украины в 1990–2002г.г.

Черная металлургия одной из опасных среди других отраслей по аварийности. Большая часть аварийных случаев приходится на взрывы из–за подачи сырой шихты, прогара фурм в металлургических агрегатах (24,5%), прогара горна, фурм, холодильников, воздухопроводов доменных

печей (20,2%) и уход металла, шлака, агломерата из металлургических агрегатов (18,1%) (табл.2).

Таблица 1. Распределение аварийности по видам металлургического производства в Украине.

Производство	Всего	Число аварий, %
Алюминиевое	7	7,37
Газовые печи	3	3,16
Доменное	25	26,32
Кислородно–конвертерное	14	14,74
Кислородные компрессоры, кислородные станции	2	2,11
Коксохимическое	7	7,37
Литейное	2	2,11
Мартеновское	5	5,26
Медеплавильное	1	1,05
Никелевое	6	6,32
Цеха окомкования	2	2,11
Производство олова	1	1,05
Прокатное	2	2,11
Производство свинца	1	1,05
Трубное	2	2,11
Ферросплавное	2	2,11
Цинковое	1	1,05
Электросталеплавильное	11	11,58
Электроцеха	1	1,05

Для организации безопасной работы оборудования и агрегатов на металлургическом предприятии создается система управления промышленной безопасностью, обеспечивающая выполнение ряда организационных и технических мероприятий, направленных на своевременное выполнение требований промышленной безопасности, мониторинг технического состояния оборудования и агрегатов и снижение риска возникновения аварий.

Одна из составляющих системы управления промышленной безопасностью металлургического предприятия – анализ риска аварий, включающий идентификацию опасных веществ и оценку риска аварий для людей, имущества и окружающей среды. Для выяснения последствий и ущерба техногенных аварий необходимо определить: тип аварии – по причине взрывов, пожаров, утечки горючих материалов; род веществ «участвующих» в аварии – горючие газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, пыли, взрывчатые вещества; причина возникновения взрыва, пожара.

Анализ риска аварий металлургического предприятия (МП) состоит из следующих этапов: предварительного, анализа состояния предприятия, идентификации опасностей и оценки риска аварий, разработки рекомендаций по уменьшению риска (рис.2).

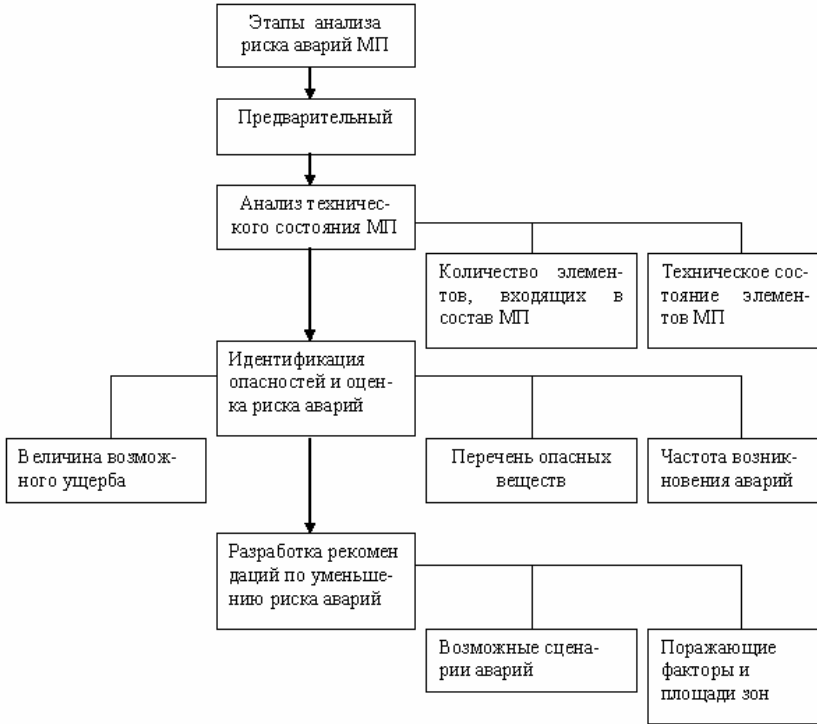


Рис.2. Схема этапов анализа риска аварий на металлургическом предприятии.

Основные виды аварий на металлургических агрегатах приведены в табл.2а

Таблица 2. Основные виды аварий в металлургии.

Вид аварии	Число случаев	%
Взрывы в металлургических агрегатах из-за подачи сырой шихты, прогара фурм	23	24,5
Прогар горна, фурм, холодильников, воздухопроводов доменных печей	19	20,2
Уход металла, шлака, агломерата из металлургических агрегатов	17	18,1

Пожары	12	12,8
Обрушение кровли и других строительных конструкций	8	8,51
Взрывы в различных агрегатах (воздухонагревателе, агрегате непрерывного отжига, пылекамере, воздушном компрессоре, аспирационной системе оборудования, сатураторе)	6	6,38
Разрывы газопроводов, взрывы в газопроводах	5	5,32
Внезапные разрушения металлургических агрегатов	2	2,13
Разрыв кожуха доменной печи	1	1,06
Короткое замыкание по кабелю управления конвертером	1	1,06

На первом этапе (предварительном) анализе риска аварий изучается информация об эксплуатации опасных производственных объектов металлургического предприятия. Рассмотрим опасные производственные объекты металлургического предприятия полного цикла, включающее: агломерационное, коксохимическое, доменное, сталеплавильное, прокатное производства.

Агломерационное производство. В технологическом процессе агломерационного производства применяются кокс, коксовая мелочь, антрацитовый штыб, которые являются сгораемыми веществами, поэтому участки, на которых они обращаются (отделения дробления и грохочения коксика, коксовой мелочи и антрацитового штыба, вагоноопрокидыватели для их разгрузки; склады коксика и антрацитового штыба, приемные бункера коксика и угольного штыба, корпус брикетирования брикетной фабрики), относятся к категории пожароопасных объектов. Кроме этого, в агломерационных цехах для смазки механического оборудования, расположенные в отдельных помещениях, станции централизованной автоматической смазки представляют собой пожарную опасность.

Участки, связанные с дроблением (измельчением) топлива (корпус дробления угля, отделения дробления и грохочения угля), являются взрывопожароопасными, так как при измельчении выделяются взрывоопасные пыли. Взрывы пылей сопровождаются возникновением больших давлений (до 10 кг/см²). Отделения, участки, связанные с тепловой обработкой и последующим охлаждением агломерата, сжиганием топлива (корпус агломерации, отделение охлаждения агломерата и его сортировки, отделения обжига известняка, корпуса карбонизации и сортировки брикетов и их сушки, погрузки горячего агломерата в полувагоны) относятся к опасным объектам, на которых выделяется лучистое тепло, искры и пламя.

От общего числа аварий, произошедших на металлургических предприятиях за 1990–2002г.г., 2,1% приходится на взрывы и пожары в агломерационном производстве.

Коксохимическое производство. Коксохимическое производство является одним из наиболее взрывопожароопасных на металлургическом предприятии. В его состав входят: участки углеподготовки, коксортировки, загрузки шихты в коксовую печь и выдачи шихты, основными опасностями которых являются пыль и коксовый газ. Легко воспламеняющийся коксовый газ является продуктом сухой перегонки каменного угля в коксовых печах и представляет собой механическую смесь различных газов и паров, содержащую до 60% водорода, до 25% метана, до 5% оксида углерода, 2% различных более сложных углеводородов, а также инертные газы. В цехах улавливания углеводородов бензольной фракции в состав получаемых легковоспламеняющихся жидкостей входят бензол, толуол, изомеры ксилола. Важнейшей характеристикой потенциальной взрывопожароопасности газовойздушных и парогазовойздушных смесей, а также горючих пылей, обращающихся в коксохимическом производстве, является максимальное давление взрыва, которое может достигать 900 кПа. Тепловая энергия взрыва паров веществ (находящихся в объеме оборудования), выделяющаяся при взаимодействии различных органических жидкостей с кислородом, содержащимся в 1 м³ воздуха, приблизительно одинакова и составляет около 4000 кДж.

Повышенную пожарную опасность в коксохимическом производстве представляют ленточные транспортеры, укрытые в протяженных транспортерных галереях, по которым подается уголь, шихта, кокс. Галереи имеют горючую транспортерную ленту длиной до нескольких сот метров, по которой проходит нагретый до 150°C кокс и где создается постоянная тяга воздуха, быстро распространяющая огонь. Даже самый маленький очаг горения в замкнутом объеме галереи быстро развивается до размеров большого пожара. При пожаре транспортерная лента нередко разрывается и падает вниз, образуя большой очаг горения и разрушений.

От общего числа аварий, произошедших на металлургических предприятиях за 1990–2002г.г., 7,4% приходится на взрывы и пожары в коксохимическом производстве.

Доменное производство. Доменное производство относится к категории взрывопожароопасных производственных объектов, на котором используются, образуются, транспортируются горючие и воспламеняющиеся вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также расплавы черных металлов. К авариям на доменных печах относятся случаи выхода из строя технологического оборудования, конструкций и сооружений на доменных печах, приводящие к необходимости изменения режима их работы или к остановке, проведения восстановительных ремонтов или замены оборудования и устройств, создающих повышенную опасность для работы печи и обслуживающего персонала. Частота распределения случаев аварий в доменном производстве по видам оборудования приведена в табл.3.

Причинами возникновения взрывов и пожаров в доменных цехах являются взрывы газов и взрывы вследствие встречи жидкого чугуна или шлака с водой или влажными материалами. В отличие от других металлургических агрегатов в доменных печах в качестве топлива может использоваться угольная пыль. Установки для дувания угольной пыли взрывоопасны; такую же опасность представляют отделения шаровых мельниц, где готовят пыль, а также распределительно-дозировочные отделения.

От общего числа аварий, произошедших на металлургических предприятиях за 1990–2002г.г., 26,3% приходится на взрывы и пожары в доменном производстве.

Таблица 3. Частота распределения аварий в доменных цехах.

Причины аварий	Число аварий, %
Разрывы и трещины кожухов доменных печей	12
Выход из строя охлаждающей арматуры доменных печей	44
Неисправности воздухонагревателей, воздухо- и газопроводов	13
Неполадки оборудования на выпусках продуктов плавки	11
Прорывы горна и лещади доменных печей	3
Неисправности механизмов загрузки материалов в печь	7
Прогары фурм и неисправности узлов фурменных устройств	10

Сталеплавильное производство. В мартеновском, конвертерном и сталеплавильном производствах металлургического предприятия обращаются вещества и материалы в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. В кислородно-конвертерных цехах взрывы и выбросы жидкого металла могут происходить в результате загрузки влажной шихты и металлолома. Вначале осуществляется загрузка шихты в конвертеры и сразу же после этого производится заливка чугуна и чем больше влаги будет в шихте, тем большим будет выброс расплавленного металла. Выбросы жидкого металла могут происходить также в случае, когда в жидкий металл вводят влажные раскислители и легирующие материалы. Причиной выбросов металла из конвертера может быть также попадание в него с металлоломом закрытых металлических сосудов с горячими жидкостями, маслами и водой. Кроме опасности выброса жидкого металла, существует опасность прогара футеровки сталеплавильных агрегатов.

Особенностью конвертерных цехов является опасность пожара от попадания на горючие материалы жидкого шлака при кантовании шлаковой чаши. Характерной особенностью конвертерных печей является потребление большого количества кислорода, поступающего в цех по наружным сетям. При этом до кислородно-расширительного пункта кислород идет

обычно под избыточным давлением 3,5 мПа, а в цех поступает под избыточным давлением 1,6 мПа.

Пожарная опасность сталеплавильных цехов также заключается в наличии большого количества кабельных коммуникаций, маслоподвалов и маслостоннелей.

Участки газоочистки технологических газов мартеновских, электросталеплавильных печей и конвертеров являются взрывопожароопасными. Пожарная опасность электросталеплавильного производства определяется наличием в агрегатах горючих газов, применением кислорода, наличием кабельного хозяйства, масляных трансформаторов, применением для смазки изложниц (как и в мартеновских и в конвертерных процессах) наряду с обезвоженной смолой горючих жидкостей (петролатум, битумный лак и др.).

Определенную пожарную опасность представляют машины непрерывного литья заготовок. Разрыв резиновых шлангов гидросистем с маслом приводит к попаданию масла на раскаленные слябы и моментальному возникновению пожара.

От общего числа аварий, произошедших на металлургических предприятиях за 1990–2002 г.г., 14,7% приходятся на взрывы и пожары в кислородно-конвертерном производстве, 5,3% – в мартеновском, 11,6% – в электросталеплавильном.

Производство и потребление кислорода. Для интенсификации многих пирометаллургических процессов в черной металлургии в больших количествах применяется кислород. Так, только крупный конвертер современного металлургического комбината потребляет до 2000 м³/ч кислорода, а весь металлургический комбинат расходует до 350 тыс. м³/ч кислорода. Многие металлургические предприятия имеют установки разделения воздуха, компрессорные и газгольдерные станции, кислородно-расширительные и распределительные пункты. Обилие технических устройств, широкая сеть кислородопроводов, питающих кислородопотребляющие пирометаллургические агрегаты, – все это требует знания правил обращения с кислородом и нередко приводит к пожарам и травмам персонала. Источником воспламенения могут быть: посторонние искрообразующие и горючие предметы, случайно оставленные в кислородопроводах при их монтаже; искра, возникшая при механическом взаимодействии металлических предметов. В местах производства и потребления кислорода высока опасность возникновения пожаров электрических сетей и устройств (при замыкании проводов, перегрузке двигателей, загорании пропитанной органическими веществами изоляцией).

Взрывную опасность представляют воздухообразительные аппараты вследствие накопления в них взрывоопасных примесей (ацетилен, масло и др.), присутствующих в небольших количествах в перерабатываемом воздухе. Возможны также взрывы в компрессорах (из-за трения или сгора-

ния уплотнителя), кислородных газификаторах (при плохом обезжиривании), насосах для жидкого кислорода (при попадании масла).

От общего числа аварий, произошедших на металлургических предприятиях за 1990–2002 г.г., 2,1% приходится на взрывы и пожары в кислородных компрессорах и кислородных станциях.

Прокатное производство. По способу производства прокатные цеха подразделяются на цеха горячей и холодной прокатки, в которых имеется большое количество пожароопасных участков, а некоторые вспомогательные производства в них являются взрывопожароопасными (маслоподвалы, маслостоннели, кабельные сооружения, насосно-аккумуляторные станции, мастерские ревизии подшипников). Пожароопасные участки в основном расположены ниже нулевой отметки цеха, что предъявляет к ним повышенные требования по обеспечению пожарной безопасности.

Определенную пожарную опасность представляют термические печи. В качестве защитного газа в них часто применяется водородноазотная смесь (95% водорода и 5% азота). С учетом больших размеров цехов наличие водорода не влияет на взрывоопасность производства, так как объем взрывоопасной смеси в случае утечки водорода из трубопровода значительно меньше 5% свободного объема цеха, и взрывоопасной будет только верхняя часть цеха.

В мастерских по ремонту подшипников пожарную опасность представляют обращающиеся в технологическом процессе для промывки и смазки подшипников керосин и различные масла (температура вспышки паров керосина ниже 61°C).

От общего числа аварий, произошедших на металлургических предприятиях за 1990–2002 г.г., 2,1% приходится на взрывы и пожары в прокатном производстве.

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. 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 имеет вид:

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

где $P_{\text{ав.сиг.},j}$ – вероятность возникновения аварийной ситуации на i -том оборудовании; $Y_{\text{ав.сиг.},j}$ – возможный материальный ущерб от возникнове-

ния аварийной ситуации на i -том оборудовании; n – количество оборудования производственного процесса.

Структура ущерба от аварий на опасных производственных объектах металлургического комбината включает: прямые потери, расходы на ликвидацию аварии, социально-экономические потери, косвенные потери, вред нанесенный окружающей среде (рис.3).



Рис.3. Структура ущерба от аварий на опасных производственных объектах металлургического предприятия.

Создание методики определения возможного материального ущерба в цехах металлургического предприятия (как функции от общих потерь балансовой стоимости цехов), получивших различную степень повреждений оборудования, зданий и сооружений в результате аварий на взрыво- и пожароопасных производственных объектах, требует группировки цехов по уровню устойчивости зданий, сооружений и оборудования, а каждого из перечисленных объектов по устойчивости составляющих их узлов и деталей.

Степень разрушений и повреждений зданий, сооружений и оборудования определяется объемом восстановительных и ремонтных работ: слабая – восстановление равноценно мелкому ремонту (5–15% потерь от полной стоимости); средняя – среднему ремонту (15–40% потерь от полной стоимости); сильная – капитальному ремонту (40–75% потерь от полной стоимости).

Методика определения возможного материального ущерба в результате аварий на взрыво- и пожароопасных производственных объектах металлургического предприятия, предусматривает следующие этапы.

I. Разделение объектов каждого цеха на три основные категории ($k=1,2,3$):

1 – промышленные здания и сооружения;

2 – технологическое, энергетическое и транспортное оборудование;

3 – прочие объекты, включая бескаркасные здания.

II. Разделение каждой категории на элементарные группы ($i=1,2,\dots,m$) конструктивных узлов или видов оборудования так, чтобы составляющие данной группы обладали приблизительно равной взрыво- и пожароустойчивостью при авариях на опасных производственных объектах (табл.4).

Таблица 4. Приближенное разделение категорий объектов по конструктивным элементам, видам и узлам оборудования.

Категории объектов	Конструктивные элементы, виды и узлы оборудования
Промышленные здания и сооружения ($k=1$)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фундаменты. 2. Каркас (балки, колонны, фермы). 3. Стены и перегородки. 4. Перекрытия. 5. Кровля. 6. Полы. 7. Проемы. 8. Внутренние помещения. 9. Сантехника и освещение. 10. Технологические трубопроводы. 11. Отделка, спецработы. 12. Стволы дымовых труб. 13. Светограждение труб.
Технологическое, энергетическое и транспортное оборудование ($k=2$)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фундаменты. 2. Системы гидравлики и смазки. 3. Системы охлаждения. 4. Прочее технологическое оборудование. 5. Электромостовые краны. 6. Трансформаторы. 7. Прочие виды электрооборудования. 8. Огнеупорная кладка и арматура печей. 9. Транспортные средства. 10. Измерительная и регулирующая аппаратура. 11. Вычислительная техника.
Прочие объекты, включая бескаркасные здания ($k=3$)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Административные здания. 2. Склады, будки, насосные станции. 3. Площадки. 4. Прочее оборудование. 5. Средства общественного питания. 6. Культфонды. 7. Фонды здравоохранения. 8. Производственный инвентарь, инструмент. 9. Хозяйственный инвентарь.

III. В результате анализа проектной документации, данных о реконструкции, бухгалтерского учета и прочих материалов устанавливается ба-

лансовая стоимость всего цеха – S_{00} , каждой категории объектов – S_{k0} и групп, входящих в эти категории – S_{ki} :

$$S_{00} = \sum_{k=1}^3 S_{k0} = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^m S_{ki} \cdot (2)$$

IV. По экспертным оценкам специалистов и конструктивным соображениям определяются – возможный материальный ущерб в составе каждой элементарной группы, выраженный в процентном отношении к ее балансовой стоимости (c_{ki}); суммарные потери по категориям (c_{k0}) и общие по цеху (c_{00}) при разных уровнях избыточного давления ударной волны взрыва при аварии. При этом:

$$c_{k0} = \sum_{i=1}^m (c_{ki} \cdot S_{ki}) / S_{k0}, (3)$$

$$c_{00} = \sum_{k=1}^3 (c_{k0} \cdot S_{k0}) / S_{00}. (4)$$

Возможный материальный ущерб в денежном выражении будет составлять:

$$\text{по элементарным группам} - \Delta S_{ki} = 0,01 \cdot c_{ki} \cdot S_{ki}, (5)$$

$$\text{по категориям объектов} - \Delta S_{k0} = 0,01 \cdot c_{k0} \cdot S_{k0}, (6)$$

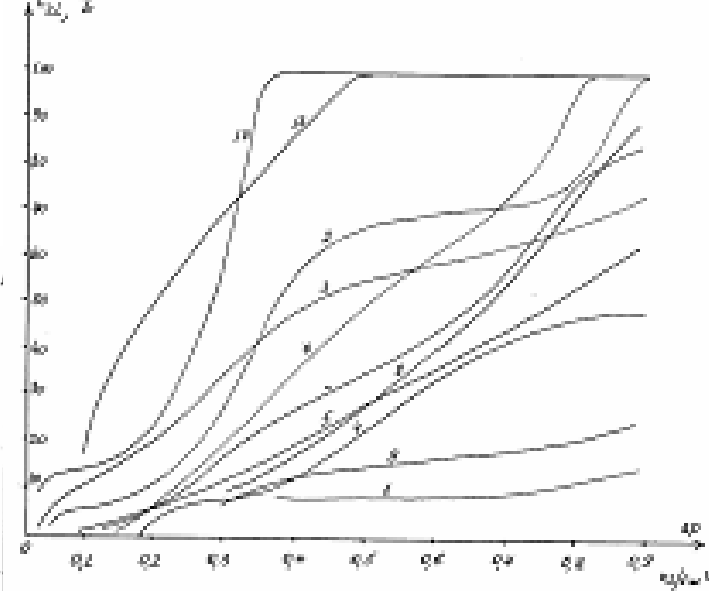
$$\text{по цеху в целом} - \Delta S_{00} = 0,01 \cdot c_{00} \cdot S_{00}. (7)$$

Данные возможного материального ущерба при авариях со взрывами на металлургических предприятиях по каждой из трех категорий объектов (c_{k0}) при различных общецеховых потерях (c_{00}) определяются на основании экспертных оценок специалистов (табл.5).

Таблица 5. Величина возможного материального ущерба (c_{k0}) при разных общецеховых потерях (c_{00}), %.

Величина возможного материального ущерба (c_{k0}), %	Избыточное давление ударной волны взрыва при аварии, кг/см ²								
	0,1	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Общецеховые потери (c_{00}), %	2,3	7,2	10,0	15,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0
Здания и сооружения (c_{10})	7,0	17,5	20,3	25,3	30,2	40,3	50,6	60,3	70,2
Технолог., энергетическое и транспорт. оборудование (c_{20})	0,5	3,5	6,3	11,3	16,4	26,3	36,6	46,2	56,3
Прочие объекты, в т.ч. бескаркасные здания (c_{30})	10,0	20,5	23,3	28,5	33,2	43,3	53,6	63,2	73,2

Для прогнозирования возможного материального ущерба по конструктивным соображениям и данным табл. 5 строятся графики потерь материально-ов зданий и , соответствующих разрушениях, отобража-



а при аварии-

График изменения потерь конструктивных элементов зданий при возникновении избыточной волны давления при аварии-

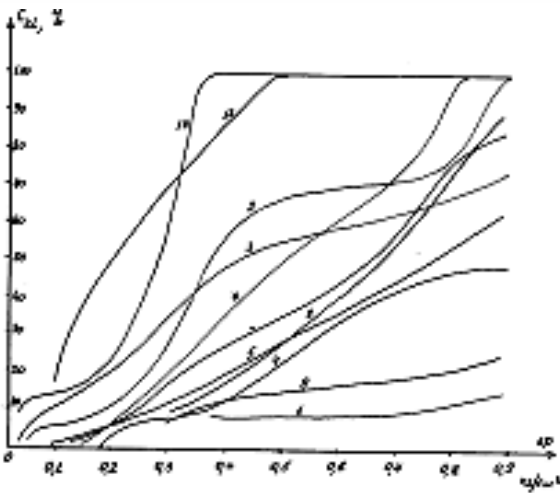
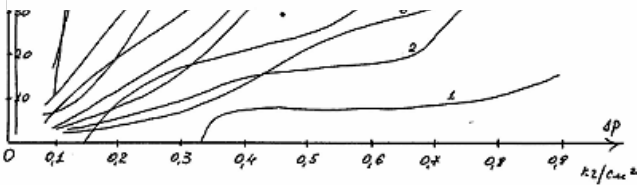


Рис.5. График изменения потерь видов и узлов оборудования при увеличении избыточного давления ударной волны взрыва при авариях.

График изменения потерь (рис.6) – кривые элементарных групп конструктивных составляющих для прочих объектов, в том числе, бескаркасных зданий (категория 3).

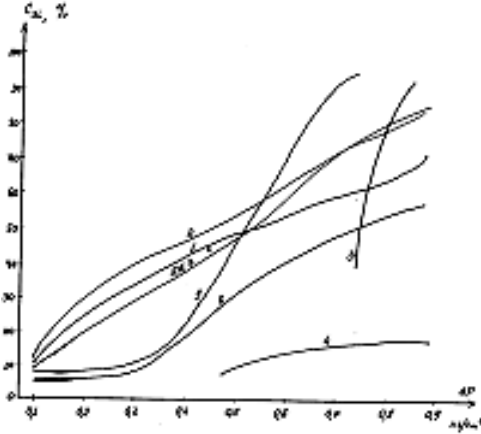


Рис.6. График изменения потерь составляющих прочие объекты (в том числе, бескаркасные здания) при увеличении избыточного давления ударной волны взрыва при авариях.

Выводы. Полученные в рамках данной работы результаты могут быть использованы при прогнозировании последствий возможных чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера на металлургических предприятиях.

1. Аханченко А.Г. Пожарная безопасность в черной металлургии // М.: Металлургия. – 1991. – 133с.
2. Смирнов Н.В., Жерновский В.Д., Коган Л.М. Пожарная безопасность в проектах предприятий черной металлургии // М.: Металлургия. – 1985. – 166с.
3. Сысоев А.А., Мартынюк В.Ф., Мاستрюков Б.С. Травматизм и аварийность в металлургии // Металлург. – 2004. – №2. – С.29–32.
4. Акинин Н.И. Анализ причин аварий и травматизма на опасных производственных объектах // Металлург. – 2004. – №10. – С.23–25.
5. Бикмухаметов М.Г., Черчинцев В.Д., Сулейманов М.Г. Совершенствование методики оценки риска возникновения аварийных ситуаций предприятий черной металлургии // Металлург. – 2004. – №4. – С.41–42.
6. Разработка справочных материалов по устойчивости оборудования металлургических предприятий: Отчеты о НИР / Институт черной металлургии. – № регистрации 947, 1115. – Днепропетровск. – 1984, 1988.
7. Исследование условий восстановления цехов металлургического комбината, получивших повреждения: Отчет о НИР / Институт черной металлургии. – № регистрации 865. – Днепропетровск. – 1980.
8. Разработка типовых сценариев аварий и идентификация опасностей на металлургическом комбинате: Отчет о НИР / Институт черной металлургии. – Днепропетровск. – 2004. – 71с.

*Статья рекомендована к печати
чл.-корр.НАН Украины В.И.Большаковым*