

силикатных изделий согласно требованиям, принятым на заводах Министерства архитектуры и строительства. Основными критериями в процессе испытаний были качество помола и износ по массе и объему шара. Испытания показали, что качество помола соответствует принятым на комбинате требованиям, а износостойкость значительно превышает требуемую по ГОСТу и в 2,8 раза выше по сравнению со стальными, полученными прокатом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров О. С., Ходасевич В. Г., Урбанович Н. И. Исследование механических свойств высокохромистых чугунов // *Металлургия*. — Мн.: Выш. шк., 1987. — Вып. 21. — С. 81—83.

2. А. с. 1650706. Способ модифицирования чугуна комплексным модификатором / О. С. Комаров, Н. И. Урбанович, Д. О. Комаров.

УДК 621.74:628.517

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, докт. техн. наук (БГПА)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ЛИТЕЙЩИКОВ

Несчастному случаю всегда предшествуют те или иные отклонения от нормального хода производства, особенно в литейных цехах. Безопасность и безвредность условий труда определяют две группы факторов: производственно-технические (организационные, технические, факторы производственной среды) и человеческие или, как их принято называть, психофизиологические. При анализе производственного травматизма необходимо учитывать весь комплекс факторов, определяющих условия труда на производстве.

Исследования производственного травматизма в литейных цехах проводились на основе детального изучения данных актов по форме Н-1 и первичных материалов расследования несчастных случаев с использованием статистического анализа, который позволяет определить динамику и выявить закономерности роста или снижения показателей травматизма. Основные показатели, которыми оперируют при использовании этого метода, — коэффициенты частоты $K_ч$ и тяжести $K_т$ травматизма. Анализ производственного травматизма проводился в литейных цехах, выбранных в качестве объектов исследований. Были определены коэффици-

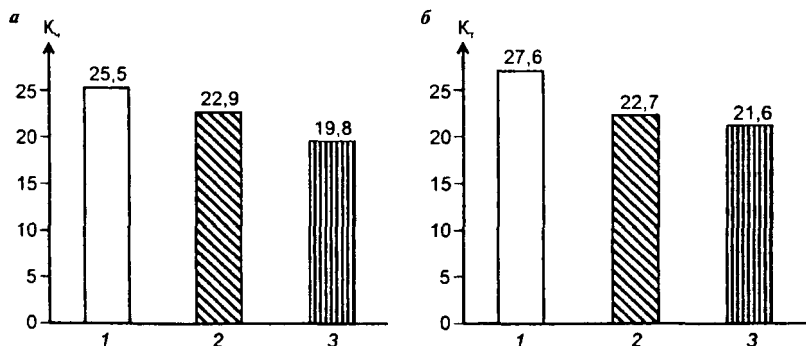


Рис. 1. Распределение показателей травматизма в литейных цехах: 1 — массового; 2 — серийного; 3 — мелкосерийного производства

енты частоты и тяжести травматизма, выявлено распределение несчастных случаев по участкам цехов, по профессии, возрасту и стажу работы пострадавшего, времени происшествия, характеру повреждения, причинам и травмирующему фактору.

Исследование производственного травматизма в литейных цехах показало, что уровень его высок; основные показатели в 1,5—2,5 раза превышают общезаводские. Анализ данных свидетельствует, что показатели травматизма определяются и характером производства литейных цехов. Средние значения коэффициентов частоты $K_{\text{ч}}$ (рис. 1, а) и тяжести $K_{\text{т}}$ (рис. 1, б) травматизма наиболее велики в литейных цехах массового производства, что объясняется высоким уровнем механизации и автоматизации и наиболее неблагоприятными условиями труда. Воздействие факторов производственной среды в течение всей рабочей смены приводит к утомлению, снижению работоспособности, ослаблению внимания, замедлению реакций и тем самым способствует возникновению травмоопасных ситуаций.

Отмечается тенденция к снижению значений коэффициента частоты в литейных цехах с любым характером производства, что говорит об эффективности проводимой работы по снижению показателей травматизма. Однако коэффициент тяжести травматизма имеет в основном тенденцию к возрастанию, так как с увеличением уровня механизации производства травмирование работающих машинами и механизмами, как правило, приводит к более серьезным последствиям, особенно в цехах массового производства.

Данные о неблагоприятных факторах производственной среды коррелируют с количеством несчастных случаев. Проведенные исследования показали, что наибольшее количество несчастных

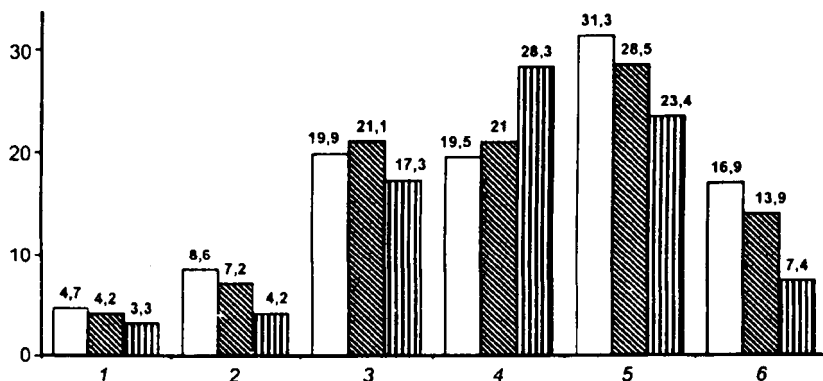


Рис. 2. Распределение несчастных случаев по участкам литейных цехов: 1 — смесеприготовительный; 2 — стержневой; 3 — формовочный; 4 — плавно-заливочный; 5 — обрубно-очистной; 6 — службы (□ — массового; ▨ — серийного; ▩ — мелкосерийного производства)

случаев по месту их происшествия приходится на обрубной, формовочный и плавно-заливочный участки (рис. 2).

Особо следует отметить обрубной участок литейных цехов массового производства; здесь отмечается высокий процент травм, несмотря на более высокий уровень механизации. Однако на этом участке имеется значительное количество операций, выполняемых вручную (навешивание и съем отливок с подвесных конвейеров, обрубка, зачистка ручным инструментом, погрузка в тару и т. д.) при высокой напряженности труда в неблагоприятных условиях (значительные уровни шума, вибрации, повышенная запыленность). Кроме того, следует отметить, что мышечная работоспособность после четвертого часа работы снижается на 20—28 %. Высокий уровень травматизма и в цехах мелкосерийного производства, где велика доля ручного труда, связанного с подготовкой кокилей, набором, переноской и заливкой жидкого металла вручную, извлечением отливок. Физически напряженная работа выполняется в условиях высоких тепловых потоков и температур, повышенного шума и запыленности воздуха. На плавно-заливочных участках литейных цехов мелкосерийного производства отмечается более высокий процент несчастных случаев по сравнению с цехами массового производства, что объясняется, несмотря на более благоприятные условия труда, заливкой форм чаще всего на плацу, где невозможно предусмотреть все меры предосторожности.

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила получить зависимости количества несчастных случаев на участках от условий труда на рабочих местах (таблица 1). Наилуч-

Виды математических моделей зависимости количества несчастных случаев от условий труда на участках литейных цехов

Участок цеха	Вид модели	Значение коэффициента регрессии
Смесеприготовительный	$K_{\text{ч}} = 2,1e^{0,15K_{\text{згр}}}$	0,98
Стержневой	$K_{\text{ч}} = 2,9e^{0,15K_{\text{згр}}}$	0,80
Формовочный	$K_{\text{ч}} = 18,5e^{1,1 \cdot 10^{-2} K_{\text{згр}}}$	0,75
Плывильно-заливочный	$K_{\text{ч}} = 115e^{-0,18K_{\text{згр}}}$	0,78
Выбивной	$K_{\text{ч}} = 2,3e^{0,16K_{\text{згр}}}$	0,93
Обрубно-очистной	$K_{\text{ч}} = 13,2e^{8,2 \cdot 10^{-2} K_{\text{згр}}}$	0,96
Службы	$K_{\text{ч}} = 0,75e^{0,45K_{\text{згр}}}$	0,92

шие приближения получены с использованием экспоненциальной модели типа $Y = Ae^{BX}$, при этом значения коэффициентов регрессии изменялись от 0,75 до 0,98. Отрицательное значение показателя экспоненты (-0,18) для плавыильно-заливочных участков обусловливается тем, что, как отмечалось выше, значения $K_{\text{згр}}$ (относительный показатель, характеризующий условия труда на рабочем месте) для этих участков в литейных цехах мелкосерийного производства наименьшие, а количество случаев — наибольшее.

Также следует особо отметить службы механика, энергетика и другие, на долю которых приходится около 15 % всех случаев. Это в основном относится к литейным цехам массового и серийного производства, где уровень механизации и автоматизации составляет 65—80 %.

При обслуживании оборудования ремонтники работают в неблагоприятных условиях (повышенный шум, запыленность, загазованность, высокие температуры, недостаточная освещенность, неудобные напряженные позы), что способствует утомлению, снижению внимания и возникновению несчастных случаев.

Наиболее травмоопасны в литейных цехах всех видов производств профессии формовщика, обрубщика, плавыильщика, заливщика и слесаря-ремонтника (рис. 3). Следует обратить внимание на значительный травматизм заливщиков в цехах серийного и мелкосерийного производства, где формы заливаются на плацу, что требует усиления мер предосторожности в сравнении с заливкой на конвейерах.

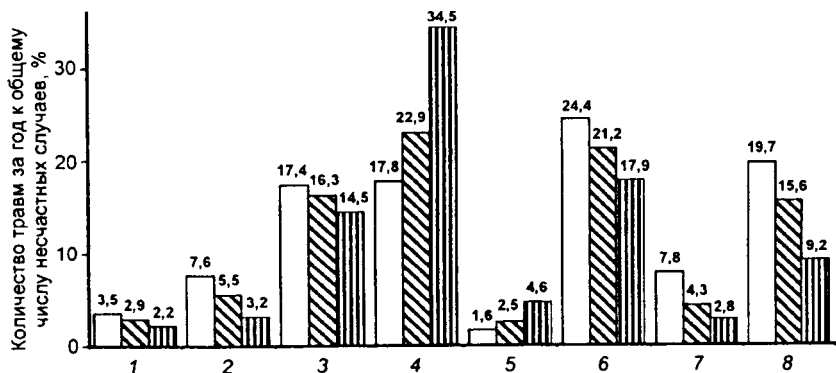


Рис. 3. Распределение несчастных случаев по профессиям пострадавших в литейных цехах:

1 — земледел; 2 — стерженщик; 3 — формовщик; 4 — плавильщик, заливщик; 5 — выбивщик; 6 — обрубщик, наждачник; 7 — транспортёрщик; 8 — ремонтник
 (□ — массового; ▨ — серийного; ■ — мелкосерийного производства)

На основании статистической обработки экспериментальных данных были получены зависимости количества несчастных случаев, приходящихся на разные профессии литейщиков, от условий труда (таблица 2), анализ которых показал достаточную корреляцию распределения случаев по профессиям работающих от условий труда ($K_{загр}$).

Таблица 2

Виды математических моделей зависимости количества несчастных случаев от условий труда работающих в литейных цехах

Профессия работающих	Вид модели	Значение коэффициента регрессии
Земледел	$K_{ч} = 1,2e^{0,2K_{загр}}$	0,99
Стерженщик	$K_{ч} = 1,8e^{0,19K_{загр}}$	0,88
Формовщик	$K_{ч} = 12e^{6,2 \cdot 10^{-2} K_{загр}}$	0,69
Плавильщик-заливщик	$K_{ч} = 560,5e^{-0,35K_{загр}}$	0,89
Выбивщик	$K_{ч} = 20,6e^{0,2K_{загр}}$	0,73
Обрубщик, наждачник	$K_{ч} = 10,2e^{8 \cdot 10^{-2} K_{загр}}$	0,90
Ремонтник	$K_{ч} = 1,9e^{0,52K_{загр}}$	0,87

Также было отмечено, что если соотношение количества травм по профессиям ежегодно в каждом цехе меняется и суммарно находится на одном уровне, то количество травм обрубщиков и формовщиков близко к указанным выше величинам. Причем большее число травм приходится на литейщиков, обрабатывающих отливки, значительные по объему и достаточно сложные по конструкции. Причина — несовершенство технологии формовочных работ: использование формовочной смеси недостаточной прочности, приводящее к литейным дефектам на поверхности отливок, хаотически расположенных, что исключает возможность применения дистанционных средств очистки и предопределяет значительный объем обрубных работ.

Высокий процент травм формовщиков связан с довольно значительным объемом применяемых ручных операций. Травмы формовщиков происходят во время установки опок и модельных плит на машины и при снятии их, при сборке верхних и нижних полуформ, при укладке опок в штабеля и прочих операциях, связанных с подъемом и перемещением различных грузов. Характерно, что эти виды работ отличаются наиболее неблагоприятными санитарно-гигиеническими показателями, что, несомненно, оказывает влияние на состояние работающих и, как следствие, — на количество несчастных случаев.

Следует отметить и достаточно высокий процент травм слесарей-ремонтников (10—15 %). Это свидетельствует о конструктивных недостатках оборудования, порождающих отказы, аварии, преждевременный выход из строя.

Изучение распределения травм по стажу работы пострадавших показало, что в литейных цехах основное количество несчастных случаев приходится на работающих со стажем работы до трех лет. Высокий уровень травмирования работающих со стажем до одного года (в среднем более 20 %) говорит о том, что в литейных цехах имеет место высокая текучесть кадров. Особенно это проявляется в литейных цехах серийного и мелкосерийного производства, где отмечается самый высокий процент травмируемых со стажем работы в цехе до одного года при возрасте 22—24 года и низкой квалификации (ученик 1—2-го разряда).

Аналогичное положение отмечается и в других цехах. Так, в литейных цехах массового производства количество пострадавших низкой квалификации составляет 23,3 %, серийного — 37,4 % и мелкосерийного — 59,6 %. Высокие разряды работающих в литейных цехах определяются главным образом за счет квалификации модельщиков и слесарей-ремонтников (в основном 4—6-й разряды). В цехах массового производства количество работающих 3—

4-го разрядов наибольшее, так как высокий уровень механизации требует квалифицированного обслуживания.

В литейных цехах в первую смену происходит более 50 % всех несчастных случаев, во вторую — около 30 % и в третью — около 20 %. Такое распределение, конечно, в первую очередь объясняется разницей в численности работающих в каждой смене. Однако значительное количество травм во вторую и особенно в третью смену свидетельствует о недостаточном контроле со стороны администрации за соблюдением мер безопасности и выполнением всех требований и положений технологических процессов, а также поддержанием надлежащего порядка на рабочих местах. Наибольшее количество травм приходится на первый и пятый дни недели, на начало и окончание трудового процесса, а также на первый, четвертый и седьмой часы работы, т. е. в основном на начало и окончание работы, пред- и послеобеденное время. Кроме того, закономерность такого распределения несчастных случаев по часам рабочих смен можно объяснить изменением работоспособности человека в течение рабочего дня, которая имеет несколько фаз, или сменяющих друг друга состояний человека.

Высокий уровень травматизма в первой декаде месяца обусловлен отсутствием четкого ритма работ, недостаточной загруженностью, что притупляет внимание работающих. Большое количество несчастных случаев в конце месяца, а также в конце года связано с повышенной напряженностью труда, приводящей к хроническому накоплению усталости, что ведет к ослаблению внимания, применению неправильных и опасных приемов работы.

Анализ данных о времени происшествия несчастных случаев указывает на увеличение числа травм в жаркое время года (на июнь — август приходится около 30 % всех травм). Это связано с тем, что температура воздуха на многих участках значительно превышает комфортную, недостаточно интенсивно осуществляется воздухообмен производственных помещений. Кроме того, следует учитывать и морально-психологический настрой работающих в летний период, т. е. личностные факторы, которые в настоящее время не учитываются при расследовании несчастных случаев.

Изучение причин травматизма в литейных цехах показало, что более 70 % случаев происходит по организационным причинам (рис. 4), таким как нарушения технологических процессов (27,5 % в цехах массового производства, 23,4 % — серийного и 20,5 % — мелкосерийного), недостатки в инструктировании и обучении работающих безопасным приемам труда (соответственно 20,7, 18,3 и 16,1 %), нарушение правил техники безопасности (соответственно 15,8, 21,2 и 29,7 %), неудовлетворительная организация и со-

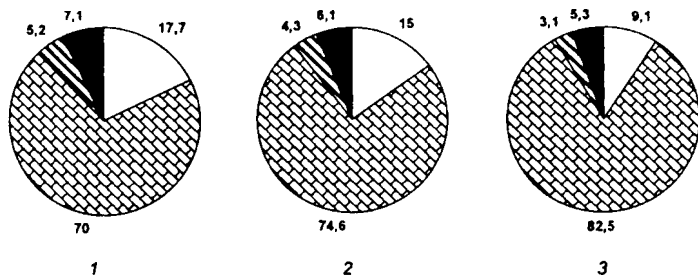


Рис. 4. Распределение несчастных случаев в литейных цехах по основным причинам:
 □ — технические, ▨ — организационные,
 ▩ — психофизиологические, ■ — санитарно-гигиенические
 (1 — массовое, 2 — серийное, 3 — мелкосерийное производство)

держание рабочих мест, проходов, проездов (соответственно 6, 11,7 и 16,2 %). По техническим причинам происходит около 15 % от всех травм. Причем определяющими среди них являются конструктивные недостатки, порождающие отказы, аварии, преждевременный выход машин из строя и отсутствие блокировок, средств защиты.

Более детальное изучение актов показало, что санитарно-гигиенические факторы при расследовании несчастных случаев учитываются недостаточно или практически не учитываются. Действительно, плохие метеоусловия, шум, вибрация, недостаточное освещение, запыленность и загазованность воздушной среды сравнительно редко могут быть непосредственной причиной травм. Однако все эти факторы отрицательно воздействуют на организм человека, приводят к повышенному утомлению, замедлению защитных реакций, нарушению координации движений, что способствует совершению ошибочных действий и возникновению травм. По материалам дополнительного расследования несчастных случаев и исследования условий труда в литейных цехах предприятий установлено, что по санитарно-гигиеническим причинам в действительности происходит до 7 % травм.

В ряде публикаций отмечается, что пятая часть всех травм происходит по психофизиологическим причинам, определяемым личностными показателями пострадавших, которые в настоящее время при расследовании несчастных случаев не учитываются. Следовательно, необходимо осуществлять строгий профотбор при приеме на работу в литейные цеха.

Учитывая затруднительность изучения личностных показателей работающих (пострадавших) на производстве, установить,

какое количество случаев происходит по психофизиологическим причинам, в настоящее время не представляется возможным. Но следует отметить, что 20 %, а может быть и больше, травм по психофизиологическим причинам не вызывают сомнения, так как в литейных цехах работают сейчас практически все желающие (без явных противопоказаний по здоровью).

На основании статистической обработки экспериментальных данных по травматизму получена линейная регрессионная модель, связывающая коэффициент частоты и причины несчастных случаев:

$$K_{\text{ч}} = -52,4 + 0,78X_1 + 0,59X_2 + 0,89X_3 + 2,53X_4,$$

где X_1 — технические причины; X_2 — организационные; X_3 — психофизиологические; X_4 — санитарно-гигиенические причины.

Как видно из полученной зависимости, достаточно сильное влияние на частоту травм оказывают условия труда и личностные данные работающих. Коэффициент множественной регрессии равен 0,96.

Изучение результатов исследования травмирующих факторов по литейным цехам с различным характером производства показало, что существенного различия в их распределении не наблюдается. Отмечается более высокий процент таких факторов, как приспособления, инструменты, транспортное и грузоподъемное оборудование и термические.

Благодаря анализу локализации травм выявлено, что в литейных цехах в основном травмируются руки и ноги пострадавших (около 40 %), глаза (10 %), туловище (6 %), голова (2 %).

Особо следует отметить, что в связи с большим количеством погрузочно-разгрузочных операций и обилием грузовых потоков большинство травм в литейных цехах происходит именно на транспортном оборудовании ввиду отсутствия ограждения приводных и вращающихся механизмов, переходных мостиков, сигнализирующих устройств. Аварийные кнопки «стоп» расположены на большом расстоянии друг от друга, что затрудняет (при необходимости) экстренную остановку транспортеров. Применяемые стационарные ограждения транспортеров на большом протяжении не обеспечивают удобное их обслуживание.

До настоящего времени в справочниках для конструкторов нет необходимых рекомендаций по проектированию высокоэффективных средств защиты, отсутствуют руководящие технические материалы по выбору, расчету и конструированию средств защиты, не разработаны методические рекомендации по обеспечению безопасности вновь создаваемого производственного оборудования. Проектно-конструкторские и технологические институты в

настоящее время практически не имеют методики сравнительной оценки технологических процессов, машин и оборудования по фактору безопасности, поэтому не случайно машиностроительные заводы продолжают выпуск многих видов оборудования с конструктивными недостатками по технике безопасности и эргономике, что способствует производственному травматизму в литейных цехах.

Экономический ущерб, наносимый несчастными случаями на производстве, определяется затратами на выплаты по бюллетеням, расходами на подготовку рабочих взамен пострадавших при тяжелых и смертельных случаях, стоимостью устранения повреждений машин, испорченных материалов, инструментов и оборудования; стоимостью лечения, суммами пенсий инвалидам труда и др. Поэтому проблему обеспечения безопасности труда и сохранения здоровья литейщиков необходимо решать комплексно с учетом всех факторов, определяющих условия труда, на основе модернизации литейного оборудования с учетом выявленных конструктивных недостатков, расширения сферы использования манипуляторов и роботов при выполнении тяжелых и опасных ручных операций, значительного улучшения условий труда, особенно работающих на формовочных, плавильно-заливочных и обрубно-очистных участках, постоянного внимания организационным мероприятиям и строгого профотбора работающих для литейного производства.

Необходимо также периодически проводить с работающими психокоррекцию, поскольку постоянные отрицательные эмоции (шум, вибрация, запыленность и т. д., незнание ситуации и ее последствий) могут вызвать невротические состояния. У них должна быть карта здоровья относительно тех объективных экологических условий, где они пребывают. Работающие должны знать, как вести себя при изменении ситуации или в случае аварии. У службы охраны труда должна быть характеристика здоровья работающих каждого участка или цеха. Они должны знать функциональные резервы здоровья структурных подразделений. Не всегда следует полагаться на сведения врачей, так как часто информация по заболеваемости занижается. Для каждого цеха необходимо иметь план оздоровления работающих, ибо профилактическая медицина — медицина будущего.