



*The method of complex appraisal of working conditions of workers in casthouses is examined. Possibility of its using for choice of the the most optimal variant at development of projects of newly-built or reconstructed areas or casthouses is shown.*

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, С. А. ХОРЕВА, В. А. КАЛИНИЧЕНКО, БНТУ

УДК 621.74:658.382

## ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

Учитывая, что работающие в литейных цехах, как правило, подвергаются воздействию факторов производственной среды, необходимо осуществлять комплексную оценку условий труда литейщиков. При осуществлении комплексной оценки условий труда рассматривали совокупность факторов производственной среды рабочих мест, для чего был введен относительный показатель, который назвали индексом загрязнения  $K_{ЗАГР}$ , представляющий собой сумму отношений факторов производственной среды на рабочих местах к их допустимым величинам:

$$K_{ЗАГР} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{\Phi i}}{C_{Н i}}$$

где  $C_{\Phi i}$  – фактическое значение  $i$ -го фактора производственной среды;  $C_{Н i}$  – нормативное значение  $i$ -го фактора производственной среды;  $n$  – количество учитываемых факторов.

Для получения более объективной оценки условий труда с помощью индекса загрязнения необходимо осуществлять определение  $K_{ЗАГР}$  по каждому фактору на всех рабочих местах участков и затем вычислять средние величины из расчета на одно условное рабочее место. Это позволяет учесть влияние применяемых технологических процессов, производственного оборудования, характера производства и других особенностей цеха на условия труда работающих. Для учета характера воздействия каждого отдельно взятого параметра производственной среды на работающих были установлены поправочные коэффициенты. В частности, при определении поправочного коэффициента влияния пыли на организм работающих исходили из содержания в пыли кремнезема, ПДК, класса опасности, дисперсности пыли и особенностей действия ее на организм. Значения поправочного коэффициента влияния

вредных веществ на организм определяли исходя из класса опасности и токсикологической характеристики вредных веществ. Кроме того, следует отметить, что различные факторы воздействуют на работающих только часть времени рабочей смены. Поэтому при определении значений  $K_{ЗАГР}$  следует учитывать и временной фактор. Тогда с учетом изложенного выше уравнение принимает следующий вид:

$$K_{ЗАГР} = \frac{1}{tp} \sum_{S=1}^l \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^n \frac{C_{\Phi i}}{C_{Н i}} K_{\Pi i} K_{\tau i},$$

где  $K_{\Pi i}$  – поправочный коэффициент влияния  $i$ -го фактора производственной среды на работающих;  $K_{\tau i}$  – коэффициент, учитывающий время воздействия  $i$ -го фактора в долях рабочей смены;  $p$  – количество рабочих мест на  $\gamma$ -м участке цеха;  $t$  – количество участков в  $S$ -м литейном цехе.

Рассчитанный таким образом  $K_{загр}$  позволяет сравнивать условия труда в различных литейных цехах. Для этого были рассчитаны значения индекса загрязнения  $K_{загр}$  по участкам литейных цехов с различным характером производства (табл. 1) с использованием разработанной методики.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшие значения  $K_{загр}$  отмечаются практически на всех участках цехов массового производства. Это объясняется большей длительностью воздействия факторов производственной среды на работающих, так как технологические процессы протекают непрерывно и оборудование работает практически полную рабочую смену. Наиболее напряженные условия труда имеют место на рабочих местах плавильно-заливочного, выбивного и обрубочно-очистного участков всех рассматриваемых литейных цехов, где на работающих воздействуют все факторы производственной среды. Причем отмечаются значительные превышения

нормативных величин и влияние этих факторов на работающих практически в течение всей смены. Кроме того, отмечаются высокие значения  $K_{загр}$  на участке литья гильз цеха серийного производства и участке кокильного чугунного литья цеха мелкосерийного производства. В первом случае такое положение объясняется использованием в качестве облицовки кокилей смесей на смоляной основе, а во втором – тем, что на участке осуществляются заливка кокилей, остывание металла, извлечение отливок.

Таблица 1. Значения индекса загрязнения по участкам литейных цехов с различным характером производства

Участок цеха	Значение $K_{загр}$ в цехах с характером производства		
	массовым	серийным	мелкосерийным
Шихтовый	2,52	2,02	1,48
Плавильно-заливочный	9,72	8,46	8,16
Смесеприготовительный	5,27	4,19	2,97
Стержневой	7,47	4,40	3,70
Формовочный	5,10	3,22	3,47
Выбивной	9,17	10,19	6,95
Обрубочно-очистной	10,02	9,95	6,98
Цветного литья		4,64	
Литья гильз		7,19	
Кокильный			8,53
Среднее значение по цеху	7,04	6,03	5,28

При этом особо следует отметить, что по абсолютным значениям индекса загрязнения все исследуемые литейные цеха, согласно разработанной нами классификации, относятся к цехам с неблагоприятными условиями труда ( $K_{загр}$  больше 5). Изучение влияния применяемых технологических процессов на значения  $K_{загр}$  в литейных цехах показало, что при использовании одних и тех же технологий и литейного оборудования в различных цехах (участки шихтовый, плавильно-заливочный, смесеприготовительный и др.) условия труда определяются временным фактором, т. е. длительностью воздействия параметра на работающего. Однако картина существенно изменяется при использовании различных технологических процессов. Особенно наглядно это видно при изучении стержневых участков литейных цехов. Так, при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке отмечаются наиболее высокие значения индекса загрязнения.

На рис. 1 показаны диаграмма значений  $K_{загр}$  по литейным цехам с различным характером производства, а также составляющие этих величин по отдельным факторам производственной среды. Из рисунка видно, что наибольшее влияние на ра-

ботающих всех литейных цехов оказывают пыль, шум, тепловые излучения и вредные вещества. Причем наибольшие величины  $K_{загр}$  по отдельным факторам имеют место на рабочих местах литейных цехов массового производства. Исключением являются тепловые излучения, индекс загрязнения для которых на рабочих местах цехов массового производства имеет наименьшие значения, хотя и достаточно высокие.

Таким образом, подтверждается вывод о возможности комплексной оценки условий труда в литейных цехах по разработанной методике. При этом следует отметить, что индекс загрязнения позволяет оценивать и сравнивать условия труда не только на отдельных рабочих местах и участках, но и в цехах в целом. Рассматривая несколько технологических решений проектов литейных цехов, получаем значения  $K_{загр}$  по отдельным участкам и в целом по цеху, анализ которых позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант как с точки зрения технологических возможностей, так и с экологической точки зрения. И это особенно важно, так как в ряде случаев при реконструкции литейных цехов осуществляются изменения только на отдельных участках.

Для того чтобы оценить возможности разработанной системы экологической экспертизы проектов литейных цехов, в качестве примера был выбран характерный участок цехов мелкосерийного производства (рис. 2). Кроме того, этот участок был выбран исходя из того, что нами в этом

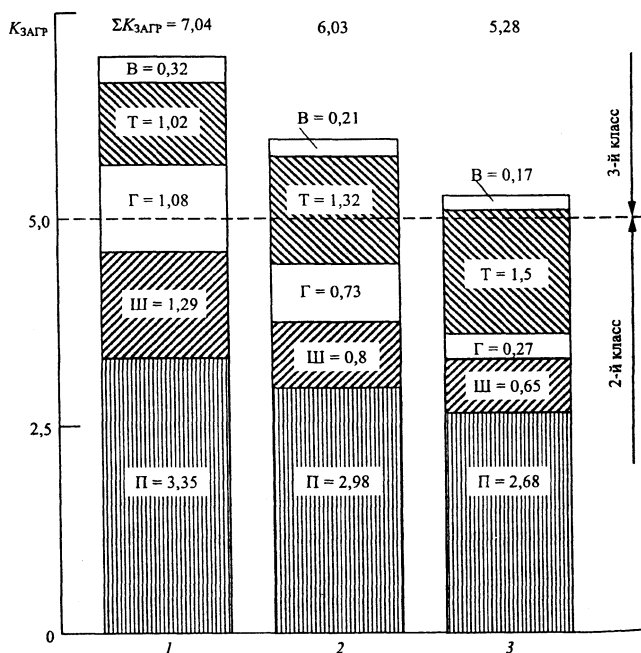


Рис. 1. Диаграмма значений индекса загрязнения по литейным цехам с характером производства: 1 – массовым; 2 – серийным; 3 – мелкосерийным. П – пыль; Ш – шум; Г – вредные вещества; Т – тепловые излучения; В – вибрация

цехе проводились исследования условий труда и полученные результаты можно использовать при расчетах значений индекса загрязнений существующего положения в цехе и сравнения их с предлагаемыми технологическими решениями.

На данном участке осуществляется практически весь процесс изготовления отливок за исключением финишных операций. Используя разработанную систему комплексной экологической оценки, было получено распределение параметров условий труда по рабочим местам данного участка и рассчитаны значения  $K_{загр}$  по отдельным факторам и в целом по участку (табл. 2). Анализ полученных результатов показал, что условия труда на всех рабочих местах участка весьма неблагоприятные. Так, плавильщики подвержены значительному воздействию тепловых излучений от дуговых печей и расплавленного металла ( $1400-2500 \text{ Вт/м}^2$ ), шума от работы дуговых печей (превышение допустимого уровня на 25–30 дБ), а также повышенных концентраций пыли при смешивании сухих компонентов в бегунах (превышение ПДК до 5–7 раз) и вредных веществ от дуговых печей (превышение допустимых концентраций углерода оксида и азота оксидов до 2–3 раз). Учитывая неизолированность различных участков, в частности плавильного, смесеприготовительного и заливочного, на рабочих местах плавильщиков фиксируются и повышенные содержания фенола и формальдегида (используются стержневые смеси на органической основе).

Таблица 2. Значения индекса загрязнения участка литейного цеха при различных вариантах технологических решений

Факторы производственной среды	Значение $K_{загр}$ по варианту технологического решения			
	I	II	III	IV
Тепловые излучения	2,29	1,94	2,29	1,94
Шум	1,68	0,12	1,10	0,09
Пыль	5,48	4,78	4,20	1,47
Вредные вещества	0,89	0,68	9,55	0,55
Суммарное значение по всем факторам	10,34	7,52	8,14	4,05

На рабочих местах земледелов, формовщиков, сборщиков форм и заливщиков также отмечаются значительные уровни шума (превышение на 10–20 дБ) за счет работы дуговых печей в течение всей смены. И это несмотря на то что используемое на участке оборудование (машина формовочная встряхивающая мод. 254) работает

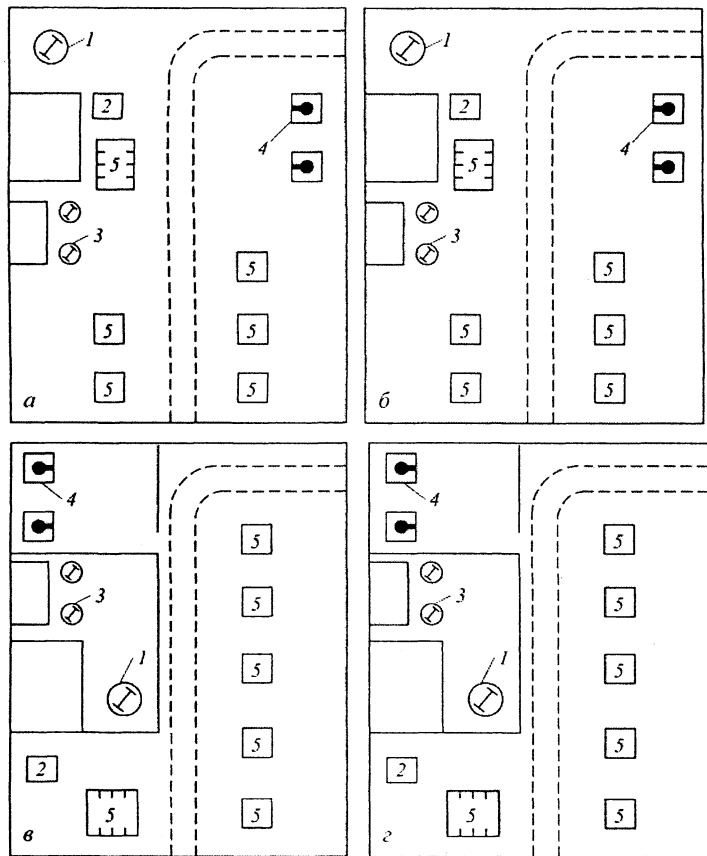


Рис. 2. План участка литейного цеха: а – существенный вариант; б – с заменой оборудования без перепланировки; в – с перепланировкой; г – с изменением оборудования и перепланировкой; 1, 3 – бегуны; 2 – машина формовочная; 4 – печь плавильная; 5 – формовка, сборка и заливка форм

не более одного часа в смену. Использование стержневых смесей на основе фенолформальдегидных связующих создает значительную загрязненность всех рабочих мест участка за счет выделения из залитых на плацу форм и миграции из-за высокой подвижности воздуха. Несмотря на технологические преимущества этих смесей, они, как видно из результатов исследований, приводят к значительному влиянию на экологию данного участка.

Для того чтобы улучшить условия труда работающих, были внесены изменения в технологические процессы рассматриваемого участка литейного цеха. В частности, дуговые плавильные печи ДМБ-0,25 производительностью 0,35 т/ч заменены на индукционные тигельные печи марки ИЛТ-1М производительностью 0,6 т/ч, что позволит вместо 4–5 плавов в смену производить только 3. А вместо формовочной встряхивающей машины мод. 254М используем машину встряхивающе-прессовую с амортизацией удара мод. 2221. По распределению факторов условий труда на рабочих местах участка после изменений в технологическом процессе, полученному в результате

расчетов с использованием разработанной системы экологической оценки, были определены значения  $K_{\text{загр}}$  (табл. 2, вариант 11). Анализ полученных результатов и сравнение их с исходным вариантом показали значительное улучшение условий труда на участке, особенно по шумовой нагрузке. В частности, это позволит снизить уровни шума на рабочих местах плавильщиков на 22 дБ, а на остальных рабочих местах – практически до допустимого уровня. Применение индукционных печей позволит уменьшить и тепловую нагрузку на плавильщиков при плавке металла. А в случае замены стержневых смесей на смоляной основе на неорганические связующие существенно снизится содержание вредных веществ в воздухе рабочих мест. Использование систем приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена порядка 10–15 вместо традиционной 2–5 приведет к значительному снижению концентраций пыли и вредных газов на рабочих местах.

Другим вариантом решения экологических проблем на рассматриваемом участке литейного цеха может быть изменение расположения оборудования и изолированное расположение отдельного оборудования. Так, перепланировка, показанная на рис. 2, в, позволила изолировать основной источник шума и тепловых излучений, тем самым в неблагоприятных условиях труда окажутся только плавильщики. Это привело к снижению шума до 25 дБ на остальных рабочих местах участка. По остальным факторам производственной среды положение также несколько улучшилось и все это позволило уменьшить индекс загрязнения по сравнению с исходным вариантом (табл. 2, вариант 11), однако он выше, чем по 11-му варианту.

Последним вариантом реконструкции данного участка является совместное использование 11-го и 111-го вариантов. Значения  $K_{\text{загр}}$ , полученные расчетным путем по распределению факторов на рабочих местах, показывают, что наиболее оптимальным с точки зрения экологии решением проекта данного участка литейного цеха является последний вариант (табл. 2, вариант IV). Причем следует отметить, что по разработанной нами классификации литейных цехов по условиям труда рассматриваемый участок с неблагоприятными условиями труда (класс 3) после реконструкции переходит во 2-й класс (с удовлетворительными условиями труда,  $K_{\text{загр}}$  меньше 5).

Следует также отметить, что при рассмотрении изложенных выше решений по реконструкции участка учитывались вопросы подачи исходных материалов к бегунам, готовой смеси к формовочной машине и местам формовки на плацу, жидкого металла к заливаемым формам, чтобы не увеличивалась физическая нагрузка на работающих. Кроме того, предложенные изменения в расположении оборудования позволили осуществить местную вытяжку пыли и вредных веществ от бегунов и плавильных агрегатов.

Таким образом, для литейных цехов мелкосерийного производства можно выбрать наиболее оптимальный вариант из множества решений, так как технологические и транспортные потоки позволяют это сделать. Однако при разработке проектов литейных цехов серийного и массового производства можно рассматривать несколько вариантов решений, применяя различные технологические процессы, литейное и транспортное оборудование и т. д.