



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-112-117>
УДК 621.74:658.382

Поступила 02.08.2021
Received 02.08.2021

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, Т. П. КОТ, Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. Тел. +375 29 669–90–98

Приведена методика комплексной оценки условий труда работающих в литейных цехах. Определены основные производственные факторы условий труда и введен относительный комплексный показатель, учитывающий рассматриваемые факторы условий труда. Определены поправочные коэффициенты для каждого производственного фактора с учетом их воздействия на организм человека.

Получено уравнение для расчета комплексного показателя, которое позволило установить классы литейных цехов (участков) по условиям труда. Приведены результаты расчетов комплексного показателя по шуму и суммарно по всем производственным факторам в литейных цехах с различным характером производства.

Ключевые слова. Условия труда, комплексная оценка, литейный цех, показатель, класс.

Для цитирования. Лазаренков, А. М. Методика комплексной оценки условий труда в литейном производстве / А. М. Лазаренков, Т. П. Кот // Литье и металлургия. 2021. №3. С. 112–117. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-112-117>.

THE METHOD OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS IN THE FOUNDRY PRODUCTION

A. M. LAZARENKOV, T. P. KOT, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65,
Nezavisimosti Ave. Tel. +375 29 669–90–98

The method of a comprehensive assessment of the working conditions of workers in foundries is given. The main production factors of working conditions are determined and a relative complex indicator is introduced that takes into account the considered factors of working conditions. Correction coefficients for each production factor are determined, taking into account their impact on the human body.

The equation for calculating the complex indicator was obtained, which made it possible to establish classes of foundries (sections) according to working conditions. The results of calculations of the complex indicator for noise and total for all production factors in foundries with different production patterns are presented.

Keywords. Working conditions, comprehensive assessment, foundry, indicator, class.

For citation. Lazarenkov A. M., Kot T. P. The method of comprehensive assessment of working conditions in the foundry production. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 3, pp. 112–117. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-112-117>.

Для осуществления комплексной оценки условий труда необходимо рассматривать совокупность всех факторов производственной среды литейных цехов, что весьма затруднительно выполнить практически, так как приходится оперировать 5–6 параметрами условий труда (получается громоздкая, трудно-воспроизводимая картина). Поэтому для оценки и сравнения условий труда был введен относительный комплексный показатель K , который представляет собой сумму отношений значений факторов производственной среды на рабочих местах к их допустимым значениям:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{C_{\Phi i}}{C_{Hi}}, \quad (1)$$

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

В качестве основных параметров условий труда литейщиков были приняты уровни шума и вибрации, содержание пыли и вредных веществ в воздухе рабочей зоны, температура воздушной среды и интенсивность теплового излучения. Тогда уравнение (1) можно записать в следующем виде:

$$K = C_{\Phi ш} / C_{H ш} + C_{\Phi в} / C_{H в} + C_{\Phi п} / C_{H п} + C_{\Phi г} / C_{H г} + C_{\Phi т} / C_{H т} + C_{\Phi и} / C_{H и}, \quad (2)$$

где $C_{фш}$ и $C_{нш}$ – фактические и нормативные значения уровней шума на рабочих местах, аналогично значения вибрации, пыли, вредных веществ, температуры и интенсивности теплового излучения. Учитывая, что при протекании технологических процессов выделяется одновременно несколько веществ, составляющая $C_{фг}/C_{нг}$ будет иметь вид:

$$C_{фг}/C_{нг} = \sum_{j=1}^m C_{фгj}/C_{нгj}, \quad (3)$$

где $C_{фгj}$ и $C_{нгj}$ – фактические и нормативные значения концентраций j -го вредного вещества (фенол, формальдегид, оксид углерода и др.); m – количество рассматриваемых вредных веществ в воздухе рабочих зон.

Для получения более объективной оценки условий труда с помощью показателя K необходимо осуществлять определение показателя 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.

Тогда с учетом приведенного выше уравнение (1) запишется в следующем виде:

$$K = \frac{1}{tp} \sum_{S=1}^t \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^n \frac{C_{\Phi i}}{C_{Н i}}, \quad (4)$$

где n – количество факторов на i -м рабочем месте; p – количество рабочих мест на γ -м участке цеха; t – количество участков в S -м литейном цехе.

Однако при определении показателя по уравнению (4) не учитываются особенности влияния различных производственных факторов на организм работающих. Поэтому при расчетах значений $C_{\Phi}/C_{Н}$ по рабочим местам различных участков цехов следует полученные величины умножать на поправочные коэффициенты влияния каждого фактора производственной среды на работающих.

При установлении поправочного коэффициента влияния тепловых излучений $K_{пг}$ исходили из степени переносимости человеком тепловой радиации [1, 2], который в зависимости от интенсивности теплового облучения приняли равным:

$K_{пг} = 0$ – при тепловом облучении в пределах допустимой величины, равной 140 Вт/м²;

$K_{пг} = 0,2$ – при 141–560 Вт/м², которую человек переносит неопределенно долго;

$K_{пг} = 0,4$ – при 561–1400 Вт/м², которую человек переносит в течение 2,5–6 мин;

$K_{пг} = 0,7$ – при 1401–2800 Вт/м², которую человек переносит в течение 30–60 с;

$K_{пг} = 1,0$ – при более 2800 Вт/м², которую человек переносит в течение 3–30 с.

При оценке влияния шума на организм человека исходили из величины уровней шума на рабочих местах, учитываемых по превышению фактических уровней над нормативными и выраженных изменением громкости звука, продолжительности шумового стажа и вероятности нарушения слуха [2–4]. Исходя из изложенного выше и данных по вероятности нарушения слуха при разных уровнях шума и стаже работы, значения поправочного коэффициента влияния шума на работающих $K_{пш}$ приняли равными:

$K_{пш} = 0$ – при уровне звука в пределах допустимого 80 дБ;

$K_{пш} = 0,1$ – при уровне звука в пределах 81–85 дБ;

$K_{пш} = 0,3$ – при уровне звука в пределах 86–90 дБ;

$K_{пш} = 0,5$ – при уровне звука в пределах 91–100 дБ;

$K_{пш} = 0,8$ – при уровне звука в пределах 101–110 дБ;

$K_{пш} = 1,0$ – при уровне звука более 110 дБ.

Величину поправочного коэффициента влияния вибрации на работающих $K_{пв}$ определяли исходя из величины эквивалентного уровня вибрации, стажа работы и вероятности развития виброболезни. Проведенные нами исследования показали, что литейное оборудование создает повышенные уровни вибрации, превышающие допустимые при общей вибрации в среднем до 4–6 дБ, при локальной – до 14–16 дБ, а виброболезнь фиксируется у литейщиков при стаже работы 10–15 лет. Исходя из этих данных, вероятность развития виброболезни по приведенной в работах [3–5] зависимости равна при общей вибрации 0,06 дБ, а при локальной – 0,15 дБ. Однако, учитывая, что общая вибрация на рабочих местах литейных цехов незначительно превышает нормативную величину и только на отдельных рабочих местах, а также тот факт, что по продолжительности действия она составляет не более 0,3–0,4 рабочего времени, окончательно коэффициент влияния общей вибрации на работающих $K_{пво}$ равен 0,2. В то же время для

локальной вибрации следует выделить несколько интервалов, которые принимали согласно разработанной нами классификации признаков оценки условий труда. Тогда коэффициент влияния локальной вибрации на работающих $K_{пвл}$ в интервале допустимых значений (76 дБ) вибрации равен 0, в интервале 77–80 дБ – 0,2, в интервале 81–86 дБ – 0,6, при вибрации более 86 дБ – 1,0.

Предельно допустимая концентрация пыли в зависимости от содержания в ней кремнезема составляет: 1 мг/м³ при содержании в ней SiO₂ более 70%; 2 мг/м³ – от 10 до 70%; 4 мг/м³ – от 2 до 10%. Независимо от содержания кремнезема пыль относится к 3-му классу опасности и считается веществом фиброгенного действия. 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 [2]. Исходя из изложенного выше, принимаем следующие значения поправочного коэффициента влияния пыли на работающих $K_{пп}$:

$K_{пп} = 0$ – при концентрации пыли в пределах допустимой;

$K_{пп} = 0,4$ – при содержании кремнезема в пыли от 2 до 10% и содержании частиц до 5 мкм до 30%;

$K_{пп} = 0,7$ – при содержании кремнезема в пыли от 10 до 70% и содержании частиц до 5 мкм от 30 до 60%;

$K_{пп} = 1,0$ – при содержании кремнезема в пыли более 70% и содержании частиц до 5 мкм более 60%.

Значения поправочного коэффициента влияния вредных веществ на организм определяли исходя из класса опасности и токсикологической характеристики вредных веществ [2]. Для веществ 1-го класса опасности (бензопирен, свинец, никель и его соединения), которые приводят к отравлению организма и воздействию на многие системы человека, был установлен коэффициент $K_{пвв}$, равный 1,0; 2-го класса опасности (фенол, формальдегид, акролеин, бензол, марганец и др.), которые сильно воздействуют на нервную, сердечно-сосудистую системы, раздражают кожу и слизистые оболочки – 0,7; 3-го класса опасности (ангидрид сернистый, ксилол, толуол, фурфурол, оксиды азота), воздействие которых аналогично веществам 2-го класса, однако степень и выраженность влияния отмечаются меньшие – 0,5; вещества 4-го класса опасности (аммиак, оксид углерода, ацетон и др.) считаются малоопасными, однако при высоких концентрациях их действие усиливается – 0,3.

Значения поправочного коэффициента влияния температуры воздушной среды определяли исходя из превышения допустимой для основных выполняемых в литейных цехах работ по энергозатратам категорий Пб и Пв:

$K_{пт} = 0$ – при соответствии допустимым значениям;

$K_{пт} = 0,2$ – при превышении допустимых значений на 1–5 °С;

$K_{пт} = 0,6$ – при превышении допустимых значений на 6–10 °С;

$K_{пт} = 1,0$ – при превышении допустимых значений более 10 °С.

Кроме того, следует отметить, что различные факторы воздействуют на работающих не полную рабочую смену. Поэтому при определении значений K необходимо учитывать и временной фактор. Тогда с учетом изложенного выше уравнение (4) принимает следующий вид:

$$K = \frac{1}{tp} \sum_{S=1}^t \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^n \frac{C_{\Phi i}}{C_{Hi}} \cdot K_{Pi} \cdot K_{ti},$$

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

Рассчитанный таким образом относительный показатель K позволяет сравнивать условия труда в различных литейных цехах. Однако не позволяет оценить условия труда в отдельно взятом цехе. Поэтому были установлены четыре класса литейных цехов по условиям труда, которые определяются исходя из значений показателя K :

1-й класс – литейные цеха с благоприятными условиями труда, на рабочих местах которых фактические значения параметров не превышают нормативных, т.е. $K = 0$;

2-й класс – литейные цеха с удовлетворительными условиями труда, на рабочих местах которых фактические значения параметров незначительно превышают допустимые величины и при которых не отмечается значительных изменений в состоянии здоровья работающих (тепловые излучения в пределах 141–560 Вт/м², шум – превышения уровня звука до 5 дБ, вибрация – до 3 дБ, пыль – до 3 раз, вредные вещества – до 1,5 раз, температура воздуха – на 1–5 °С); значение $K = 0,1–5,0$;

3-й класс – литейные цеха с неблагоприятными условиями труда, на рабочих местах которых фактические значения параметров превышают допустимые величины и при которых могут регистрироваться

случаи профессиональных заболеваний (тепловые излучения – в пределах 561–1400 Вт/м², шум – до 15 дБ, вибрация – до 10 дБ, пыль – до 10 раз, вредные вещества – до 3 раз, температура воздуха – на 6–10 °С); значение $K=5,1-18$;

4-й класс – литейные цеха с весьма неблагоприятными условиями труда, на рабочих местах которых фактические значения параметров значительно превышают допустимые величины и при которых регистрируются случаи профессиональных заболеваний (тепловые излучения – более 1400 Вт/м², шум – более 15 дБ, вибрация – более 10 дБ, пыль – более 10 раз, вредные вещества – более 3 раз, температура воздуха – более 10 °С); значение $K=$ более 18.

Одним из вредных производственных факторов, определяющих условия труда в литейных цехах и неблагоприятно воздействующих на работающих, является шум, который при длительном воздействии на организм человека может привести к патологическим изменениям, а затем и профессиональному заболеванию – невриту слухового органа.

Результаты исследований шума литейных машин показали, что параметры шума основных видов оборудования смесеприготовительных, стержневых, формовочных, плавильно-заливочных, выбивных и обрубочно-очистных участков превышают допустимые значения. При этом наибольшие превышения допустимого уровня отмечаются на рабочих местах у стержневых и формовочных встряхивающих машин (на 10–18 дБА), у выбивных решеток (на 13–22 дБА), у обрубочно-очистного оборудования (на 16–24 дБА).

Шум, создаваемый основными литейными машинами, является широкополосным, звуковое поле неоднородно в связи с наличием источников шума, различных по уровню акустической мощности и характеру спектра. Шум, создаваемый оборудованием с ударным режимом работы, непостоянный, с максимальным уровнем звуковой мощности в области средних и высоких частот. Это позволяет с полным основанием говорить о значительном воздействии шума на формовщиков, выбивальщиков форм, обрубщиков и чистильщиков литья, что также подтверждается и значениями показателя K по шумовому фактору (табл. 1), полученными расчетным путем.

Таблица 1. Значения показателя K по шуму в литейных цехах с различным характером производства

Участок цеха	Значение K в цехах с характером производства		
	массовым	серийным	мелкосерийным
Смесеподготовительный	0,43	0,37	0,26
Смесеприготовительный	0,61	0,54	0,34
Стержневой	0,75	0,59	0,31
Формовочный	1,83	1,39	0,93
Шихтовый	0,32	0,23	0,17
Плавильно-заливочный	1,28	1,06	0,76
Выбивной	1,87	1,66	1,31
Обрубочно-очистной	2,74	2,38	1,82
Среднее значение по цеху	1,23	1,03	0,74

На основании проведенных исследований производственных факторов на рабочих местах в литейных цехах была создана база данных, которая в дальнейшем использована для комплексной оценки условий труда по приведенной выше методике с использованием ЭВМ и программы расчета показателя K . В табл. 1 приведены значения показателя K по шуму для различных участков литейных цехов с разным характером производства, анализ которых показывает, что наиболее неблагоприятные условия труда имеют место на обрубочно-очистном, выбивном и формовочном участках. Результаты K хорошо коррелируют с данными воздействия шума на слуховой аппарат обрубщиков, выбивальщиков и формовщиков, что подтверждается данными по выявленному профессиональному заболеванию.

Однако степень этого влияния шума на работающих будет определяться и характером производства литейных цехов. Проведенный анализ результатов исследований и распределения уровней шума по участкам литейных цехов, полученных в результате расчетов по разработанной программе с использованием ЭВМ, позволил выявить некоторые особенности распределения уровней шума в зависимости от характера производства.

Так, в литейных цехах массового производства у оборудования создаются значительные шумовые зоны, охватывающие практически все места плавильно-заливочных, формовочных, выбивных и обрубочно-очистных участков и которые наблюдаются практически в течение всей рабочей смены.

Кроме того, в ряде случаев неудачное расположение литейных конвейеров создает повышенные уровни шума и на других участках. Особенности литейных цехов серийного производства является то, что, несмотря на большое число технологических процессов, меньший уровень автоматизации и механизации этих процессов позволяет выбрать более рациональное и, как правило, изолированное расположение оборудования, создающего повышенные уровни шума. Это, в свою очередь, приводит к повышенным шумам на отдельных участках или зонах, концентрирующихся непосредственно у шумного оборудования, в меньшей степени воздействуя на других работников этих участков. Кроме того, следует отметить, что в этих цехах работа оборудования происходит циклично (т.е. не постоянно, как в литейных цехах массового производства) и эквивалентные уровни шума будут иметь меньшие значения. Особенно это видно при работе литейного цеха в ступенчатом режиме. Так, в цехе среднего и крупного литья шум встряхивающих машин наблюдается только в первую смену и в течение примерно 1–1,5 часов во время изготовления необходимого количества полуформ. Выбивные решетки работают в третью смену, когда происходит только выбивка отливок из форм.

В цехах массового производства наибольшее число профзаболеваний связано с воздействием на работающих чрезмерного шума от используемого литейного оборудования, более высоким уровнем механизации и автоматизации и более продолжительным воздействием. Объективность данного распределения заболеваемости невритом слухового органа у работающих в литейных цехах массового производства подтверждается и значениями показателя K , которые имеют наибольшие значения ($K=1,23$) по сравнению с шумовой нагрузкой работающих в цехах серийного ($K=1,03$) и мелкосерийного ($K=0,74$) производства.

В табл. 2 приведены результаты расчетов комплексного показателя суммарно по всем производственным факторам в литейных цехах с различным характером производства, которые показали, что условия труда наиболее неблагоприятные на рабочих местах плавильщиков, заливщиков, обрубщиков, чистильщиков литья, выбивальщиков форм.

Таким образом, данная методика комплексной оценки условий труда в литейном производстве позволяет определить класс условий труда работающих в зависимости от применяемых технологических процессов и используемого оборудования при разработке проектов новых, реконструируемых и действующих литейных цехов (участков) и оптимальный вариант.

Таблица 2. Значения показателя K по участкам литейных цехов с различным характером производства

Участок цеха	Значение K						
	шум	вибрация	пыль	вредные вещества	тепловое излучение	температура воздуха	сумма K по участку
В цехах с массовым характером производства							
Смесеподготовительный	0,61		1,86	0,16			2,63
Смесеприготовительный	0,88	0,29	1,84	0,58			3,59
Стержневой	0,95	0,07	1,78	3,26	0,08	0,06	6,20
Формовочный	1,78	0,27	1,63	0,48	0,07	0,03	4,26
Шихтовый	0,52		1,22	0,09			1,83
Плавильно-заливочный	1,44		1,75	2,46	1,95	1,23	8,83
Выбивной	1,97	0,35	2,49	0,84	0,30	0,44	6,39
Обрубочно-очистной	2,94	1,15	3,79	0,34			8,22
Среднее значение K по каждому фактору по цеху	1,39	0,27	2,05	1,03	0,33	0,22	
Общее значение K по цеху	5,29						
В цехах с серийным характером производства							
Смесеподготовительный	0,44		1,50	0,10	0,12		2,16
Смесеприготовительный	0,65	0,15	1,42	0,29			2,51
Стержневой	0,49	0,09	1,48	2,19	0,05	0,07	4,37
Формовочный	1,39	0,19	1,28	0,26	0,11	0,02	3,23
Шихтовый	0,26		0,78	0,05			1,09
Плавильно-заливочный	0,98		1,53	1,88	1,64	1,08	7,11
Выбивной	2,13	0,27	1,94	0,51	0,22	0,31	5,38
Обрубочно-очистной	2,46	1,07	3,04	0,19			6,76
Среднее значение K по каждому фактору по цеху	1,10	0,22	1,62	0,68	0,27	0,19	
Общее значение K по цеху	4,08						

Участок цеха	Значение <i>K</i>						
	шум	вибрация	пыль	вредные вещества	тепловое излучение	температура воздуха	сумма <i>K</i> по участку
В цехах с мелкосерийным характером производства							
Смесеподготовительный	0,29		1,28	0,11	0,08		1,76
Смесеприготовительный	0,23	0,19	1,27	0,07			1,76
Стержневой	0,35	0,14	1,16	0,33	0,03	0,04	2,05
Формовочный	0,53	0,12	0,88	0,15	0,17		1,85
Шихтовый	0,11		0,51	0,03			0,65
Плавильно-заливочный	0,22		1,08	0,76	1,22	0,87	4,15
Выбивной	1,27	0,16	1,32	0,32	0,15	0,23	3,45
Обрубочно-очистной	1,66	0,75	2,73	0,11			5,25
Среднее значение <i>K</i> по каждому фактору по цеху	0,58	0,17	1,28	0,24	0,21	0,14	
Общее значение <i>K</i> по цеху	2,62						

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бабалов А. Ф.** Промышленная теплозащита в металлургии. М.: Металлургия, 1971. 186 с.
2. **Алексеев С. В., Усенко В. Р.** Гигиена труда. М.: Медицина, 1988. 576 с.
3. **Заборов В. И., Кличко Л. Н., Росин Г. Г.** Защита от шума и вибрации в черной металлургии. М.: Металлургия, 1976. 248 с.
4. **Романов С. Н.** Биологическое действие вибрации и звука. М.: Машиностроение, 1991. 160 с.
5. **Лазаренков А. М.** Охрана труда на предприятиях металлургического производства. Мн.: УП «Технопринт», 2002. 264 с.

REFERENCES

1. **Babalov A. F.** *Promyshlennaja teplozashhita v metallurgii* [Industrial thermal protection in metallurgy]. Moscow, Metallurgija Publ., 1971, 186 p.
2. **Alekseev S. V., Usenko V. R.** *Gigiena truda* [Occupational hygiene]. Moscow, Medicina Publ., 1988, 576 p.
3. **Zaborov V. I., Klichko L. N., Rosin G. G.** *Zashhita ot shuma i vibracii v chernoj metallurgii* [Protection against noise and vibration in the steel industry]. Moscow, Metallurgija Publ., 1976, 248 p.
4. **Romanov S. N.** *Biologicheskoe dejstvie vibracii i zvuka* [The biological effects of vibration and sound]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1991, 160 p.
5. **Lazarenkov A. M.** *Ohrana truda na predpriyatijah metallurgicheskogo proizvodstva* [Labor protection at metallurgical enterprises]. Minsk, UP «Tehnoprint» Publ., 2002, 264 p.