



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-149-154>  
УДК 621.74:658.382

Поступила 12.01.2021  
Received 12.01.2021

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ В ЦЕХАХ АЛЮМИНИЕВОГО ЛИТЬЯ

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, И. А. ИВАНОВ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. Тел.+375-29-669-90-98

*Приведены результаты исследования условий труда работающих в цехах алюминиевого литья. Результаты проведенных исследований показали, что на рабочих местах отмечаются превышения допустимых значений по шуму, вибрации, содержанию вредных веществ в воздухе рабочей среды, интенсивности инфракрасного (теплого) излучения и температуре воздушной среды, наблюдается воздействие на организм рабочего электромагнитного излучения при обслуживании индукционных печей. Кроме того, к основным вредным производственными факторами можно отнести тяжесть работ и напряженность трудового процесса. Выполнена оценка эффективности действия защитных экранов индукционной тигельной печи ИАТ-6.*

**Ключевые слова.** Условия труда, шум, вибрация, пыль, вредные вещества, литейный цех, электромагнитное излучение.

**Для цитирования.** Лазаренков, А. М. Исследование условий труда работающих в цехах алюминиевого литья / А. М. Лазаренков, И. А. Иванов // Литье и металлургия. 2021. № 1. С. 149–154. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-149-154>.

## STUDY OF WORKING CONDITIONS IN ALUMINUM CASTING SHOPS WORKSITES

A. M. LAZARENKOV, I. A. IVANOV, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti Ave. Tel +375-29-669-90-98

*The results of the study of working conditions in aluminum casting shops worksites are presented. The results of these studies showed that in worksites there are exceedance of the permissible limits for noise, vibration, the content of harmful substances in the working environment, intensity of infrared (thermal) radiation and air temperature. There is effect of electromagnetic radiation on the workers during the service of induction furnaces. In addition, the main harmful production factors include the severity of work and the intensity of the labor process. The efficiency of the protective screens of the IAT-6 induction crucible furnace was evaluated.*

**Keywords.** Working conditions, noise, vibration, dust, harmful substances, foundry, electromagnetic radiation

**For citation.** Lazarenkov A. M., Ivanov I. A. Study of working conditions in aluminum casting shops worksites. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 1, pp. 149–154. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-149-154>

Область применения литых деталей (или деталей, изготавливаемых из отливок) непрерывно расширяется [1]. В некоторых производственных отраслях, например в станкостроении, доля литых изделий достигает 80%. В первую очередь это связано с совершенствованием технологий литейного производства, что позволяет получать более качественные и более точные по размерам и форме отливки [2]. Несмотря на последние технологические достижения, работники литейных цехов по-прежнему подвергаются воздействию вредных факторов, которые влияют на безопасные условия их работы и на здоровье. Поэтому борьба с вредными производственными факторами, сохранение здоровья и благополучия работающих остается одной из основных задач литейного производства [3].

Среди литейных сплавов особое место занимают алюминиевые сплавы. Алюминий и его сплавы характеризуются (в зависимости от их состава) высокой электро- и теплопроводностью, стойкостью к коррозии и пластичностью. Большая часть этих сплавов хорошо поддается штамповке, ковке, волочению, прокатке. Алюминий и ряд его сплавов хорошо подвергаются различным видам сварки. При этом температура плавления сплавов алюминия относительно не высокая. Благодаря этим свойствам использование алюминия и его сплавов увеличивается во всех отраслях мировой экономики [4]. В настоящее время сплавы алюминия широко применяются в машиностроении, самолето- и судостроении, в производстве упаковки, посуды для приготовления пищи и тары.

Условия труда работающих в цехах алюминиевого литья определяются комплексом факторов производственной среды: шумом, вибрацией, вредными веществами, параметрами микроклимата (температура воздуха, интенсивность теплового излучения), электромагнитными излучениями, а также тяжестью и напряженностью трудового процесса [5].

В работе проанализированы технологические процессы, при протекании которых на работающих воздействует наибольшее количество производственных факторов. К таким процессам можно отнести следующие: при изготовлении отливок в кокилях – подготовку кокилей, выплавку металла, заливку металла в кокили, выбивку отливок из кокилей, а при изготовлении отливок на машинах для литья под давлением – подготовку пресс-формы, выплавку металла, заливку металла, извлечение отливок из пресс-форм, обработку отливок. В табл. 1 приведены усредненные значения основных производственных и непроизводственных факторов, определяющих условия труда рабочего-литейщика. При комплексной оценке условий труда необходимо учитывать применяемые технологические процессы, производственное оборудование, характер производства и другие факторы, определяющие каждый отдельно взятый литейный цех или участок.

Таблица 1. Характеристика условий труда работающих в цехах алюминиевого литья

Профессия работающего	Факторы условий труда на рабочих местах						тяжесть и напряженность трудового процесса
	производственные факторы (превышение допустимых значений)						
	шум, дБ	вибрация, дБ	пыль, раз	вредные вещества, раз	инфракрасные излучения, раз	температура воздуха, °С	
Заливщик металла Плавильщик металла и сплавов	2–6			1,2–1,6	1,6–3,4	4–9	Могут вызвать стойкие функциональные изменения в организме, приводящими в большинстве случаев к увеличению производственно-обусловленной заболеваемости.
Литейщик на машинах для литья под давлением	2–5		1,2–1,6		1,6–2,3	2–5	
Наждачник, чистильщик литья	6–9 (12–14)	2–4	2,4–3,7				Могут привести к развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести
Транспортировщик, слесарь-ремонтник, слесарь-электрик, контролер в литейном производстве, мастер участка, инженер-технолог	2–8		1,2–1,7	1,1–1,5	1,2–1,7	2–4	Могут вызвать функциональные изменения в организме

Большинство цехов (участков) алюминиевого литья белорусских предприятий оснащены плавильными индукционными тигельными печами максимальной емкостью от 0,4 до 6 т. Это связано с такими достоинствами тигельных плавильных печей, как [6]:

- выделение энергии происходит непосредственно в загрузке, без промежуточных нагревательных элементов;
- интенсивная электродинамическая циркуляция расплава в тигле, обеспечивающая быстрое плавление мелкой шихты, отходов, выравнивание температуры по объему ванны и отсутствие местных перегревов, гарантирующая получение многокомпонентных сплавов, однородных по химическому составу;
- принципиальная возможность создания в печи любой атмосферы (окислительной, восстановительной или нейтральной) при любом давлении;
- высокая производительность благодаря высоким значениям удельной мощности, особенно на средних частотах;
- возможность полного слива металла из тигля и относительно малая масса футеровки печи, что создает условия для снижения тепловой инерции печи благодаря уменьшению тепла, аккумулируемого футеровкой; печи этого типа удобны для периодической работы с перерывами между плавками и обеспечивают возможность быстрого перехода с одной марки сплава на другую;
- простота и удобство обслуживания печи, управления и регулировки процесса плавки, широкие возможности для механизации и автоматизации процесса;
- высокая гигиеничность процесса плавки и незначительное загрязнение воздуха.

Кроме тигельных индукционных печей, в заливочном отделении, как правило, установлены кокильные комплексы и кокильные станки, машины для литья под давлением, стационарные наждачные станки. Технологические операции, выполняемые в плавильных отделениях (основными профессиями работающих являются плавильщик металла и сплавов и заливщик металла), характеризуются выделением вредных веществ в виде пыли и вредных веществ (оксид алюминия, оксид углерода, оксид азота, пыль с содержанием диоксида кремния). Пыль выделяется при навеске и загрузке шихты в плавильные печи, при выплавке металла, обточке отливок, выбивке и ремонте футеровки печей и ковшей [7, 8].

В комплекс производственных факторов, определяющих условия труда указанных профессий, входят уровень шума (на рабочем месте плавильщика у индукционных печей – 82–86 дБ), запыленность воздуха рабочей зоны (в основном без превышения предельно допустимых концентраций), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (в зависимости от операции технологического процесса – превышение в 1,2–1,6 раза), температура воздуха (в зависимости от операции технологического процесса – превышение допустимой на 4–9 °С), интенсивность тепловых излучений (при выполнении операций дозагрузки шихты, по наполнению ковшей жидким металлом, снятия шлака с зеркала жидкого металла и разлива металла – превышение в 1,6–3,4 раза). По тяжести и напряженности трудового процесса профессии плавильщика металла и сплавов и заливщика металла оцениваются 2-й степенью класса с вредными условиями труда, которые могут вызвать стойкие функциональные изменения в организме, приводящими в большинстве случаев к увеличению производственно-обусловленной заболеваемости.

На рабочем месте литейщика на машинах для литья под давлением в комплекс производственных факторов, определяющих условия труда этой профессии, входят уровень шума (в зависимости от операции технологического процесса – 82–85 дБ), запыленность воздуха рабочей зоны (в основном находится на уровне предельно допустимых значений, а при применении противопопригарных покрытий пресс-форм может превышать ПДК в 1,2–1,6 раза), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (как правило, в пределах допустимых величин), температура воздуха (превышение допустимой на 2–5 °С), интенсивность тепловых излучений (при выполнении операций по наполнению ручных ковшей жидким металлом, снятия шлака с зеркала жидкого металла и от готовых отливок – превышение в 1,6–2,3 раза). По тяжести и напряженности трудового процесса профессия литейщика на машинах для литья под давлением оценивается 2-й степенью класса с вредными условиями труда.

Условия работы наждачника и чистильщика литья оцениваются комплексом производственных факторов, определяющих условия труда на обрубочно-очистном участке, в который входят уровень шума (в зависимости от применяемого оборудования – 86–89 дБ, а при использовании наждачных станков и шлифовальных машинок – 92–94 дБ), уровень локальной вибрации (превышение на 2–4 дБ), запыленность воздуха (превышение ПДК в 2,4–3,7 раза), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (в пределах ПДК), температура воздуха на рабочих местах указанных профессий находится в пределах допустимых значений. По тяжести и напряженности трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются 3-й степенью класса с вредными условиями труда, которые могут привести к развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести.

Условия труда на рабочих местах таких профессий, как транспортировщик, слесарь-ремонтник, слесарь-электрик по ремонту электрооборудования, контролер в литейном производстве, мастер, инженер-технолог определяются теми же производственными факторами, только характер их воздействия на работающих зависит от длительности нахождения на рабочих местах у конкретного оборудования. По тяжести и напряженности трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются 1-й степенью класса с вредными условиями труда, которые могут вызвать функциональные изменения в организме.

Для снижения значений выделенных при анализе производственных факторов на рабочих местах рассматриваемых выше профессий предусматривают следующие мероприятия:

- плавильные отделения размещают в наиболее высоких пролетах с подветренной стороны здания для предупреждения попадания газов и нагретого воздуха в другие отделения цеха;
- используется высокоэффективная очистка от пыли и вредных отходящих газов от плавильных печей (пылесосные камеры, рукавные фильтры);
- предусматривается механизация и автоматизация технологических процессов;
- в качестве мер защиты от интенсивных тепловых излучений предусматриваются теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование источников тепловых излучений, воздушное душирование,

использование спецодежды, спецобуви, а также применение индивидуальных средств защиты (каска, специальные защитные очки, защитные щитки);

- для снижения уровней вибрации предусматриваются виброизолирующий фундамент, герметичные изолирующие коврики, индивидуальная защита (специальные антивибрационные рукавицы, обувь с амортизированными подошвами);
- устранение непосредственного контакта рабочих с материалом и готовой продукцией, отходами производства;
- автоматическое управление плавильными печами;
- наличие систем сигнализации, извещающих о нарушении технологического процесса или условий безопасности труда.

Особым вредным производственным фактором является длительное воздействие на организм человека электромагнитного излучения. Источниками электромагнитного поля в цехе служат плавильные индукционные печи. Электромагнитное поле от промышленного оборудования вызывает нарушение жизненно важных органов и систем человека (мозга, сердца, сосудов, нервов, работы легких, желудочно-кишечного тракта и др.) [9]. Однако особенность данного вредного фактора состоит в том, что оно не имеет внешнего зрительного проявления и может длительное время не ощущаться работником.

Поглощаемая тканями человека энергия электромагнитного поля превращается в теплоту, что может привести к повышению температуры тела. Перегрев особенно вреден для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или с недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный пузырь). При действии поля происходит поляризация макромолекул тканей и ориентация их параллельно электрическим силовым линиям, что может привести к нарушению функций сердечно-сосудистой системы и обмена веществ [9].

Таким образом, электромагнитные поля снижают работоспособность, повышают утомляемость, вызывают головные боли, бессонницу, изменение кровяного давления и пульса. Допустимой величиной напряженности является значение 5 кВ/м при воздействии весь рабочий день. При более высоких значениях напряженности необходимо снижать время воздействия электромагнитного поля на работающих [10].

Существенным фактором, влияющим на напряженность магнитных полей индукционных плавильных печей, являются экранирующие магнитопроводы, наличие которых в конструкции печи необходимо. Для защиты работающих от электромагнитных излучений применяются заземленные экраны, коврики, устанавливаемые на пути излучения. Магнитопроводы позволяют уменьшить влияние магнитного поля на обслуживающий персонал, работающий вблизи индукционных установок для нагрева заготовок, на 20–70%.

Эффективность действия защитных экранов проверена на расчете экрана индукционной тигельной печи ИАТ-6, который обеспечивает защиту плавильщика от электромагнитных излучений. Напряженность электрического поля на участке не превышает 5 кВ/м. В табл. 2 приведены данные для расчета экрана индукционной печи.

Т а б л и ц а 2. Исходные данные для расчета экрана индукционной печи

Характеристика печи	ИАТ-6
Мощность печи (максимальная), кВт	1900
Напряжение сети, В	380
Частота тока, Гц	60
Рабочая частота $f$ , Гц	2700
Сила тока в катушке $I$ , А	200
Число витков $W$ , шт	12
Размер рабочего пространства, м:	
диаметр $D$	0,6
высота $H$	0,8
радиус катушки $a$ , м	0,32

Глубину проникновения электромагнитного поля в экран определяли по формуле

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_{\text{э}} \cdot \sigma_{\text{э}} \cdot \pi \cdot f}} = \frac{1}{\sqrt{1,65 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot 3,14 \cdot 2600}} = 0,0024 \text{ м,}$$

где  $\sigma_{\text{э}}$  – удельная проводимость материала экрана,  $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ :  $\sigma_{\text{э}} = 1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;



$\mu_{\text{Э}}$  – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м:  $\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \mu_{\text{Э}}^1$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ;  
 $\mu_{\text{Э}}^1$  – относительная магнитная проницаемость;  
 $f$  – рабочая частота, Гц,  $f = 2700$ .

Принимаем толщину экрана  $d = 3$  мм. Радиус экрана  $a = 0,32$  м.

Требуемую эффективность экранирования  $\text{Э}_{\text{ТР}}$  находим путем деления величины напряженности поля, создаваемого катушкой на рабочем месте без экрана  $H_{\text{Р}}$ , на величину допустимой напряженности поля  $H_{\text{Н}}$ , равной 25 А/м.

Значение  $H_{\text{Р}}$  определяем по формуле

$$H_{\text{Р}} = \frac{W \cdot I \cdot a^2}{4p^3} = \frac{12 \cdot 200 \cdot 0,32^2}{4 \cdot 0,4^3} = 960 \text{ А/м,}$$

где  $p$  – расстояние от катушки до рабочего места.

Требуемая эффективность экранирования равна

$$\text{Э}_{\text{ТР}} = 20 \lg \left( \frac{H_{\text{Р}}}{H_{\text{Н}}} \right) = 20 \lg \left( \frac{960}{25} \right) = 31,69 \text{ дБ.}$$

Фактическую величину эффективности экранирования находим по формуле

$$\text{Э} = 20 \lg \left( \frac{a \cdot e^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2} \cdot \delta \cdot \mu_{\text{Э}}^1} \right) = 20 \lg \left( \frac{0,32 \cdot 2,72^{\frac{0,003}{0,0024}}}{2\sqrt{2} \cdot 0,0024 \cdot 1,65} \right) = 40,16 \text{ дБ.}$$

Фактическая величина эффективности экранирования превышает требуемую эффективность экранирования. Следовательно, рассчитанный экран индукционной тигельной печи ИАТ-6 обеспечивает необходимую защиту от электромагнитных полей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Витязь, П. А.** Анализ состояния литейных производств Республики Беларусь/П.А. Витязь, А.В. Толстой, М.А. Садох // Литье и металлургия. 2019. № 3. С. 35–40.
2. **Мельников, А. П.** Новые научно-технические разработки для модернизации и технического перевооружения литейных производств/ А. П. Мельников, М. А. Садох // Литье и металлургия. 2011. № 3. С. 7–10.
3. **Лазаренков, А. М.** Анализ производственных факторов литейных цехов/ А. М. Лазаренков, С. А. Хорева// Тр. 24-й междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016. Беларусь», Минск, 19–21 октября 2016. С. 117–120.
4. Литейное производство в мире и некоторых странах СНГ // Металлургический бюллетень. <https://www.metalbulletin.ru>.
5. **Лазаренков, А. М.** Условия труда работающих в литейных цехах/ А. М. Лазаренков// Литье и металлургия. 2018. № 4. С. 160–164.
6. **Иванова, Л. И.** Индукционные тигельные печи / Л. И. Иванова, Л. С. Грובה, Б. А. Сокунов, С. Ф. Сарапулов. Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2002. 87 с.
7. **Лазаренков, А. М.** Влияние пыли в воздухе рабочих мест на профессиональную заболеваемость работающих в литейных цехах/ А. М. Лазаренков, С. А. Хорева// Тр. 24-й междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2016. Беларусь», Минск, 19–21 октября 2016. С. 115–116.
8. **Лазаренков, А. М.** Прогнозирование содержания вредных веществ в воздухе рабочих зон участков литейных цехов / А. М. Лазаренков, С. А. Хорева, В. В. Мельниченко // Литье и металлургия. 2012. № 3. С. 79–81.
9. **Утепова, А. Б.** Электромагнитное излучение индукционной магнитной печи <https://mosinductor.ru/info/articles/elektromagnitnoe-izluchenie-induktsionnoy-pechi/>
10. Анализ опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве <http://metodichka.x-pdf.ru/15stroitelstvo/65578-3-analiz-opasnih-vrednih-proizvodstvennih-faktorov-liteynom-proizvodstve-metodicheskie-ukazaniya-dlya-studentov-special.php>

## REFERENCES

1. **Vitjaz' P.A., Tolstoj A.V., Sadoha M.A.** Analiz sostojanija litejnyh proizvodstv Respubliki Belarus' [Analysis of the state of the foundries of the Republic of Belarus]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 3, pp.35–40.
2. **Mel'nikov A.P., Sadoha M.A.** Novye nauchno-tehnicheskie razrabotki dlja modernizacii i tehničeskogo pereosnashhenija litejnyh proizvodstv [New scientific and technical developments for modernization and technical re-equipment of foundries]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2011, no. 3, pp.7–10.
3. **Lazarenkov A.M., Horeva S.A.** Analiz proizvodstvennyh faktorov litejnyh cehov [Analysis of production factors of foundries]. Trudy 24-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii «Litejnoe proizvodstvo i metallurgija 2016. Belarus'», Minsk, 19–21 oktjabrja 2016 [Proceedings of the 24th International Scientific and Technical Conference “Foundry and Metallurgy 2016. Belarus”, Minsk, 19–21 October 2016]. Minsk, 2016, pp. 117–120.

4. <https://www.metalbulletin.ru>.
5. **Lazarenkov A.M.** Uslovija truda rabotajushhih v litejnyh cegah [Working conditions of workers in foundries]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2018, no. 4, pp. 160–164.
6. **Ivanova L.I., Grobova L.S., Sokunov B.A., Sarapulov S.F.** *Indukcionnye tigel'nye pechi* [Induction crucible furnaces]. Ekaterinburg, UGTU-UPI Publ., 2002. 87 p.
7. **Lazarenkov A.M., Horeva S.A.** Vlijanie pyli v vozduhe rabochih mestah na professional'nuju zaboлеваemost' rabotajushhih v litejnyh cegah [Influence of dust in the air at workplaces on the occupational morbidity of workers in foundries]. Trudy 24-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Litejnoe proizvodstvo i metallurgija 2016. Belarus'», Minsk, 19–21 oktjabrja 2016 [Proceedings of the 24th International Scientific and Technical Conference “Foundry and Metallurgy 2016. Belarus», Minsk, 19–21 October 2016]. Minsk, 2016, pp. 115–116.
8. **Lazarenkov A.M., Horeva S.A., Mel'nichenko V.V.** Prognozirovanie sodержanija vrednyh veshhestv v vozduhe rabochih zon uchastkov litejnyh cehov [Prediction of the content of harmful substances in the air of working areas of foundry sections]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2012, no. 3, pp. 79–81.
9. <https://mosinductor.ru/info/articles/elektromagnitnoe-izluchenie-induktsionnoy-pechi/>
10. <http://metodichka.x-pdf.ru/15stroitelstvo/65578-3-analiz-opasnih-vrednih-proizvodstvennih-faktorov-liteynom-proizvodstve-metodicheskie-ukazaniya-dlya-studentov-special.php>