



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-3-122-126>  
УДК 621.74:658.382

Поступила 13.07.2022  
Received 13.07.2022

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ РАБОЧИХ ЗОН ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ И ФОРМ

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, М. А. САДОХА, Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: cadoxa@rambler.ru

*Рассмотрены современные технологии изготовления стержней и форм с использованием холоднотвердеющих смесей. Приведены результаты исследований содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны при изготовлении стержней и форм по различным процессам (NO-WAXE, Альфа-сет, Бета-сет, COLD-BOX-AMINE, EPOXY-SO<sub>2</sub>- процесс, RESOL-CO<sub>2</sub>) и заливке форм и стержней жидким металлом. Отмечено, что в воздушной среде фиксируется комплекс вредных веществ, состав которого зависит от применяемых процессов получения стержней и форм, связующих материалов, заливаемого в формы металла, характера производства. Установлено, что с целью обеспечения безопасных условий труда для работающих при организации производства необходимо учитывать санитарно-гигиенические характеристики применяемых веществ и условия конкретного производства.*

**Ключевые слова.** Вредные вещества, связующие, воздух рабочей зоны, содержание вредного вещества, меры безопасности.  
**Для цитирования.** Лазаренков, А. М. Исследование воздушной среды рабочих зон литейных цехов при современных технологиях изготовления стержней и форм / А. М. Лазаренков, М. А. Садоха, // Литье и металлургия. 2022. № 3. С. 122–126. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-3-122-126>.

## INVESTIGATION OF THE AIR ENVIRONMENT OF THE WORKING AREAS OF FOUNDRIES WITH MODERN TECHNOLOGIES FOR THE MANUFACTURE OF CORES AND MOLDS

A. M. LAZARENKOV, M. A. SADOKHA, Belarusian National Technical University,  
Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: cadoxa@rambler.ru

*Modern technologies for manufacturing cores and molds using cold-hardening mixtures are considered. The results of studies of the content of harmful substances in the air of the working area during the manufacture of cores and molds by various processes (NO-WAX, Alpha-set, Beta-set, COLD-BOX-AMINE, EPOXY-SO<sub>2</sub>-process, RESOL-CO<sub>2</sub>) and pouring molds and cores with liquid metal are presented. It is noted that a complex of harmful substances is fixed in the air, the composition of which depends on the processes used to obtain cores and molds, binding materials, metal poured into molds, and the nature of production. It is established that in order to ensure safe working conditions for workers in the organization of production, it is necessary to take into account the sanitary and hygienic characteristics of the substances used and the conditions of a particular production.*

**Keywords.** Harmful substances, binders, working area air, harmful substance content, safety measures.  
**For citation.** Lazarenkov A. M., Sadokha M. A. Investigation of the air environment of the working areas of foundries with modern technologies for the manufacture of cores and molds. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 3, pp. 122–126. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-3-122-126>.

Одним из основных параметров условий труда, работающих в литейных цехах, является содержание вредных веществ в воздушной среде, входящих в комплекс производственных факторов и оказывающих влияние на состояние условий труда литейщиков и на их организм.

Экологическая характеристика связующей композиции и технологического процесса изготовления на ее основе стержней и форм складывается из нескольких элементов. К ним относятся выделения в воздушную среду токсичных газов: при смесеприготовлении и заполнении оснастки; при выдержке в оснастке до сборки формы; в период заливки формы металлом, затвердевания и охлаждения отливки, выбивки.

Анализ этих условий позволяет разработать меры по обеспечению безопасных условий работы для персонала, ликвидации последствий возможных нарушений в производстве, а также спроектировать

систему и параметры вентиляции в производственных подразделениях, рассчитать и согласовать с органами надзора токсичные выбросы в атмосферу из литейного цеха, разрабатывать физико-химические и технологические методы снижения газовой выделений, сократить расходы, связанные с соблюдением экологических норм и правил.

В современном производстве наиболее популярными считаются технологии изготовления стержней и форм с использованием холоднотвердеющих смесей (ХТС), такие, как NO-BAKE, Альфа-сет, Бета-сет, COLD-BOX-AMINE, EPOXY-SO<sub>2</sub>-процесс, RESOL-CO<sub>2</sub> [1].

Вопрос о токсичности того либо иного вида смеси не имеет однозначного ответа. Объемы газовой выделений и их токсичность зависят от условий конкретного производства: номенклатуры отливок, вида сплавов, объема и серийности выпуска, имеющегося технологического оборудования, возможностей вентиляции, условий хранения и транспортирования материалов. Все эти факторы необходимо учитывать наряду с предварительно установленными объективными показателями применяемых материалов, таких, как исходный химический состав, состав продуктов деструкции при разных температурах и т. д.

ХТС и технологические процессы, основанные на их применении, за последние годы стали основными в изготовлении стержней и форм при единичном и серийном производстве взамен смесей, упрочняемых при тепловой обработке в сушилах или за счет теплоты нагретой оснастки. Эти смеси используют при изготовлении отливок практически любой конфигурации из черных и цветных сплавов, они могут быть адаптированы к различным требованиям по производительности, качеству (включая чистоту, размерную и массовую точность, товарный вид и др.), возможностям инвестиций, экологическим условиям, квалификации персонала.

Объем использования синтетических смол в литейном производстве весьма велик. Это сопровождается образованием значительного количества токсичных продуктов в виде газов, конденсата и продуктов деструкции, часть которых остается в отработанных смесях.

На основании проведенных в литейных цехах исследований при изготовлении, заливке и выбивке форм стержней и форм, изготовленных из ХТС по вышеуказанным технологиям и на основании анализа литературных источников [1–5], были получены данные по содержанию вредных веществ в воздухе рабочих зон (см. таблицу).

Из таблицы видно, что в воздушной среде литейного цеха фиксируется наличие комплекса вредных веществ, параметры которого зависят как от применяемых связующих материалов и процессов получения стержней и форм, так и от вида заливаемого в формы металла и характера производства.

При изготовлении стержней и форм из ХТС по технологии NO-BAKE в воздухе рабочей зоны фиксируются в основном фенол, формальдегид, фурфурол, метанол, содержание которых превышает ПДК по фенолу в 2,2 раза, формальдегиду – в 1,9 раза (только при использовании фенолформальдегидных смол), фурфуролу – в 1,1–1,7 раза (при использовании фурановых смол), метанолу – в 1,6–2,7 раза (за исключением смесей на фенолформальдегидной смоле).

При использовании технологий Альфа-сет, Бета-сет, COLD-BOX-AMINE и RESOL-CO<sub>2</sub> в процессе изготовления форм и стержней содержание фенола превышает ПДК в 1,4 раза, при COLD-BOX-AMINE формальдегид – в 1,5 раза, при RESOL-CO<sub>2</sub> метанол – в 1,3 раза (Альфа-сет, Бета-сет). Содержание других вредных веществ (см. таблицу) (ацетон, фуриловый спирт, метилформиат, триэтиламин, нефрас, толуол, ароматические углеводороды) не превышает ПДК.

При заливке форм жидким металлом наблюдаются небольшие изменения в содержании указанных выше вредных веществ в воздухе рабочей зоны в меньшую или большую сторону. Например, содержание более летучих и деструктирующих при низких температурах веществ (ацетон, метанол, фуриловый спирт, акриловая кислота) уменьшается. Кроме того, при заливке появляются и другие вредные вещества, такие, как оксид углерода (превышение ПДК от 1,13 до 1,29 раза), бензол (без превышений).

В ходе анализа результатов исследований было проведено сравнение концентраций вредных веществ на рабочих местах при изготовлении стержней и форм и заливке форм жидким металлом в цехах с различным характером производства (массовым, серийным, мелкосерийным). Установлено, что наибольшие значения концентраций присутствуют в цехах массового производства (несмотря на использование эффективной системы вентиляции). В этих цехах технологические процессы протекают непрерывно или через небольшие интервалы времени и в работе находятся большие объемы стержневой и формовочной смеси и заливаемого металла (исследования проводили в чугунолитейных и сталелитейных цехах).

Содержание вредных веществ в воздухе рабочих зон литейных цехов

Процессы изготовления стержней и форм	Характеристика выделяющихся вредных веществ				
	наименование вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	при изготовлении стержней и форм	при заливке форм жидким металлом	
NO-BAKE:	Ацетон	200,0	114,07	53,6	
	Метанол	5,0	1,86	2,58	
	Фенолформальдегидные смолы	Формальдегид	0,5	0,99	0,62
		Фенол	0,3	0,66	0,34
		Оксид углерода	20,0	–	24,7
Бензол	15,0	–	4,22		
Фурановые смолы	Формальдегид	0,5	0,13	0,26	
	Метанол	5,0	7,92	6,52	
	Фурфурол	10,0	17,41	11,76	
	Оксид углерода	20,0	–	24,8	
	Бензол	15,0	–	8,06	
Карбамидно-фурановые смолы	Метанол	5,0	9,86	6,77	
	Формальдегид	0,5	0,47	0,76	
	Фурфурол	10,0	11,78	13,03	
	Фуриловый спирт	0,5	0,39	0,26	
	Аммиак	20,0	–	5,78	
	Оксид углерода	20,0	–	25,8	
Фенолфурановые смолы	Метанол	5,0	13,74	6,91	
	Формальдегид	0,5	0,32	0,58	
	Фенол	0,3	0,67	0,85	
	Фурфурол	10,0	10,68	9,66	
	Фуриловый спирт	0,5	0,42	0,37	
	Оксид углерода	20,0	–	26,9	
	Бензол	15,0	–	4,76	
Альфа-сет Бета-сет	Фенол	0,3	0,41	0,59	
	Формальдегид	0,5	0,53	0,37	
	Метилформиат	250,0	83,4	125,6	
	Метанол	5,0	6,73	3,43	
	Оксид углерода	20,0	–	23,9	
COLD-BOX-AMINE	Фенол	0,3	0,43	0,59	
	Формальдегид	0,5	0,60	0,71	
	Триэтиламин	10,0	4,82	6,77	
	Нефрас	100,0	64,0	29,8	
	Оксид углерода	20,0	–	22,6	
EPOXY-SO <sub>2</sub>	Ангидрид сернистый	10,0	0,52	0,63	
	Эпихлоргидрин	1,0	0,62	0,76	
	Акриловая кислота	5,0	1,21	0,89	
	Толуол	150,0	32,4	18,3	
	Ароматические углеводороды	50,0	38,6	27,6	
	Оксид углерода	20,0	–	22,7	
RESOL-CO <sub>2</sub>	Фенол	0,3	0,42	0,58	
	Формальдегид	0,5	0,76	0,94	
	Оксид углерода	20,0	–	22,7	
По нагреваемой оснастке	Фенол	0,3	0,46	0,59	
	Формальдегид	0,5	0,66	0,88	
	Оксид углерода	20,0	–	25,1	
	Метанол	5,0	4,28	2,78	

Для сравнения в таблице приведены данные содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке и заливке форм жидким металлом [5,6]. Анализ результатов исследований показывает, что наиболее неблагоприятная обстановка по фенолу и формальдегиду отмечается на рабочих местах стерженщиков при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке, где концентрации вредных веществ превышали допустимые в 1,7–1,9 раза.

Существующее положение с загазованностью рабочих мест литейных цехов объясняется несовершенством технологических процессов изготовления отливок в песчаных формах с использованием смесей на органических связующих; недостаточной эффективностью работы систем вытяжной вентиляции; несовершенством технологического оборудования (отсутствие укрытий и встроенных местных отсосов или неэффективностью их работы).

Анализ результатов проведенных исследований подтвердил вывод о локальности источников газовой выделений оборудования или отдельных операций технологических процессов. Поэтому для уменьшения до минимума выделений вредных веществ в рабочую зону проектировщикам литейного оборудования необходимо оснащать оборудование устройствами по локализации газовой выделений. Это подтверждается анализом концентраций газов на рабочем месте заливщика форм на плацу, где отсутствует местная вытяжная вентиляция (цех мелкосерийного и единичного производства).

При работе с исходными связующими материалами для ХТС с учетом их токсичности также следует соблюдать необходимые меры безопасности, так как большинство выделяемых из них веществ относится ко второму классу опасности (высоко опасные вещества)<sup>1</sup>.

Операции при работе со связующими нужно проводить в помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.021-75. Помещения для хранения исходных компонентов, смесей, стержней и форм должны быть оборудованы механической общеобменной вентиляцией. Работающие со связующими материалами для ХТС должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты от попадания этих материалов на кожные покровы и слизистые оболочки (костюмом хлопчатобумажным, фартуками прорезиненными, обувью кожаной, перчатками резиновыми или трикотажными, рукавицами, очками защитными, респираторами РПГ-67 марки А и промышленными противогазами марки А для защиты от летучих вредных веществ).

При ингаляционном воздействии связующих веществ на рабочего пострадавшего необходимо вывести на свежий воздух, обеспечить тепло, покой и вызвать врача. При попадании на кожу компонентов связующих следует смыть их большим количеством воды с мылом, затем смазать кожу жировыми кремами или пастами.

При возникновении загораний применяют воздушно-механическую пену, асбестовое полотно, песок, огнетушители ОВП или ОУ, распыленную воду.

Все работающие со связующими материалами обязаны проходить как предварительный медосмотр при приеме на работу, так и периодический.

Поддача жидких компонентов связующего в смеситель для приготовления песчано-смоляной смеси и выгрузка смеси должны осуществляться способом, позволяющим исключить попадание вредных веществ в окружающую среду (с помощью вакуума, азотного давления, посредством насосов или другим подходящим способом (за исключением сжатого воздуха)).

Таким образом, при использовании ХТС для изготовления стержней и форм с целью обеспечения безопасных условий труда для работающих при организации производства необходимо учитывать санитарно-гигиенические характеристики, условия конкретного производства (номенклатуру отливок, виды применяемых сплавов и связующих веществ, объем и серийность выпуска отливок, технические особенности имеющегося технологического оборудования, возможности вентиляции, условия хранения и транспортирования материалов).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский, С. С. Холоднотвердеющие смеси для литейных стержней и форм. М.: Машиностроение, 2010. 256 с.
2. Лазаренков, А. М. Исследование воздуха рабочих зон литейных цехов / А. М. Лазаренков // Литье и металлургия. 2019. № 2. С. 138–142.
3. Лазаренков, А. М. Условия труда на рабочих местах заливщиков металла / А. М. Лазаренков // Литье и металлургия. 2022. № 1. С. 130–134.
4. Лазаренков, А. М. Условия труда на рабочих местах стерженщиков / А. М. Лазаренков // Литье и металлургия. 2022. № 1. С. 135–137.
5. Лазаренков, А. М. Прогнозирование содержания вредных веществ в воздухе рабочих зон участков литейных цехов / А. М. Лазаренков, М. А. Садоха // Литейное производство. 2022. № 3. С. 32–36.

<sup>1</sup> ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны». Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 10.10.2017 № 92).

6. **Лазаренков, А.М.** Условия труда литейщиков при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева // Тр. 25-й Междунар. НТК «Литейное производство и металлургия 2017. Беларусь». Минск, 18–19 октября 2017 г. С. 219–221.

#### REFERENCES

1. **Zhukovskij S.S.** *Holodnotverdezhushhie smesi dlja litejnyh sterzhnej i form* [Cold hardening mixtures for foundry cores and molds]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2010, 256 p.
2. **Lazarenkov A.M.** Issledovanie vozduha rabochih zon litejnyh cehov [Study of the air in the working areas of foundries]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 2, pp. 138–142.
3. **Lazarenkov A.M.** Uslovija truda na rabochih mestah zalivshhikov metalla [Working conditions at the workplaces of metal pourers]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 1, pp. 130–134.
4. **Lazarenkov A.M.** Uslovija truda na rabochih mestah sterzhenshnikov [Working conditions at the workplaces of core workers]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 1, pp. 135–137.
5. **Lazarenkov A.M., Sadoha M.A.** Prognozirovanie sodержanija vrednyh veshhestv v vozduhe rabochih zon uchastkov litejnyh cehov [Forecasting the content of harmful substances in the air of working areas of foundry shops]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*, 2022, no. 3, pp. 32–36.
6. **Lazarenkov A.M., S.A. Horeva.** Uslovija truda litejshhikov pri izgotovlenii sterzhnej po nagrevaemoj osnastke [Working conditions of foundry workers in the manufacture of rods using heated equipment]. *Trudy 25-j mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Litejnoe proizvodstvo i metallurgija 2017. Belarus'», Minsk. 18–19 oktjabrja 2017 = Proceedings of the 25th International Scientific and Technical Conference “Foundry and Metallurgy 2017. Belarus”.* Minsk. October 18–19, 2017. Minsk, 2017, pp. 219–221.