

УДК 613.6

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯЖЕСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА У РАБОЧИХ ОСНОВНЫХ ПРОФЕССИЙ СВИНЦОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Мишина Е.А., Федорук А.А.

ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора
Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский-научный
центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий»,
Екатеринбург, Россия

Цель настоящего исследования – дать комплексную физиолого-эргономическую оценку труда рабочих свинцового производства. Были оценены следующие профессии: шихтовщики, сушильщики и плавильщики трех участков, с использованием Р 2.2.2006-05.2.2. Физиологическая оценка производилась по частоте сердечных сокращений, минутному объему дыхания и энерготратам. Наиболее тяжелый труд в условиях нагревающего климата отмечен у плавильщиков участка рафинировочных котлов, оценивается 3-й степенью, 3-го класса по тяжести. У плавильщиков участка руднотермических печей тяжесть труда соответствует классу условий труда – 3.2. У остальных профессий тяжесть труда оценена, как 3.1 класс. Основными неблагоприятными факторами являются масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, статическая нагрузка при работе с ручным инструментом и время нахождения в позе стоя или неудобном положении тела.

Ключевые слова: *тяжесть труда, плавильщик, энерготраты, минутный объем дыхания*

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

PHYSIOLOGICAL AND ERGONOMIC ASSESSMENT OF LABOUR SEVERITY FOR RELEVANT OCCUPATIONS IN LEAD INDUSTRY

Mishina E.A., Fedoruk A.A.

Ekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection of
Industrial Workers, Rospotrebnadzor, Ekaterinburg, Russian Federation

The aim of this study is to provide a comprehensive physiological and ergonomic assessment of working conditions of lead industry workers. The working conditions of crusher and blender operators, dryer operators and furnace operators were assessed at three work areas using Guidance for Hygienic Workplace Assessment Р 2.2.2006-05.2.2. The following physiological parameters of the workers were measured: heart rate, respiratory minute volume and energy expenditure. The occupation of a furnace operator from the refining kettle area was associated with the most physically demanding labour in an environment that involves heat treatment, its labour severity was assessed to be 3rd degree, class 3. Labour severity of an ore-smelting furnace operator was assessed to be working condition class 3.2. Labour severity of the other occupations was assessed to be class 3.1. The main

occupational hazards included the weight of manually lifted and moved heavy objects, static load when handling hand tools as well as standing or awkward posture time.

Key words: *labour severity, furnace operator, energy expenditure, respiratory minute volume*

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

Сердечно-сосудистые заболевания, на данный момент в России, остаются основными причинами инвалидизации и смертности населения. На развитие и прогрессирование сердечно-сосудистых заболеваний наряду с генетическими, соматическими, поведенческими и другими факторами риска существенное влияние оказывают неблагоприятные производственные и профессиональные факторы – физические (вибрация, шум, электромагнитные излучения, нарушение температурного режима), эргономические (гиподинамия и монотонный труд, физическое перенапряжение), химические, биологические, стрессовые и т.д. Профессиональная деятельность работников металлургического производства связана с повышенной интенсивностью труда и физическими перегрузками в условиях нагревающего микроклимата. Не исключением является и производство свинца из вторичного сырья, в котором для трудового процесса работников основных профессий характерны высокие физические нагрузки [2, 6]. Неадекватная состоянию здоровья, степени тренированности и адаптационным возможностям организма физическая нагрузка, особенно в сочетании с другими повреждающими факторами, может вызывать крайне неблагоприятные последствия, в том числе со стороны сердечно-сосудистой системы [1], включая смерть на рабочем месте. Структурная реорганизация металлургических предприятий зачастую приводит к сокращению расходов на охрану труда и осуществление оздоровительных мероприятий, что существенным образом влияет на ухудшение условий труда, что может в дальнейшем обусловить ухудшение показателей общей и профессиональной заболеваемости.

В связи с этим становится актуальным тщательный подход к изучению показателей тяжести труда на рабочих местах, в то время как на рынке услуг проведения подобных исследований, в том числе в рамках СОУТ, все чаще отмечается упрощение всего процесса оценки условий труда. Вся оценка фактически сводится к распечатыванию «результатов» виртуальных измерений, оценок и сделанных выводов на их основе.

Цель настоящего исследования – дать комплексную физиолого-эргономическую оценку труда рабочих свинцового производства.

Материал и методы исследования. Исследования проводились на предприятии производства рафинированного свинца (марок С0 и С1) из вторичного сырья. Нами оценены следующие профессии: шихтовщики; сушильщики; плавильщики трех участков, а именно: короткобарабанных (КБП), руднотермических печей (РТП) и рафинировочных котлов.

Эргономическая оценка трудового процесса производилась с использованием методики и критериев Р 2.2.2006-05.2.2. Изучение функциональных систем организма проводилось во время выполнения трудовых операций. Во время мониторинга определялись частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин, минутный объем дыхания (МОД) л/мин, с использованием показателя ЧСС были определены энерготраты. Физиологические показатели оценивались с помощью классификации В.В. Розенблата, Ю.Г. Солонина (1971) и Устьянцева С.Л. (2009 г.) по среднерабочим уровням с учетом возраста и параметров микроклимата [3, 4], класс условий труда был определен на основе расчета среднего критерия (балла) тяжести для каждой профессии. При

проведении измерений использовались приборы и оборудование, внесенные в государственный реестр и имеющие действующие сроки поверки. Всего при работе обследован 41 работник, средний возраст работающих составил 36,3±0,8 лет, средний стаж работы в профессии – 6,2±0,8 лет.

Результаты и обсуждение. Черновой свинец производится в короткобарабанных и руднотермических печах. В первом случае около 75% сырьевой основы производства составляют содержащие до 40% свинца свинцовые кеки (промежуточные продукты, образующиеся при переработке цинкового концентрата и пылей очистных сооружений медеплавильных цехов) и около 25% – лом отработанных аккумуляторных батарей. Сырьевой основой для руднотермических печей является шлак силикатный, окислы и медные шликеры, получаемые как побочные продукты при рафинировании свинца. В общий цикл производства свинца также включена установка механизированной разделки аккумуляторного лома, подготовка вспомогательных продуктов для плавки свинца, сушка кека и рафинировочные котлы (рис.1).

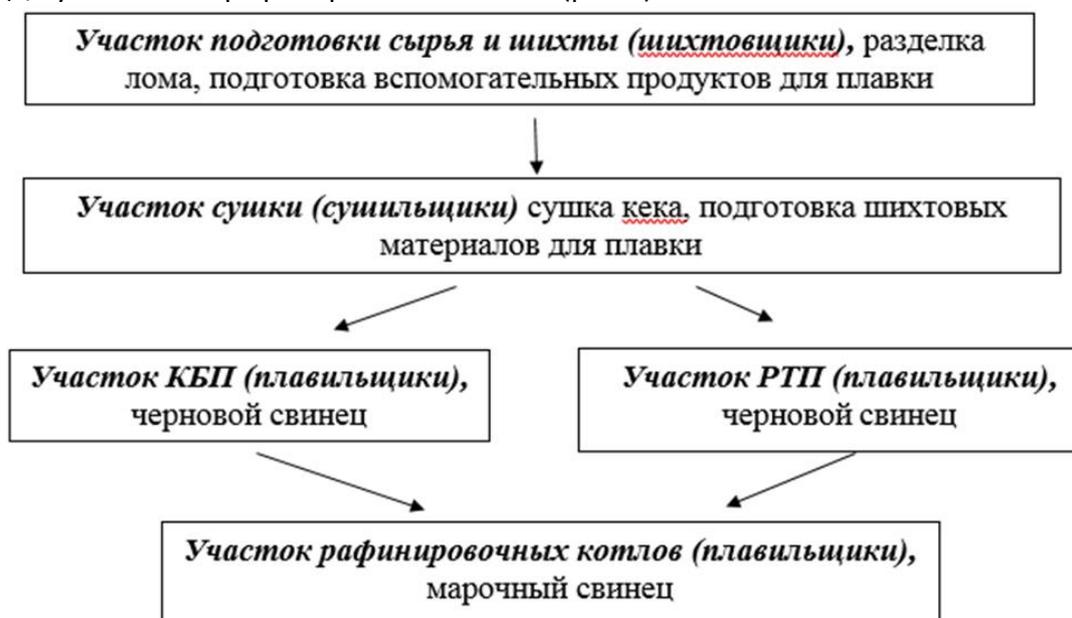


Рис.1. - Структура технологического процесса производства марочного свинца

В таблице 1 представлены результаты эргономической оценки тяжести труда рабочих. Показатели физической динамической нагрузки рабочих (масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную) определены суммарным переносом грузов за смену. Чаще всего переносимыми вручную инструментами являются лопата, метла, ломик, электропила, весом до 5 кг, отбойный молоток, машинка для пакетирования до 15 кг. Наиболее высокие значения по данному показателю отмечаются у плавильщиков рафинировочных котлов, у которых суммарная масса грузов, перемещаемых с поверхности пола, составляет в среднем 450 кг, что соответствует классу условий труда 3.1. Ручные операции связаны с загрузкой лопатой вспомогательных материалов для рафинирования свинца, снятием с поверхности окислов с помощью ручных скребков и крановой шумовки. Так, на стадии грубого обезмеживания выполняется операция загрузки битума массой от 20 до 30 кг, которая осуществляется вручную с помощью лопаты, длительность этапа составляет 5-7 минут. Работа происходит при открытой крышке котла (интенсивные испарения) в условиях нагревающего климата. При выполнении этой операции ЧСС достигает в среднем

120,1±0,3 уд/мин, МОД – 28,2±0,5 л/мин, показатели энергозатрат – 6,4±0,31 ккал/мин, что соответствует классу условий труда по физиологическим показателям 3.3.

Таблица 1

**Эргономическая оценка тяжести труда рабочих основных профессий
производства свинца**

	Масса подни- маемого и переме- щаемого гру- за вручную, кг	Сте- реоти- пные дви- жения, ед	Стати- ческая нагруз- ка, кгс*с	Поло- жение тела	Накл- оны, шт	Пере- меще- ние в про- стран- стве, км	Класс условий труда по тя- жести, по нашим данным	Класс условий труда по тя- жести СОУТ 2016 г.
Шихтовщик	2	1	1	2	3.1	1	3.1	3.1
Сушильщик	1	1	2	2	2	3.1	3.1	3.1
Плавильщик КБП	2	1	2	3.1	1	1	3.1	3.1
Плавильщик РТП	2	3.2	2	3.1	2	1	3.2	3.1
Плавильщик рафини- ровочных котлов	3.1	2	2	3.2	3.2	2	3.3	3.1

По показателю «Стереотипные движения при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса (региональная нагрузка)» значения выше допустимых величин отмечено у плавильщиков РТП. Во время выполнения своих основных трудовых операций плавильщик осуществляет большое количество быстрых однообразных движений с усилием. Для выпуска продуктов плавки отверстия прожигают при помощи стальной трубки, соединенной гибким шлангом с кислородным баллоном, усилия, затрачиваемые работниками при выполнении этапа техпроцесса, достигают 12600 кгс*с [5]. После 20 минут работы физиологические показатели достигали следующих значений: ЧСС – 119,8±0,4 уд/мин, МОД – 12,4±0,3 л/мин, энергозатраты – 6,3±0,8 ккал/мин, что соответствует классу условий труда – 3.2 (табл.2). После выпуска чернового свинца из руднотермической печи и остывания выпускных желобов плавильщик чистит их, работая отбойным молотком весом 12 кг. Операцию выполняют 1 раз в 2-3 смены, ее продолжительность не превышает 15-20 минут. Через 15 минут работы физиологические показатели имели следующие значения: ЧСС – 178,2±0,7 уд/мин, МОД – 60,1±0,7 л/мин, энергозатраты – 12,2±0,4 ккал/мин, что соответствует классу условий труда выше 3.4 (табл.2).

Необходимо отметить, что работа, при которой пульс достигает свыше 150 уд/мин, является очень тяжелой, продолжительность трудовых операций, которые выполняются при частоте пульса более чем 140 уд/мин, не должна превышать 6 часов в неделю [1]. По степени физиологических сдвигов рекомендуется максимальная разовая (пиковая) интенсивность общей нагрузки на организм, для мужчин это – частота сердечных сокращений 160 уд/мин. Для лиц старше 35 лет указанные величины должны быть снижены на 10 ударов в минуту [1, 3]. Среднесменная частота пульса у работников не должна превышать 100 уд/мин, поскольку в первую очередь, надо предупреждать общее перенапряжение организма и его обеспечивающих систем (кровообращение, дыхание и др.). У плавильщиков РТП среднесменные показатели ЧСС укладываются в нормативные значения, в то время, как у плавильщиков рафинировочных котлов превышают.

Характерным фактором тяжести трудового процесса для плавильщиков всех участков являлась рабочая поза стоя, в которой он проводит до 80% и более (плавильщик рафинировочных котлов) от всего бюджета времени (3.1-3.2 класс). На участке рафинирования процесс происходит непрерывно, сюда поступает черновой свинец, полученный с помощью КТБ и РТП, здесь работает самое большое количество плавильщиков (45 человек), которые больше 80% смены находятся на своем рабочем месте в положении стоя или с небольшими перемещениями до 5 метров.

По показателю «Наклоны корпуса тела работников более 30°, количество за рабочий день (смену)» значения выше допустимых уровней выявлены у шихтовщиков и плавильщиков рафинировочных котлов. На участке подготовки сырья и шихты выполняются в основном погрузочно-разгрузочные работы. Шихтовщик совершает большое количество наклонов при чистке решетки, выгрузке штейна медного из контейнеров на ровную площадку, загрузке материалов в ларь для замеса флюсовой смеси. Средние физиологические показатели у шихтовщиков во время работы имели следующие значения: ЧСС – $100,1 \pm 1,2$ уд/мин, МОД – $15,7 \pm 1,5$ л/мин, энерготраты – $4,4 \pm 0,8$ ккал/мин.

Также превышение допустимых значений (класс 3.2.) по этому показателю зарегистрировано у плавильщика участка рафинировочных котлов. Как отмечалось выше, технологические материалы на участке рафинировочных котлов загружаются в том числе и вручную – лопатой, в результате у плавильщика имеется большое количество наклонов за рабочую смену (свыше 300).

Таблица 2

Физиологическая оценка некоторых трудовых операций и условий труда рабочих основных профессий производства свинца

Профессия	Трудовая операция	ЧСС, уд/мин	МОД, л/мин	Энерготраты ккал/мин	Средний количественный критерий тяжести	Класс условий труда
Шихтовщик	Чистка решетки, подготовка к просеиванию, работа с краном, замены грузоподъемного механизма, загрузка материалов	$100 \pm 1,2$	$16,7 \pm 1,5$	$4,4 \pm 0,8$	2,3	3.1
Сушильщик	1) Выгрузка кека	$101 \pm 0,4$	$30,1 \pm 0,7$	$4,5 \pm 0,9$	2,7	3.1
	2) Чистка желоба	$95 \pm 0,6$	$19 \pm 0,3$	$3,9 \pm 0,7$		
Плавильщик КБП	1) Разделка летки	$130 \pm 1,2$	$36,3 \pm 1,2$	$7,4 \pm 0,8$	3,3	3.2
	2) Чистка горелочных окон и горелок	$92 \pm 0,3$	$22,5 \pm 0,4$	$3,6 \pm 0,5$		
Плавильщик РТП	1) Прожиг летки	$119 \pm 0,4$	$12,4 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,8$	3,8	3.2
	2) Чистка желоба	$178 \pm 0,7$	$60,1 \pm 0,7$	$12,2 \pm 0,4$		
	3) Подготовка огнеупорного материала	$78 \pm 0,5$	$9,3 \pm 0,6$	$2,15 \pm 0,3$		

Плавильщик рафинировочных котлов	1) Расплавление и грубое обезмеживание (загрузка битума)	120±0,9	28,2±0,5	6,4±0,3	4,2	3.3
	2) Расплавление и грубое обезмеживание (съем шликеров с поверхности)	98±0,5	9,2±0,6	2,2±0,3		
	3) Обессеребривание (загрузка технологическими материалами)	98±0,4	15,7±0,4	4,2±0,7		
	4) Обессеребривание (управление крановой шумовокой)	111±0,7	27,8±0,4	5,5±0,6		
	5) Тонкое обесмучивание (измельчение сурьмы, работа отбойным молотком)	111±0,5	20,7±0,4	5,5±0,5		
	6) Тонкое обесмучивание (поднятие сурьмистых дроссов, работа со скребком)	101±0,3	18,1±0,7	4,5±0,5		
	7) Качественное щелочное рафинирование (закидывание лопатой натра едкого и натра азотнокислого)	91,7±2,3	8±1,2	3,4±0,8		
	8) Розлив металла (Работа с лопатками)	95,8±3,1	17,3±1,8	3,9±0,5		
	9) Розлив металла (Работа с разливочным механизмом)	116,1±1,2	20±3,1	5,9±0,7		
	10) Пакетирование (Управление пультом полуавтоматического захвата)	77±2,3	9,3±1,8	2,1±0,8		
	11) Пакетирование (Работа с молотком, топориком, кувалдой, машинкой для пакетирования)	99,1±1,4	18,1±1,3	4,3±0,8		

Превышение допустимых уровней по показателю «Перемещение работника в пространстве, обусловлено технологическим процессом, в течение рабочей смены, км» отмечено у сушильщиков, осуществляющих такие трудовые операции, как контроль наполненности бункера (проталкивание сухого кека и соды ломиком), сбор просыпи у сушильного барабана в мешок, загрузка пыли с фильтров в загрузочную машину. Во время выполнения этих трудовых операций сушильник проходит за смену больше 11 км. Средние физиологические показатели после 15 минут работы составляли ЧСС – $95,3 \pm 0,6$ уд/мин, МОД – $19,4 \pm 0,3$ л/мин, энерготраты – $3,9 \pm 0,7$ ккал/мин, что соответствует классу условий труда 3.1.

Нужно отметить, что плавильщики всех трех участков работают в условиях нагревающего микроклимата. Максимальные значения температуры окружающей среды при выполнении трудовых операций (больше 36°C) регистрировались на рабочих местах плавильщиков рафинировочных котлов при розливе марочного свинца в чушки. Розлив свинца происходит в течение трех смен, при этом за одну смену отливают 60 тонн. Плавильщики работают в паре: один из них управляет, подвешенным на цепи разливочным инструментом, заливая свинец в чушки, находясь при этом в вынужденной позе на корточках (сидит на маленькой дощечке) больше 80% рабочей смены, другой с помощью лопаток снимает окислы, работая стоя. Труд при этой операции можно охарактеризовать как монотонный. Через 15 минут работы физиологические показатели у плавильщиков на розливе и на снятии окислов соответственно имели следующие значения: ЧСС – $116,1 \pm 1,2$ и $95,8 \pm 3,1$ уд/мин; МОД – $20,1 \pm 3,1$ и $17,3 \pm 1,8$ л/мин, энерготраты – $5,95 \pm 0,7$ и $3,85 \pm 0,5$ ккал/мин (табл.2).

Необходимо отметить, что согласно проведенной СОУТ, на всех рабочих местах выше перечисленных профессий класс условий труда по тяжести труда оценен как 3.1. Согласно нашим исследованиям, тяжесть труда у плавильщиков рафинировочных котлов и плавильщиков РТП характеризуется классами 3.3 и 3.2 соответственно, тяжесть труда остальных профессий – классом 3.1, при этом эргономическая оценка подтверждается результатами физиологических исследований. Стоит подчеркнуть, что исследования выявили преобладание статической нагрузки над динамической, последняя снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний посредством активации различных физиологических и метаболических механизмов. Подобная физическая нагрузка совместно с воздействием шума, вибрации и нагревающего микроклимата не имеет кардиопротективного эффекта, а наоборот может способствовать развитию дегенеративных изменений ССС, что влечет за собой риск возникновения сердечно-сосудистой патологии.

Выводы:

1. Физиолого-эргономическая оценка труда рабочих свинцового производства позволяет в целом представить его как тяжелый, оцениваемый 3-м классом тяжести. Наиболее тяжелый труд в условиях нагревающего климата отмечен у плавильщиков на участке рафинировочных котлов, который оценивается 3-й степенью, 3-го класса по тяжести.

2. Основными неблагоприятными факторами тяжести труда являются масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, статическая нагрузка при работе с ручным инструментом, время нахождения в позе стоя или неудобном положении тела

3. Исследование физиологических сдвигов при трудовой деятельности рабочих позволило определить физиологическую стоимость основных трудовых операций. У плавильщиков рафинировочных котлов среднесменные показатели ЧСС превышают нормативные значения, у плавильщиков рудно-термической печи

выявлено наличие операции, сопровождающейся ЧСС, превышающей рекомендуемый максимально разовый (пиковый) уровень.

4. Физиолого-эргономическая оценка труда рабочих основных профессий позволяет более точно определить класс условий труда, по сравнению с ранее проведенной на предприятии СОУТ, что имеет немаловажное значение при дальнейшей оценке риска как на групповом, так и индивидуальном уровне.

Список литературы:

1. Крушельницкая Я.В. Физиология и психология труда / Я.В. Крушельницкая: Учебник – М.: Финансы и статистика, 2003. – 367 с.
2. Мишина Е.А. Оценка условий труда и здоровья рабочих, занятых в производстве черновой меди / Е.А. Мишина // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9. – С. 99.
3. Оценка тяжести труда и его физиологическое нормирование: Методические рекомендации / Сост.: В.В. Розенблат, Ю.Г. Солонин, С.Б. Масленцева, З.М. Кузнецова. – Свердловск: Свердл. НИИ гигиены труда и профзаболеваний, 1975. – 21 с.
4. Оценка индивидуального профессионального риска нарушений здоровья при трудовых процессах и управление этим риском на основе физиолого-эргономических исследований / Сост.: С.Л. Устьянцев, О.Ф. Рослый, А.С. Константинов и др. – Екатеринбург, 2009. – 33 с.
5. Технологическая инструкция. Производство свинца: ТИ 00194429-8103-02-2014. – Утв. гл. инженером ОАО «Уралэлектромедь» А.А. Королевым от 29.12.2014.
6. Федорук А.А. Гигиеническая характеристика производства свинца из вторичного сырья / А.А. Федорук // Гигиенические проблемы охраны здоровья городского населения на современном этапе: Сб. науч.-практ. работ. – Екатеринбург, 2002. – С. 177-180.

Поступила/Received: 06.04.2018

Принята в печать/Accepted: 19.05.2018