

УДК 613.64:616.717-057

ОЦЕНКА РИСКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ РУК, СВЯЗАННОГО С ДИНАМИЧЕСКИМИ, СТАТИЧЕСКИМИ УСИЛИЯМИ И ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИЕЙ

© 2012 г. Г. А. Сорокин, Н. М. Фролова

Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья,
г. Санкт-Петербург

Заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем, в частности верхних конечностей, встречаются во всех профессиях физического труда и занимают в структуре профессиональных заболеваний одно из ведущих мест [5]. Термины «заболевание от накопленных травм» (cumulative trauma disorders) и «неспецифические нарушения двигательного аппарата руки» (nonspecific work-related upper extremity disorders) являются наиболее часто используемыми диагностическими категориями для обозначения всех заболеваний верхних конечностей, которые могут быть вызваны повторяющейся нагрузкой на руку. Основные факторы риска этих заболеваний, представляющих собой разнородную в клиническом отношении, но единую по этиологии группу заболеваний периферической нервной системы и многочисленные хирургические заболевания, известны давно. К ним относят: величину усилий, частоту, характер и амплитуду движений руки, рабочую позу, интенсивность труда, стаж работы [1]. Оценка экспозиции, то есть установление правил интегрирования указанных показателей физической нагрузки и режима труда, которые необходимо предварительно количественно описать, остается ключевой проблемой в эпидемиологических исследованиях нарушений опорно-двигательного аппарата [14]. В гигиенической классификации труда Р.2.2.2006-05 [8] даны нормативы частных показателей физической нагрузки на руки (количество движений локального и регионального типов, перемещаемая масса груза, динамическая нагрузка, статические усилия). На практике же почти всегда рабочие приемы состоят из разнообразных трудовых движений локального и регионального типов с различными амплитудами, с динамическими и статическими усилиями. Кроме того, в классификации отсутствуют нормативы интенсивности труда, являющейся одним из главных факторов риска перенапряжения организма работающих в целом [4, 9] и рук в частности [11, 12]. При использовании вибрирующего ручного инструмента, при работе на некоторых видах станочного оборудования (шлифовка, полировка) указанные факторы риска функционального перенапряжения рук отягощаются локальной вибрацией.

Повреждение механизмов регуляции движений, сенсорных функций и мотонейронов, кровеносных сосудов, мышечных волокон, соединительной и костной ткани происходит постепенно и затрагивает в той или иной мере все элементы всех звеньев двигательного аппарата руки. У большинства лиц с заболеванием рук от перенапряжения характерно сочетание двух, трех и более диагнозов [1, с. 158]. При физиологическом нормировании указанных факторов риска вполне обосновано использование интегральных оценок нарушений двига-

На примере работ по шлифовке металлических изделий на станках и ручным инструментом излагается метод выявления и прогнозирования риска (Р) функционального перенапряжения рук, связанного с динамическими и статическими усилиями, сочетающимися с воздействием локальной вибрации. Показателем риска является индекс суставных болей рук (ИСБ), который обобщает количество локализаций, частоту и выраженность болей. Стажевая динамика ИСБ и Р прогнозируется на основе интегральной оценки утомительности комплексов трудовых движений, режима труда и уровня локальной вибрации.

Ключевые слова: физическая нагрузка, режим труда, локальная вибрация, заболевания рук от функционального перенапряжения.

тельного аппарата руки, например, «количество звеньев двигательного аппарата руки, в которых отмечаются различные нарушения», без уточнения вида и локализаций заболевания [13]. Целью настоящей работы была оценка риска заболеваний рук от функционального перенапряжения у шлифовщиков, занятых обработкой на станках и ручным инструментом металлических деталей разного веса и формы (турбинных лопаток).

Методы

Обследовались шлифовщики, выполняющие шлифовально-полировальную обработку турбинных лопаток на стационарных станках абразивными кругами сухим способом, которые подвергаются сочетанному воздействию таких вредных производственных факторов, как локальная вибрация, шум, пыль корунда, статические и динамические мышечные нагрузки. Исследования проводились на двух производственных участках – паровых и газовых лопаток. На участке паровых лопаток чаще обрабатывались тяжелые изделия, требующие больших мышечных усилий, чем на участке газовых лопаток. Кроме того, на этом участке в случае особо тяжелых изделий использовался ручной шлифовальный инструмент.

Для оценки риска заболеваний рук использовалась методическая разработка Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья [6], в которой в качестве нормируемого показателя риска применялся индекс суставных болей рук (ИСБ) [11]:

$$ИСБ \text{ (балл)} = К \times Ч \times В, \quad (1)$$

где К – количество локализаций, в которых отмечается боль в руках (плечевой, локтевой, лучезапястный суставы, суставы кисти, суставы пальцев), Ч изменялся от 0 до 10 для обеих рук (от 0 до 5 для одной руки); Ч – частота болей (1 – нерегулярно, 2 – регулярно, 3 – постоянно); В – выраженность болей (1 – тупые, 2 – острые).

Индекс суставных болей рук определялся двумя способами: эмпирически по данным анамнестического обследования работников (формула 1) и расчетным способом по данным анализа трудового процесса (моментный хронометраж, видеосъемка):

$$ИСБ \text{ (балл)} = УКД \times УРТ \times ГФВ \times Ст, \quad (2)$$

где УКД – показатель утомительности комплекса трудовых движений и усилий, балл; УРТ – показатель утомительности режима труда, отн. ед.; ГФВ – коэффициент использования годового фонда рабочего времени (от 0 до 1), отн. ед.; Ст – стаж работы, лет.

УКД показывает изменение ИСБ за один год у рабочего средней физической работоспособности при следующих нормальных параметрах режима

труда: продолжительность рабочего дня (ПРД) = 8 ч; продолжительность рабочей недели (ПРН) = 40 ч, среднесменный темп трудовых действий (Тсм) = 1, полное использование годового фонда рабочего времени ГФВ = 1. Величина ИСБ' = УКД × УРТ характеризует интегральную оценку нагрузки на руки и указывает на величину среднего прироста ИСБ за один год стажа. Для движений рук УКД рассчитывается по формуле:

$$УКД \text{ (балл/год)} = \sum Ki \times Ti, \quad (3)$$

где Ti – количество движений i-го типа в комплексе трудовых действий, в тысячах за рабочий день; Ki – коэффициенты, учитывающие утомительность движений i-го типа (годовой прирост ИСБ, табл. 1). Утомительность статических усилий оценивается по табл. 2. Величина годового роста ИСБ при воздействии на руки локальной вибрации прогнозируется по табл. 3. При выполнении трудовых действий в условиях воздействия вибрации интегральная нагрузка на руки ИСБ' определяется как сумма из двух компонентов – ИСБ'1 (обусловлена утомительностью динамических и статических мышечных усилий, УКД) и ИСБ'2 (обусловлена вибрацией).

Таблица 1
Годовой рост индекса суставных болей при выполнении одной рукой движений различных типов (в расчете на 1 тысячу движений за смену и 240 тысяч за год)

Тип	Описание типа движений	Коэффициент Ki (ИСБ', балл/год)		
		Амплитуда движения		
		До 50 см	Более 50 см	
T1	Движения пальцев и кистей рук с усилиями менее 0,1 кг (манипулятивные микроэлементы работы)	0,0017	0,0025	
T2	Движения предплечий и плеч с усилиями менее 0,1 кг и амплитудой более 10 см (позиционные микроэлементы работы)	0,0025	0,0033	
T3	Движения 1-го и 2-го типов с усилиями 0,1–0,3 кг	0,0042	0,0058	
T4	Движения 1-го и 2-го типов с усилиями 0,3–1,0 кг	Женщины	0,0083	0,0117
		Мужчины	0,0058	0,0083
T5	Движения 1-го и 2-го типов с усилиями 1,0–3,0 кг	Женщины	0,025	0,035
		Мужчины	0,017	0,023
T6	Движения 2-го типа с усилиями 3,0–6,0 кг	Женщины	0,075	0,105
		Мужчины	0,050	0,075
T7	Движения 2-го типа с усилиями 6,0–9,0 кг	Женщины	0,22	0,31
		Мужчины	0,14	0,22
T8	Движения 2-го типа с усилиями 9,0–15,0 кг	Женщины	0,6	0,7
		Мужчины	0,4	0,5

Таблица 2

Годовой рост индекса суставных болей при статической нагрузке на руку (в расчете на 1 час ежедневной нагрузки и 240 часов за год)

Положение руки	Масса удерживаемого груза, кг	Коэффициент К _г (ИСБ [*] , балл/год)
Пальцы и кисть руки вытянуты вперед, находятся ниже уровня плеч в оптимальной зоне, менее 40 см от туловища; рука (предплечье) «на весу», без упора, устраняющего статическую нагрузку.	Отсутствует или менее 0,1	0,008
	0,1–0,3	0,02
	0,31–1,0	0,07
	1,1–3,0	0,2
	3,1–6,0	0,6
Пальцы и кисть руки вытянуты вперед, находятся на уровне или ниже уровня плеч вне оптимальной зоны, более 40 см от туловища; рука (предплечье) «на весу», без упора, устраняющего статическую нагрузку.	Отсутствует или менее 0,1	0,016
	0,1–0,3	0,03
	0,31–1,0	0,1
	1,1–3,0	0,3
Предплечье, пальцы и кисть руки находятся выше уровня плеч; рука (предплечье) «на весу», без упора, устраняющего статическую нагрузку.	Отсутствует или менее 0,1	0,016
	0,1–0,3	0,03
	0,31–1,0	0,1
	1,1–3,0	0,3

Таблица 3

Годовой прирост индекса суставных болей рук (ИСБ^{*}) при воздействии локальной вибрации различной продолжительности и интенсивности

Виброускорение*, м/с ² (дБ)	Ежедневное воздействие, часов за смену					
	0,25	0,5	1	2	4	8
1 (120)	0,023	0,035	0,046	0,069	0,089	0,136
2 (126)	0,046	0,069	0,089	0,126	0,177	0,252
4 (132)	0,089	0,126	0,177	0,252	0,358	0,515
8 (138)	0,177	0,252	0,358	0,515	0,715	1,03

Примечание. * – допустимое значение виброускорения 2 м/с² (эквивалентно-корректированное значение).

Утомительность режима труда (УРТ) определяется по табл. 4 как отношение продолжительности состояния усталости (по ходу рабочей смены и после её окончания) при фактических параметрах ПРД, ПРН, Тсм к продолжительности состояния усталости при Тсм = 1, ПРД=8 часов и ПРН = 40 часов [17]. Показатель физиологической интенсивности труда Тсм определяется как производное плотности и темпа трудовых действий [9, 17].

Исходя из величины диапазона индивидуальных различий физической работоспособности 1 : 3 рассчитывается риск заболеваний рук от функционального перенапряжения (вероятность превышения граничного значения ИСБ_{гр}):

$$P (\%) = 100 \times (1,5 \times \text{ИСБ} - \text{ИСБ}_{\text{гр}}) / \text{ИСБ}. \quad (4)$$

Граничные значения индекса суставных болей для одной и обеих рук установлены на уровне ИСБ, наблюдавшегося у работников с профессиональными заболеваниями верхних конечностей от функционального перенапряжения. Для одной руки ИСБ_{гр} = 4 балла; для обеих рук ИСБ_{гр} = 8 баллов.

Проанализированы данные периодических медицинских осмотров двух возрастных групп шлифовщиков-мужчин: первая группа – возраст до 40 лет (14 человек), средние значения возраста и стажа шлифовки 32,0 и 6,3 года соответственно; вторая группа – возраст старше 40 лет (13 человек), средние значения возраста и стажа шлифовки 49,5 и 21,0 года. В качестве контрольных групп были взяты работники-мужчины соответствующего возраста и работающие на этом же предприятии в допустимых условиях труда. Определялся показатель утомления (У), характеризующий вероятность ухудшения работоспособности и функционального

Таблица 4

Продолжительность состояния усталости и утомительность режима труда при различной его интенсивности и продолжительности

Интенсивность труда (Тсм)	Продолжительность рабочего дня, час	Рабочая неделя 32 часа		Рабочая неделя 40 часов		Рабочая неделя 48 часов	
		ЧУ	УРТ	ЧУ*	УРТ	ЧУ	УРТ
Тсм = 0,6	6	<5	0,0	<5 (<1)	0,0	<5	0,0
	8	<5	0,1	<5 (<1)	0,1	6	0,3
	10	8	0,4	10 (2)	0,5	12	0,5
	12	16	0,7	20 (4)	0,9	26	1,2
Тсм = 0,8	6	<5	0,1	<5 (<1)	0,1	6	0,3
	8	8	0,4	10 (2)	0,5	12	0,5
	10	16	0,7	20 (4)	0,9	26	1,2
	12	25	1,1	35 (7)	1,6	46	2,1
Тсм = 1,0	6	8	0,4	10 (2)	0,5	12	0,5
	8	17	0,8	22 (4,5)	1,0	29	1,3
	10	32	1,5	45 (9)	2,0	63	2,9
	12	63	2,9	90 (18)	4,1	>120	5,7
Тсм = 1,2	6	17	0,8	22 (4,5)	1,0	29	1,3
	8	32	1,5	45 (9)	2,0	63	2,9
	10	63	2,9	90 (18)	4,1	>120	5,7
	12	120	5,5	>120 (>24)	8,2	>120	11,06

Примечание. * – часы усталости: продолжительность состояния усталости, часов в неделю (в скобках – за сутки).

состояния организма человека в конце рабочего дня [3]. Изучались данные самооценки шлифовщиками степени влияния на утомление отдельных производственных факторов по шкале: 0 – не влияет; 1 – небольшое; 2 – умеренное; 3 – сильное. В соответствии с методикой [7] проводилась оценка профессионального риска по данным учета за пять лет случаев профессиональной заболеваемости на предприятии.

Результаты

По регламенту длительность рабочего дня у всех шлифовщиков была 7,5 часа (без учета 40 мин на обеденный перерыв) и состояла из 6,5 часа оперативной работы и одного часа регламентированных перерывов для отдыха. По данным моментных наблюдений в структуре оперативного времени активные действия (операции шлифовки, контроля качества шлифовки, смена изделия) составили 4,0–4,2 часа в смену при работе на шлифовальных станках и 2,7 часа при работе с ручным инструментом («бормашинкой»). Остальную часть оперативного времени составляли нерегламентированные паузы отдыха и периоды пассивного ожидания. По данным видеосъемки, время, в течение которого непосредственно обрабатываются изделия и на работника действует локальная вибрация, составило от 2,4 до 3,1 часа за смену в зависимости от вида изделий и выполняемых операций.

В табл. 5 приведены расчеты годового прироста ИСБ' (суставы одной руки) у шлифовщика при выполнении различных производственных операций. В табл. 6 дан расчет интегральной нагрузки на руки с учетом фактического режима труда, наблюдаемого при выполнении указанных операций. У большинства шлифовщиков обычно идет чередование вида и массы изделий по ходу рабочей недели. В табл. 7 приведены данные о средневзвешенной величине ИСБ'₁ и ИСБ'₂ у шлифовщиков различных производственных участков, а на рис. 1 представлены данные прогноза по формуле 4 стажевой динамики риска заболеваний рук от функционального перенапряжения.

Таблица 5

Расчет годового прироста индекса суставных болей при выполнении различных операций шлифовки-полировки в условиях режима УРТ = 1

Элементы операции, Э _i	Суммарная длительность элемента за смену В _i , час	Утомительность комплексов трудовых движений при выполнении элемента Э _i в течение 1 часа	Утомительность комплексов трудовых движений при выполнении элемента Э _i в течение В _i , часов УКД=Э _i ×В _i
Шлифовка «внутренней полки» лопаток массой 0,2 кг			
Шлифовка	2,7	0,02	0,053
Контроль	0,8	0,02	0,016
Смена лопатки	0,3	0,01	0,003
Прочие действия	0,2	0,01	0,002
Вся операция	ИСБ' = 0,075		
Шлифовка профиля лопаток массой 1,05 кг			
Шлифовка	2,9	0,07	0,206
Контроль	0,4	0,03	0,012
Смена лопатки	0,3	0,02	0,005
Прочие действия	0,4	0,02	0,008
Вся операция	ИСБ' = 0,231		
Шлифовка всей поверхности лопатки массой 10,5 кг			
Шлифовка	2,7	0,6	1,638
Контроль	0,6	0,1	0,060
Смена лопатки	0,9	0,02	0,017
Вся операция	ИСБ' = 1,715		
Шлифовка лопаток с помощью бормашинки массой 4,2 кг			
Шлифовка	2,4	0,6	1,463
Перемещение бормашинки и контроль	0,2	0,1	0,017
Перемещение лопатки	0,1	0,02	0,002
Вся операция	ИСБ' = 1,482		

Таблица 6

Расчет интегральной оценки физической нагрузки на руки у шлифовщиков при выполнении различных операций

Операция	Суммарное время всех элементов операции за смену В _{оп} , час	Плотность рабочего времени П=(В _{оп} +1*)/8 (час)	Темп трудовых действий ⁺ Т	Физиологическая интенсивность труда Т _{см} = П×Т	УРТ	УКД	Интегральная оценка нагрузки на руки ИСБ'=УКД×УРТ, в расчете на одну руку
Шлифовка лопаток массой 0,2 кг	4,0	0,63	1,2	0,75 (пониженная)	0,8	0,075	0,060
Шлифовка профиля лопаток массой 1,05 кг	4,0	0,63	1,2	0,75 (пониженная)	0,8	0,231	0,185
Шлифовка всей поверхности лопатки массой 10,5 кг	3,7	0,59	1,0	0,59 (низкая)	0,7	1,463	1,024
Шлифовка лопаток с помощью бормашинки массой 4,2 кг	2,7	0,34	1,3	0,60 (низкая)	0,7	1,482	1,037

Примечания: * – 1 час время подготовительно-заключительной работы и работы по обслуживанию рабочего места; ⁺ – шкала оценки темпа: 0,8 – пониженный, 1 – нормальный, 1,2 – повышенный, 1,4 – высокий.

Таблица 7

Нагрузка на руки у шлифовщиков на разных производственных участках, при режиме труда: ПРД = 8 ч, ПРН = 40 ч, Тсм = 1

Участок	Нагрузка, связанная с мышечными усилиями					Средне-невзвешенное значение ИСБ' ₁	Нагрузка, связанная с вибрацией			Средне-невзвешенное значение ИСБ' ₂	Общая нагрузка на руки ИСБ' = ИСБ' ₁ + ИСБ' ₂
	Масса удерживаемого и перемещаемого при шлифовке изделия						Виброускорение, эквивалентное скорректированное				
	До 1 кг	1–2 кг	2–3 кг	3–6 кг	Более 6 кг		<1 м/с ²	1 м/с ²	2 м/с ²		
	Нагрузка без изменения в течение года массы, ИСБ'						Нагрузка без изменения вибрации				
	0,06	0,18	0,51	0,7	1,02		0	0,14	0,25		
Распределение объема работ (годового фонда рабочего времени)						Распределение рабочего времени					
Газовых лопаток	40 %	30 %	20 %	10 %	0 %	0,25	42	47	11	0,09	0,34
Мелких паровых лопаток	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0,12	37	25	38	0,13	0,25
Крупных паровых лопаток	0 %	25 %	25 %	25 %	25 %	0,60	45	25	30	0,11	0,71

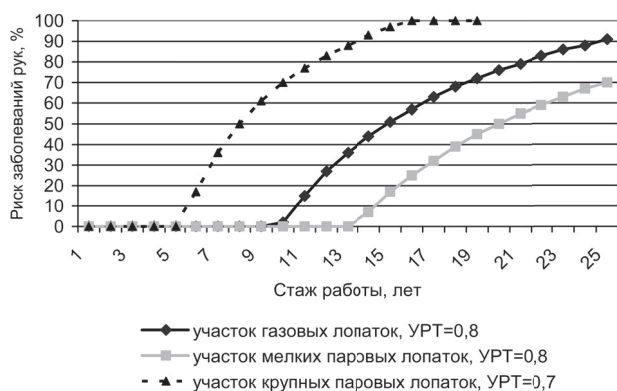


Рис. 1. Риск заболеваний рук шлифовщика от перенапряжения в зависимости от стажа работы на различных производственных участках

По данным регулярного производственного контроля, эквивалентное скорректированное значение виброускорения на шлифовальных станках обработки мелких лопаток в 40 % случаев была менее 1 м/с², в 30 % – 1 м/с², в 20 % – 2 м/с², в 10 % – 4 м/с². На рис. 2 показана стажевая динамика риска заболеваний рук от перенапряжения при постоянной работе на станках с разным уровнем вибрации.

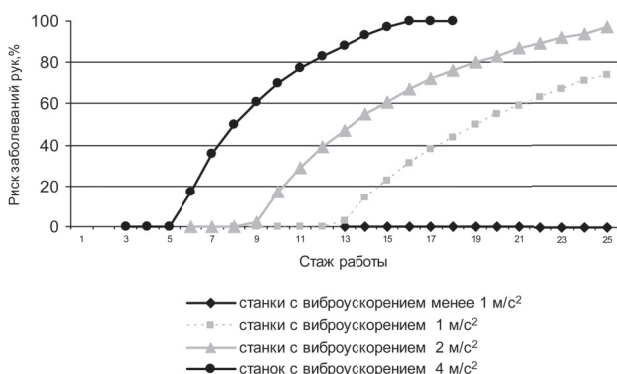


Рис. 2. Стажевая динамика риска заболеваний рук от перенапряжения у шлифовщиков участка мелких лопаток при работе на станках с различным уровнем локальной вибрации при режиме труда УРТ = 0,8

Величины показателя функционального перенапряжения рук у шлифовщиков с разным стажем работы, по анамнестическим данным, представлены на рис. 3. Стаж работы шлифовщиком до появления суставных болей составил от 1 до 18 лет, в среднем 8 лет. Такие большие различия обусловлены как индивидуальной работоспособностью (включая приёмы работы, в т. ч. более эффективное выравнивание поверхности абразивных дисков для снижения уровня локальной вибрации), так и вышеуказанными различиями профессиональной нагрузки на руки.

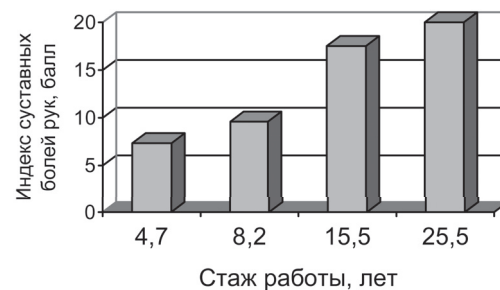


Рис. 3. Величина показателя функционального перенапряжения рук – индекса суставных болей обеих рук у шлифовщиков с различным стажем работы

В течение 5-летнего периода наблюдений за 34 шлифовщиками установлено 4 случая вибрационной болезни. Индекс K_p (частота профессиональной заболеваемости) для вибрационной болезни составил: $4 / 34 = 0,12$. Категория распространенности риска $K_p = 1$ [12]. Категория тяжести профессиональной вибрационной болезни составила $K_r = 3$. Индекс профессиональной заболеваемости:

$$I_{пз} = 1 / (K_p \times K_r) = 1 / (1 \times 3) = 0,33$$

Величина $I_{пз} = 0,33$ свидетельствует о высоком (непереносимом) профессиональном риске [12].

В табл. 8 и 9 представлены данные, характеризующие степень утомления шлифовщиков разных производственных участков в конце рабочего дня.

Таблица 8
Определение интегрального показателя острого утомления шлифовщиков

Показатель утомления	Группа шлифовщиков на производственных участках		
	Газовые лопатки	Паровые лопатки раз-ной массы	Тяжелые лопатки
Мышечная сила и выносливость, У1	6	18	67
Тремор и координация движений рук, У2	-3	-10	43
Сердечно-сосудистая и дыхательная системы, У3	21	4	42
Время зрительно-двигательной реакции с выбором	-12	17	50
Интегральный показатель утомления $U=(U1+U2+U3)/3$	4	7	51
Степень острого утомления	Отсутствует	Отсутствует	Повышенная

Примечание. Шкала оценки показателя утомления У: небольшое утомление 10–25; умеренное 26–40; повышенное 41–55; недопустимо высокое – более 55.

Таблица 9
Показатели самочувствия шлифовщиков по ходу рабочего дня

Показатель	Группа шлифовщиков на производственных участках					
	Газовые лопатки		Паровые лопатки		Тяжелые лопатки	
	Точка замера		Точка замера		Точка замера	
	в начале смены	в конце смены	в начале смены	в конце смены	в начале смены	в конце смены
Общая усталость	0,50	2,00	0,17	1,75	0,33	2,00
Общее напряжение	0,13	0,63	0,50	1,50	1,67	2,33
Головная боль	0,00	0,75	0,00	0,33	1,33	1,33
Тяжесть в голове	0,13	0,75	0,25	1,08	1,00	1,33
Шум в ушах	0,25	0,63	0,42	0,67	0,17	0,67
Усталость глаз	0,75	1,00	0,58	1,42	0,33	1,00
Усталость рук	0,88	1,94	0,50	1,75	0,67	2,17
Усталость ног	0,75	0,88	0,67	1,50	2,00	2,67
Усталость спины	0,00	0,63	0,75	1,50	0,67	2,00

Примечание. Шкала самооценки усталости: 0 – отсутствует; 1 – небольшая; 2 – умеренная; 3 – большая.

По данным самооценки шлифовщиками степени влияния на их утомление отдельных факторов условий труда установлена следующая очередность: физическая нагрузка на руки (2,44 балла); запыленность воздуха (2,44); психическое напряжение (оценка и нормирование труда, организационные факторы 2,33); вибрация (2,33); нагрузка на спину (2,11); неблагоприятный микроклимат (2,11); зрительное напряжение (1,89); шум (1,89); неравномерность

нагрузки по дням и неделям (1,89); нагрузка на ноги (1,78); напряженность мышц шеи (1,56).

По данным периодических медосмотров, частота заболеваний рук (артрозы, артриты, невриты) в первой и второй возрастных группах шлифовщиков составила ($M \pm m$): $(14,3 \pm 7,5)$ и $(46,2 \pm 12,5)$ % соответственно; заболеваний позвоночника (радикулит, остеохондроз) в первой группе $(21,4 \pm 9,9)$ %, во второй не было выявлено. Частота заболеваний и функциональных нарушений органа слуха в возрастных группах шлифовщиков составила $(14,3 \pm 7,5)$ и $(23,1 \pm 10,0)$ %; органа зрения – $(28,6 \pm 11,1)$ и $(53,8 \pm 12,4)$ %.

Обсуждение результатов

У шлифовщиков физическая нагрузка на руки носит преимущественно характер статического мышечного напряжения – удержание турбинной лопатки на весу с дополнительным усилием по прижиманию её к абразивному кругу. При статической нагрузке решающее значение для утомительности работы имеет величина пауз между трудовыми действиями, которая должна кратно превышать длительность статических усилий [16]. Основной причиной риска функционального перенапряжения является утомительность статической нагрузки на руки, при обработке мелких изделий по показателю ИСБ этиологическое значение статического мышечного напряжения и локальной вибрации одинаковы (см. табл. 7). Безопасный стаж, при котором у шлифовщиков индекс суставных болей с вероятностью 95 % не превысит граничного уровня ИСБгр, варьирует от 3 до 23 лет в зависимости от утомительности комплексов трудовых действий, различающихся на участках производства (см. рис. 1). В условиях существующего режима труда при постоянной обработке одних и тех же мелких паровых лопаток на шлифовальных станках с уровнем виброускорения менее 1 м/с^2 риск функционального перенапряжения рук отсутствует. При увеличении виброускорения с 1 до 4 м/с^2 безопасный стаж работы сокращается с 25 лет соответственно до 10 и 6 лет (см. рис. 2).

По данным анамнестического обследования всей группы шлифовщиков, прирост ИСБ рук за один год стажа составляет 0,8–1,5 балла для суставов обеих рук (см. рис. 3) или 0,4–0,75 балла для суставов одной руки. Эти эмпирические данные близки к расчетным величинам ИСБ, полученным на основе анализа утомительности комплексов трудовых движений шлифовщиков, сочетающихся с воздействием локальной вибрации (см. табл. 7).

При шлифовке-полировке на станках изделий весом до 3 кг изменения показателей утомления различных физиологических систем свидетельствуют об отсутствии острого утомления или о небольшой его величине. Низкие величины интегрального показателя утомления 4–7 баллов (см. табл. 8) свидетельствуют о том, что существующий внутрисменный режим труда обеспечивает достаточно эффективную защиту от вредных производственных факторов этих групп

шлифовщиков. При шлифовке-полировке более тяжелых изделий в конце смены у работников выявлены повышенные и высокие уровни утомления как отдельных физиологических систем, так и организма в целом (см. табл. 8). В этих случаях, несмотря на то, что физиологическая интенсивность труда ниже (см. табл. 6) и количество перерывов и пауз больше, чем при работе с легкими изделиями, не обеспечивается достаточная защита от большого утомления к концу смены. Данные о частоте субъективных симптомов утомления в группах шлифовщиков, отмечаемых в конце рабочего дня, согласуются с объективными характеристиками их функционального состояния (см. табл. 9).

Распространенность среди шлифовщиков заболеваний опорно-двигательного аппарата верхних конечностей, выявленная при медицинских осмотрах, многократно превышает уровень, наблюдаемый у мужчин, профессия которых не связана со значимой нагрузкой на руки. Годовой прирост риска заболеваний рук у шлифовщиков составил 2,2 % за один год работы шлифовщиком, что в 15–20 раз выше естественного возрастного тренда частоты этих заболеваний у населения [2, 10]. Отсутствие заболеваний позвоночника в старшей возрастной группе шлифовщиков свидетельствует о том, что низкая физиологическая интенсивность труда по ходу рабочей смены в полной мере обеспечивает защиту временем от профессионального риска, связанного с вынужденной рабочей позой шлифовщика в момент обработки деталей на абразивном круге. Средний годовой прирост риска нарушений слуха у шлифовщиков 0,6 %. Можно полагать, что существующий внутрисменный режим отдыха и средства индивидуальной защиты компенсируют вредное действие интенсивного шума, периодически возникающего во время шлифовки изделия. Средний годовой прирост риска зрительных нарушений у шлифовщиков составил 1,7 % в год, что в 3–4 раза выше темпа возрастных изменений риска у работников профессий без зрительной нагрузки и опасностей зрительных повреждений [10]. Таким образом, у шлифовщиков степень уязвимости органа зрения многократно меньше, чем двигательного аппарата рук, но больше, чем органа слуха.

Предложенный метод анализа и интегральной оценки нагрузки на руки обеспечивает возможность обосновывать организационно-технические решения по управлению риском заболеваний верхних конечностей от функционального перенапряжения, включая проектирование системы защиты временем, в том числе варианты с ограничением физиологической интенсивности труда и стажа работы. С позиции критерия риска заболеваний рук от функционального перенапряжения, используя поэлементный анализ трудового процесса, необходимо рассматривать количественно и совместно все формы защиты временем – внутрисменный режим рабочего дня, недели (продолжительность, плотность и темп трудовых

действий) и стаж работы. Для оценки риска заболеваний определенной мышечной группы и суставов необходима разработка более детального метода анализа нагрузки на отдельные звенья двигательного аппарата руки [15].

Список литературы

1. *Грацианская Л. Н., Элькин М. А.* Профессиональные заболевания конечностей от функционального перенапряжения. Л. : Медицина. 1984. 166 с.
2. Оценка профессионального риска по данным медицинских обследований работников / Гребеньков С. В., Сорокин Г. А., Фролова Н. М. // Медицина труда. Здоровье работающего населения: достижения и перспективы : материалы науч. конф. с междунар. участием. СПб., 2009. С. 49–52.
3. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде. М. : НИИ труда, 1990. 107 с.
4. *Матюхин В. В.* Актуальные проблемы физиологии труда // Медицина труда и промышленная экология. 1998. № 7. С. 8–14.
5. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году : государственный доклад. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 456 с.
6. Оценка риска возникновения профессиональных заболеваний и методы определения безопасного стажа работы при функциональном перенапряжении верхних конечностей : пособие для врачей / СЗНЦ гигиены и общественного здоровья. СПб., 2001. 48 с.
7. Профессиональный риск для здоровья работников : руководство / под ред. Н. Ф. Измерова и Э. И. Денисова. М., 2003. С. 23–28.
8. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда : руководство Р 2.2.2006-05.
9. *Сорокин Г. А.* Нормирование напряженности труда по его продолжительности, плотности и темпу // Медицина труда и промышленная экология. 2001. № 10. С. 28–32.
10. *Сорокин Г. А.* Утомление и профессиональный риск. СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2008. 368 с.
11. *Сорокин Г. А., Чубенко А. Е.* Изучение количественных характеристик причин функционального перенапряжения рук // Медицина труда и промышленная экология. 1995. № 11. С. 18–20.
12. *Сорокин Г. А., Барков Н. В.* О профессиональных заболеваниях рук от хронического перенапряжения // Охрана труда и социальное страхование. 2003. № 5. С. 57–62.
13. *Colombini D., Occhipinti E.* The application of the concise exposure index to repetitive movement tasks of the upper limbs in various production settings: preliminary experience and validation // Med. Lav. 1996 Nov-Dec. Vol. 87(6). P. 704–715.
14. In musculoskeletal epidemiology are we asking the unanswerable in questionnaires on physical load? // Scand. J. Work Environ. Health. 1999. Vol. 25(2). P. 81–83.
15. *Malchaire J. B., Cock N. A., Robert A. R.* Prevalence of musculoskeletal disorders at the wrist as a function of angles, forces, repetitiveness and movement velocities // Scand. J. Work Environ. Health. 1996 Jun. Vol. 22(3). P. 176–181.
16. Psychological Aspects and Physiological Correlates in Work and Fatigue. Springfield-Illinois. 1976, 435 p.

17. Sorokin G. A. Chronophysiological Study of Occupational Fatigue // *Human Physiology*. 2008. Vol. 34, N 6. P. 715–721.

References

1. Gratsianskaya L. N., El'kin M. A. *Professional'nye zabolovaniya konechnosti ot funktsional'nogo perenapryazheniya* [Occupational diseases of extremities caused by functional overstrain]. Leningrad, 1984, 166 p. [in Russian]
2. Greben'kov S. V., Sorokin G. A., Frolova N. M. *Meditsina truda. Zdorov'e rabotayushchego naseleniya: dostizheniya i perspektivy : materialy nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Occupational Medicine. Health of working population: achievements and perspectives (Proceedings of Scientific Conference with foreign participation)]. Saint Petersburg, 2009, pp. 49-52. [in Russian]
3. *Integral'naya otsenka rabotosposobnosti pri umstvennom i fizicheskom trude* [Integral estimation of working ability in intellectual and physical labor]. Moscow, 1990, 107 p. [in Russian]
4. Matyukhin V. V. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 1998, no. 7, pp. 8-14. [in Russian]
5. *O sanitarno-epidemiologicheskoi obstanovke v Rossiiskoi Federatsii v 2009 godu : gosudarstvennyi doklad* [Sanitary-epidemiological situation in Russian Federation in 2009 (State Report)]. Moscow, 2010, 456 p. [in Russian]
6. *Otsenka riska vozniknoveniya professional'nykh zabolovaniy i metody opredeleniya bezopasnogo stazha raboty pri funktsional'nom perenapryazhenii verkhnikh konechnosti : posobie dlya vrachei* [Assessment of occupational diseases risk and methods of determination of secure length of work in functional overstrain of upper extremities (Guide for physicians)]. Saint Petersburg, 2001, 48 p. [in Russian]
7. *Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotnikov (rukovodstvo)* [Occupational risk for employees' health (Guide)]. N. F. Izmerov, E. I. Denisov (eds.). Moscow, 2003, pp. 23-28. [in Russian]
8. *Rukovodstvo po gigienicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda* [Guide in hygienic assessment of working environment and labor process factors. Criteria and classification of working conditions] P 2.2.2006-05. [in Russian]
9. Sorokin G. A. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2001, no. 10, pp. 28-32. [in Russian]
10. Sorokin G. A. *Utomlenie i professional'nyi risk* [Fatigue and occupational risk]. Saint Petersburg, 2008, 368 p. [in Russian]
11. Sorokin G. A., Chubenko A. E. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 1995, no. 11, pp. 18-20. [in Russian]

12. Sorokin G. A., Barkov N. V. *Okhrana truda i sotsial'noe strakhovanie* [Labor protection and social insurance]. 2003, no. 5, pp. 57-62. [in Russian]

13. Colombini D., Occhipinti E. The application of the concise exposure index to repetitive movement tasks of the upper limbs in various production settings: preliminary experience and validation. *Med. Lav.* 1996 Nov-Dec, vol. 87(6), pp. 704-715.

14. In musculoskeletal epidemiology are we asking the unanswerable questions on physical load? *Scand. J. Work Environ. Health.* 1999, vol. 25(2), pp. 81-83.

15. Malchaire J. B., Cock N. A., Robert A. R. Prevalence of musculoskeletal disorders at the wrist as a function of angles, forces, repetitiveness and movement velocities. *Scand. J. Work Environ. Health.* 1996 Jun., vol. 22(3), pp. 176-181.

16. *Psychological Aspects and Physiological Correlates in Work and Fatigue*. Springfield-Illinois, 1976, 435 p.

17. Sorokin G. A. Chronophysiological Study of Occupational Fatigue. *Human Physiology*. 2008, vol. 34, no. 6, pp. 715-721.

ESTIMATION OF HAND FUNCTIONAL OVERSTRAIN RISK CONNECTED WITH DYNAMIC AND STATIC EFFORTS, LOCAL VIBRATION

G. A. Sorokin, N. M. Frolova

Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, Russia

In terms of works for grinding of metal products with machine and manual tools, a method of revealing and prediction of risk (R) of hand functional overstrain connected with dynamic and static efforts, combined with local vibration exposure has been stated. A risk indicator was the index of hand joint pains (IP) which generalized quantity of localizations, frequency and expressiveness of pains. Dynamics of IP and R during the years of work were predicted on the basis of an integrated estimation of fatigability of work movement complexes, a work regime and a level of local vibration.

Keywords: physical activity, work regime, local vibration, hands diseases caused by functional overstrain

Контактная информация:

Сорокин Геннадий Александрович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела гигиены ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 4

Тел.: 8 (812) 717-00-28

E-mail: nina-frolova@mail.ru