

Е.А. Панайотти, И.П. Данилов, Д.В. Суржигов

## ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ У РАБОТНИКОВ ТУРБИНЫХ ЦЕХОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

ФГБУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» СО РАМН (Новокузнецк)

*Проведена оценка риска возникновения заболеваний от воздействия общей вибрации на основе спектральной характеристики на рабочих местах турбинных цехов тепловых электростанций. Наиболее высокие средние эквивалентные уровни общей вибрации по виброускорению и виброскорости наблюдались на рабочих местах машинистов турбин Кузнецкой ТЭЦ и Западно-Сибирской ТЭЦ; у машинистов-обходчиков турбинного оборудования показатели были несколько ниже. На рабочих местах машинистов турбин самые высокие уровни риска возникновения синдромов болей в нижней части спины и вегетативно-сенсорной полиневропатии были зарегистрированы на Западно-Сибирской ТЭЦ и Южно-Кузбасской ГРЭС, несколько меньшие показатели наблюдались на Томь-Усинской ГРЭС и Кузнецкой ТЭЦ.*

**Ключевые слова:** тепловые электростанции, общая вибрация, виброускорение, виброскорость

## THE ESTIMATION OF RISK FOR DEVELOPMENT OF DISEASES DUE TO WHOLE-BODY VIBRATION EXPOSURE IN THE WORKERS OF TURBINE SHOPS OF THERMAL POWER STATIONS

E.A. Panaiotti, I.P. Danilov, D.V. Surzhikov

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases SB RAMS, Novokuznetsk

*The estimation of risk for development of diseases due to whole body vibration exposure on the basis of spectral characteristics at the workplaces in turbine shops of thermal power stations was carried out. The highest average equivalent levels of whole-body vibration by speeding up of vibration and vibration velocity were observed at the workplaces of turbine machinists of Kuznetsk Thermal Power Station and the Western-Siberian Thermal Power Station; in the machinists-inspectors of turbine equipment the indicators were a little bit lower. At the workplaces of turbine machinists the highest levels of risk for backache in the lower part and autonomic sensory polyneuropathy syndromes development were registered at the Western-Siberian Thermal Power Station and the Southern-Kuzbass Thermal Power Station, little smaller indicators were observed at Tom-Usinsk Thermal Power Station and Kuznetsk Thermal Power Station.*

**Key words:** thermal power stations, whole-body vibration, speeding up of vibration, vibration velocity

Борьба с вибрацией на современном этапе технического прогресса приобретает все большую социальную и гигиеническую значимость. Это вызвано, с одной стороны, интенсификацией существующих технологических процессов, с другой — возрастающим внедрением во все отрасли хозяйства виброактивной техники, и в первую очередь ручных машин, парк которых в настоящее время насчитывает десятки миллионов единиц [8].

Длительное воздействие высоких уровней вибрации на организм человека приводит к преждевременному утомлению, снижению производительности труда, а зачастую к развитию профессиональной и росту общей заболеваемости и сопряжено со значительным социально-экономическим ущербом.

В настоящее время вибрационная патология занимает одно из первых мест в структуре профессиональной заболеваемости, при этом наиболее часто она развивается при воздействии вибрации, создаваемой ручными машинами, обрабатываемыми деталями, изделиями и др. [6].

Как правило, работающие подвергаются многофакторным воздействиям разных уровней, и сегодня не существует методов оценки биоло-

гической векторности и степени реального профессионального риска здоровью для конкретного рабочего места [5].

В современной литературе по проблемам медицины труда имеются единичные работы, посвященные изучению влияния комплекса факторов производственной и окружающей среды на состояние здоровья работающих на предприятиях теплоэнергетического комплекса, авторы которых указывают, что условия труда на ТЭЦ не отвечают гигиеническим требованиям и характеризуются наличием ряда неблагоприятных факторов производственной среды (нагревающего микроклимата, интенсивного шума, общей вибрации, загазованности, запыленности) [1, 3, 4].

Как показали исследования Ю.И. Кундиева с соавторами [7], уровни вибрации на большинстве рабочих участков основных цехов современных тепловых электростанций не превышают гигиенических нормативов. Превышение допустимых величин имеет место лишь на ограниченных участках турбинного отделения и тракта топливоподачи. Источниками интенсивной вибрации в турбинных отделениях являются генераторы, возбудители, питающие электронасосы. В турбинных отделениях

превышение колебательной скорости вибрации отмечено в зонах, примыкающих к местам крепления генераторов. Интенсивность возникающей здесь вибрации зависит от мощности оборудования, конструктивных особенностей агрегатов, характера монтажа и взаимного расположения генераторов и рабочих мест. Так, если маршрут движения машиниста-обходчика турбинного оборудования, работников других профессий проходит по полу, сделанному из металлических листов, на расстоянии 1 – 2 м от генератора, то вибрация, воздействующая на человека в этих условиях, значительно превышает допустимые уровни: при мощности турбогенераторов 300 МВт – в диапазоне частот 22 – 99 Гц в 6 – 8 раз, 200 мВт – в 4 раза, 60 – 100 мВт – в 2 – 3 раза [7].

**Цель настоящей работы** – спектральная характеристика уровней общей вибрации на рабочих местах и рисков возникновения вибрационной патологии у рабочих турбинных цехов тепловых электростанций юга Кузбасса.

Измерение вибрации на рабочих местах проводилось: интегрирующим виброметром 2513 «Брюль и Кьер» с диапазоном измерения ускорений 1 – 1000 м/с<sup>2</sup>, скорости 0,1 – 100 м/с; измерителем шума и вибрации ВШВ-003-М2 с пьезоэлектрически-

ми преобразователями ДН-3М1, ДН-4М1. Уровень вибрации измерялся в соответствии с «Методическими указаниями по проведению измерений и гигиенической оценке производственных вибраций» № 3911-85. Оценка производственной вибрации проводилась по санитарным нормам «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» (СН 2.2.4/2.1.8.566-96).

Как показали проведенные исследования, источниками интенсивной вибрации в турбинных отделениях тепловых электростанций юга Кузбасса также являются генераторы, возбудители, питающие электронасосы. Установлено, что эквивалентный уровень общей вибрации по виброускорению на рабочих местах машинистов турбин составил 105,8 дБ, допустимый показатель по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 был превышен на 5,8 дБ. Уровни виброускорения превышали соответствующие нормативы в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 6,3 Гц – на 1,2 дБ; 8,0 Гц – на 3,1 дБ; 10,0 Гц – на 3,4 дБ; 12,5 Гц – на 3,5 дБ; 16,0 Гц – на 3,8 дБ; 20,0 Гц – на 4,2 дБ; 25,0 Гц – на 4,4 дБ; 31,5 Гц – на 5,1 дБ; 40,0 Гц – на 4,6 дБ; 50,0 Гц – на 4,0 дБ; 63,0 Гц – на 3,2 дБ; 80,0 Гц – на 1,1 дБ (табл. 1). На рабочих местах машинистов-обходчиков турбинного оборудования эквивалентный уровень общей

**Таблица 1**  
**Спектральная характеристика уровней общей вибрации на рабочих местах турбинных цехов тепловых электростанций**

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Показатели общей вибрации по осям X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , Z <sub>0</sub> , дБ					
	Виброускорения			Виброскорости		
	На рабочих местах		ПДУ*	На рабочих местах		ПДУ*
	Машинистов турбин	Машинистов-обходчиков турбинного оборудования		Машинистов турбин	Машинистов-обходчиков турбинного оборудования	
1,6	87,5	85,3	99,0	79,5	77,6	105,0
2,0	88,3	86,5	98,0	81,3	79,2	102,0
2,5	89,7	87,6	97,0	83,4	81,5	99,0
3,15	90,2	88,3	96,0	84,5	82,4	96,0
4,0	92,1	90,4	95,0	86,3	84,2	93,0
5,0	94,6	92,6	95,0	86,8	84,7	91,0
6,3	96,2	94,2	95,0	87,1	85,0	89,0
8,0	98,1	96,0	95,0	88,6	86,5	87,0
10,0	100,4	98,2	97,0	90,4	88,5	87,0
12,5	102,5	100,4	99,0	92,5	90,4	87,0
16,0	104,8	102,7	101,0	93,4	91,2	87,0
20,0	107,2	105,1	103,0	94,5	92,5	87,0
25,0	109,4	107,4	105,0	95,7	93,7	87,0
31,5	112,1	110,2	107,0	96,7	94,8	87,0
40,0	113,6	111,5	109,0	97,5	95,6	87,0
50,0	115,0	113,0	111,0	96,6	94,7	87,0
63,0	116,2	114,2	113,0	94,1	92,0	87,0
80,0	116,1	114,0	115,0	92,5	90,6	87,0

**Примечание:** \* – ПДУ общей вибрации по виброскорости и виброускорению по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация жилых и общественных зданий».

вибрации по виброускорению составил 103,7 дБ, допустимый показатель по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 был превышен на 3,7 дБ, при этом уровни виброускорения превышали соответствующие нормативы в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 8,0 Гц — на 1,0 дБ; 10,0 Гц — на 1,2 дБ; 12,5 Гц — на 1,4 дБ; 16,0 Гц — на 1,7 дБ; 20,0 Гц — на 2,1 дБ; 25,0 Гц — на 2,4 дБ; 31,5 Гц — на 3,2 дБ; 40,0 Гц — на 2,5 дБ; 50,0 Гц — на 2,0 дБ; 63,0 Гц — на 1,2 дБ. Эквивалентный уровень общей вибрации по виброскорости на рабочих местах машинистов турбин составил 97,6 дБ, допустимый показатель по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 был превышен на 5,6 дБ. Уровни виброскорости превышали соответствующие нормативы в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 8,0 Гц — на 1,6 дБ; 10,0 Гц — на 3,4 дБ; 12,5 Гц — на 5,5 дБ; 16,0 Гц — на 6,4 дБ; 20,0 Гц — на 7,5 дБ; 25,0 Гц — на 8,7 дБ; 31,5 Гц — на 9,7 дБ; 40,0 Гц — на 10,5 дБ; 50,0 Гц — на 9,6 дБ; 63,0 Гц — на 7,1 дБ; 80,0 Гц — на 5,5 дБ.

На рабочих местах машинистов обходчиков турбинного оборудования эквивалентный уровень общей вибрации по виброскорости составил 95,5 дБ, допустимый показатель по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 был превышен на 3,5 дБ, причем уровни виброскорости превышали соответствующие нормативы в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 10,0 Гц — на 1,5 дБ; 12,5 Гц — на 3,4 дБ; 16,0 Гц — на 4,2 дБ; 20,0 Гц — на 5,5 дБ; 25,0 Гц — на 6,7 дБ; 31,5 Гц — на 7,8 дБ; 40,0 Гц — на 8,6 дБ; 50,0 Гц — на 7,7 дБ; 63,0 Гц — на 5,0 дБ; 80,0 Гц — на 3,6 дБ.

Наиболее высокие средние эквивалентные уровни общей вибрации по виброускорению и виброскорости наблюдались на рабочих местах машинистов турбин (104,5 и 96,4 дБ — на Кузнецкой ТЭЦ; 106,2 и 98,8 дБ — на Западно-Сибирской ТЭЦ; 104,8 и 97,2 дБ — на Томь-Усинской ГРЭС и 105,9 и 98,1 дБ — на Южно-Кузбасской ГРЭС), что превышало соответствующие ПДУ по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 на 4,5 и 4,4 дБ; 6,2 и 6,8 дБ; 4,8 и 5,2 дБ; 5,9 и 6,1 дБ соответственно (табл. 2). У машинистов-обходчиков турбинного оборудования средние эквивалентные уровни общей вибрации по виброускорению и ви-

броскорости составили 103,3 и 95,1 дБ — на Кузнецкой ТЭЦ; 102,7 и 94,8 дБ — на Западно-Сибирской ТЭЦ; 103,9 и 95,3 дБ — на Томь-Усинской ГРЭС и 104,3 и 96,2 дБ — на Южно-Кузбасской ГРЭС, соответствующие ПДУ по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 были превышены на 3,3 и 3,1 дБ; 2,7 и 2,8 дБ; 3,9 и 3,3 дБ; 4,3 и 4,2 дБ соответственно.

Определение уровней вибрации на рабочих местах тепловых электростанций позволило произвести расчет вероятности возникновения вибрационной патологии в зависимости от биологической дозы вибрации и стажа работы. В соответствии с клиническими данными НИИ МТ РАМН, полученными Н.Ф. Измеровым и Г.А. Суворовым [6], и результатами построения модели «доза-эффект» [2], были рассчитаны вероятности рисков синдромов А и Б, связанных с воздействием общей вибрации на рабочих местах турбинных цехов тепловых электростанций. Вероятности жалоб на боли в нижней части спины (синдром А) и синдрома вегетативно-сенсорной полиневропатии (синдром Б) были рассчитаны по формулам:

$$C_A = a^2 T / 4 (1),$$

$$C_B = (a^2 \sqrt{T}) / 2 (2),$$

где: С — вероятность синдрома А или Б, %; а — эквивалентное скорректированное ускорение, м/с<sup>2</sup>; Т — стаж работы, лет [5].

Как указано в таблице 3, на рабочих местах машинистов турбин самые высокие уровни риска возникновения синдромов А и Б были зарегистрированы на Западно-Сибирской ТЭЦ ( $4,27 \times 10^{-3}$  и  $1,71 \times 10^{-3}$ ) и Южно-Кузбасской ГРЭС ( $3,63 \times 10^{-3}$  и  $1,45 \times 10^{-3}$ ), несколько меньшие показатели наблюдались на Томь-Усинской ГРЭС ( $2,95 \times 10^{-3}$  и  $1,18 \times 10^{-3}$ ) и Кузнецкой ТЭЦ ( $2,46 \times 10^{-3}$  и  $9,82 \times 10^{-4}$ ).

На рабочих местах машинистов-обходчиков турбинного оборудования максимальные уровни риска возникновения синдромов А и Б наблюдались на Южно-Кузбасской ГРЭС ( $2,34 \times 10^{-3}$  и  $9,38 \times 10^{-4}$ ) и Томь-Усинской ГРЭС ( $1,91 \times 10^{-3}$  и  $7,62 \times 10^{-4}$ ), несколько меньшие показатели были зарегистриро-

**Таблица 2**  
Средние эквивалентные уровни СЭУ общей вибрации по виброускорению и виброскорости на рабочих местах турбинных цехов тепловых электростанций

Тепловые электростанции	Показатели общей вибрации по осям X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , Z <sub>0</sub> , дБ (M±m)					
	Виброускорения			Виброскорости		
	На рабочих местах		ПДУ*	На рабочих местах		ПДУ*
	Машинистов турбин	Машинистов-обходчиков турбинного оборудования		Машинистов турбин	Машинистов-обходчиков турбинного оборудования	
Кузнецкая ТЭЦ	104,5 ± 3,6	103,3 ± 3,1	100,0	96,4 ± 2,6	95,1 ± 2,5	92,0
Западно-Сибирская ТЭЦ	106,2 ± 3,4	102,7 ± 3,0	100,0	98,8 ± 2,5	94,8 ± 2,6	92,0
Томь-Усинская ГРЭС	104,8 ± 3,2	103,9 ± 2,9	100,0	97,2 ± 2,5	95,3 ± 2,4	92,0
Южно-Кузбасская ГРЭС	105,9 ± 3,5	104,3 ± 3,2	100,0	98,1 ± 2,4	96,2 ± 2,5	92,0

**Примечание:** \* — ПДУ общей вибрации по виброскорости и виброускорению по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация жилых и общественных зданий».

**Риски синдромов А и Б, связанных с воздействием общей вибрации на рабочих местах турбинных цехов тепловых электростанций**

Тепловые электростанции	Риски, связанные с воздействием общей вибрации на рабочих местах			
	Риск синдрома А		Риск синдрома Б	
	Машинистов турбин	Машинистов-обходчиков турбинного оборудования	Машинистов турбин	Машинистов-обходчиков турбинного оборудования
Кузнецкая ТЭЦ	$2,46 \times 10^{-3}$	$1,82 \times 10^{-3}$	$9,82 \times 10^{-4}$	$7,28 \times 10^{-4}$
Западно-Сибирская ТЭЦ	$4,27 \times 10^{-3}$	$1,70 \times 10^{-3}$	$1,71 \times 10^{-3}$	$6,79 \times 10^{-4}$
Томь-Усинская ГРЭС	$2,95 \times 10^{-3}$	$1,91 \times 10^{-3}$	$1,18 \times 10^{-3}$	$7,62 \times 10^{-4}$
Южно-Кузбасская ГРЭС	$3,63 \times 10^{-3}$	$2,34 \times 10^{-3}$	$1,45 \times 10^{-3}$	$9,38 \times 10^{-4}$

ваны на Кузнецкой ТЭЦ ( $1,82 \times 10^{-3}$  и  $7,28 \times 10^{-4}$ ) и Западно-Сибирской ТЭЦ ( $1,70 \times 10^{-3}$  и  $6,79 \times 10^{-4}$ ).

Таким образом, установлено, что источниками интенсивной вибрации в турбинных цехах тепловых электростанций юга Кузбасса являются турбогенераторы, возбудители, питающие электронасосы. По спектральным характеристикам виброускорения и виброскорости общая вибрация, генерируемая турбогенераторами, возбудителями и питающими электронасосами является широкополосной, действует вдоль осей ортогональной системы координат  $X_0, Y_0, Z_0$  и превышает предельно допустимые уровни в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 8,0 – 80,0 Гц.

Наиболее высокие средние эквивалентные уровни общей вибрации по виброускорению и виброскорости наблюдались на рабочих местах машинистов турбин Кузнецкой ТЭЦ и Западно-Сибирской ТЭЦ, у машинистов-обходчиков турбинного оборудования соответствующие показатели были несколько ниже.

На рабочих местах машинистов турбин самые высокие уровни риска возникновения синдромов А (вероятности жалоб на боли в нижней части спины) и Б (синдрома вегетативно-сенсорной полиневропатии) были зарегистрированы на Западно-Сибирской ТЭЦ и Южно-Кузбасской ГРЭС, несколько меньшие показатели наблюдались на Томь-Усинской ГРЭС и Кузнецкой ТЭЦ. У машинистов-обходчиков турбинного оборудования максимальные уровни риска возникновения синдромов А и Б наблюдались на Южно-Кузбасской ГРЭС и Томь-Усинской ГРЭС, несколько меньшие показатели были зарегистрированы на Кузнецкой ТЭЦ и Западно-Сибирской ТЭЦ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Братухин А.Г., Плотникова О.В., Демченко В.Г. и др. Состояние сердечно-сосудистой системы у работающих на предприятиях теплоэнергетики // Влияние среды обитания на здоровье населения округа: мат. науч.-пр. конф. – Омск, 2001. – С. 49 – 51.
2. Денисов Э.И. Методология дозной оценки шумов и вибраций в медицине труда: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1995. – 48 с.
3. Демченко В.Г., Плотникова О.В., Братухин А.Г. и др. Здоровье работников Омского теплоэнергетического комплекса – приоритетное направление медицины труда // Омский научный вестник. – 2001. – Вып. 16. – С. 55 – 56.
4. Демченко В.Г., Плотникова О.В., Еренев С.И., Братухин А.Г. Специфическое и неспецифическое влияние производственного шума на работников теплоэнергетического комплекса // Матер. IV съезда физиологов Сибири. – Новосибирск, 2002. – С. 75 – 76.
5. Измеров Н.Ф. Медицина труда на пороге XXI века // Медико-экологические проблемы здоровья работающего населения. – М.-Новокузнецк, 2000. – С. 3 – 10.
6. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Куралесин Н.А. и др. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль: практ. рук-во в 2-х т. – М.: Медицина, 1999. – Т. 2. – 440 с.
7. Кундиев Ю.И., Навакатикян А.О., Бузунов В.А. Гигиена и физиология труда на тепловых электростанциях. – М.: Медицина, 1982. – 24 с.
8. Профессиональный риск для здоровья работников: рук-во / Под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Тривант, 2003. – 448 с.

#### Сведения об авторах

**Панаиотти Евгений Александрович** – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории экологии и гигиены окружающей среды ФГБУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» СО РАМН (654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова 23; тел.: 8 (3843) 796-549; e-mail: ecologia\_nie@mail.ru)

**Данилов Игорь Петрович** – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории общей и профессиональной патологии ФГБУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» СО РАМН (тел.: 8 (3843) 796-738)

**Суржиков Дмитрий Вячеславович** – доктор биологических наук, руководитель лаборатории прикладных гигиенических исследований ФГБУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» СО РАМН (тел.: 8 (3843) 796-549)