

## АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРДИОРИТМОГРАММ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

М.А. ФИЛАТОВ<sup>1</sup>, Л.С. ИСТОМИНА<sup>1</sup>, Р.В.ЧИРКОВА<sup>2</sup>, М.И. ЧЕБЕРЯК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

<sup>2</sup>БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный педагогический университет», ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, Сургут, Россия, 628417

**Аннотация.** Исследование влияния производственного шума в сочетании с экстремальными климатическими факторами ХМАО-Югры на сердечно-сосудистую систему актуально для регионов Севера. Работа решает значимую проблему экологической безопасности нефтегазовой отрасли. Учет гендерных и стажевых различий повышает практическую значимость исследования. В работе установлено, что влияние производственного шума на вариабельность сердечного ритма работников вызывает статистически значимые изменения в показателях вегетативной регуляции, что свидетельствует о напряженной адаптации организма. Обнаружены значительные индивидуальные различия в ответах на шум, что указывает на вариативность адаптационных механизмов среди работников. Полученные результаты исследования о влиянии производственного шума на сердечный ритм работников имеют критическую значимость с точки зрения экологической безопасности, особенно в современных условиях, когда здоровье населения напрямую связано с окружающей средой.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, статистическая неустойчивость, производственный шум, эффект Еськова-Зинченко.

## ANALYSIS OF SPECTRAL CHARACTERISTICS OF HUMAN RR-INTERVALS UNDER THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL NOISE

М.А. FILATOV<sup>1</sup>, Л.С. ISTOMINA<sup>1</sup>, Р.В. CHIRKOVA<sup>2</sup>, М.И. CHEBERYAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628408

<sup>2</sup>Surgut State Pedagogical University, st. 50 let VLKSM, 10/2, Surgut, Russia, 628417

**Abstract.** The study of the impact of industrial noise in combination with extreme climatic factors of KhMAO-Yugra on the cardiovascular system is relevant for the regions of the North. This work solves a significant problem of environmental safety in the oil and gas industry. Consideration of gender and seniority differences increases the practical significance of the study. The work found that the influence of industrial noise on the variability of workers' heart rate causes statistically significant changes in the indicators of autonomic regulation, which indicates a strenuous adaptation of the body. Significant individual differences in responses to noise were found, indicating the variability of adaptive mechanisms among workers. The results of the study on the impact of industrial noise on the heart rate of workers are of critical importance from the point of view of environmental safety, especially in modern conditions when the health of the population is directly related to the environment.

**Key words:** heart rate variability, statistical instability, industrial noise, Eskov-Zinchenko effect.

В настоящее время промышленность оснащена множеством различных автоматизированных систем, которые существенно способствовали сокращению необходимости в человеческом труде. Однако такая производственная среда также создает множество неблагоприятных физических факторов, которые могут негативно влиять на физиологическое состояние человека. Эти физические факторы играют решающую роль в возникновении различных нарушений в

работе органов и систем организма, что, в конечном счете, может привести к развитию хронических профессиональных заболеваний [1, 16, 20-22, 25].

Шум, возникающий во время работы автоматизированного оборудования, при постоянном воздействии на человека, негативно сказывается на состоянии его функциональных систем. Кроме того, характер и организация трудовой деятельности также существенно влияют на различные органы и системы в целом, в

результате чего нарушаются биоритмы и возникают серьезные сбои в показателях работы организма. Наиболее значительные изменения при постоянном воздействии внешних физических факторов наблюдаются в сердечно-сосудистой системе (далее – ССС) [2-15, 17-22].

Изменения в сердечно-сосудистой системе происходят постепенно и зависят от различных этапов воздействия шума. У работников наблюдаются боли, напоминающие стенокардию, частые жалобы на учащенное или редкое сердцебиение, а также заметная нестабильность пульса и артериального давления [19-29].

В настоящее время значительная часть производств оснащена автоматизированными установками с системами шумоподавления. Однако все еще большая доля производств использует устаревшие технические базы, что в итоге приводит к превышению допустимых норм шума.

В рамках Сургутского завода стабилизации конденсата (ЗСК) ООО «Газпром-переработка» были проведены исследования вариабельности сердечного ритма (ВСР) среди сотрудников во время их ежегодного профессионального медицинского осмотра.

**Методы исследования.** Общее количество обследованных составило 734 человека в возрасте от 20 до 50 лет, подверженных воздействию производственного шума, согласно пункту 3.5 Приложения 3 к приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации № 302н от 12 апреля 2011 года. Из этих возрастных групп было случайным образом выбрано 210 человек по 35 женщин и по 35 мужчин, для каждой из подгрупп стажа работы (до 10 лет, от 21 до 30 лет, 30 лет и более).

Оценка влияния производственных факторов на функциональную систему организма (ФСО) работников ЗСК проводилась в шестимерном фазовом пространстве состояний (ВСС), представленном как  $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ , где  $m = 6$ , эти параметры  $x$  включали в себя:

$x_1$  – VLF – спектральная мощность очень низких частот,  $\text{мс}^2$ ;

$x_2$  – LF – спектральная мощность низких частот,  $\text{мс}$ ;

$x_3$  – HF – спектральная мощность высоких частот,  $\text{мс}^2$ ;

$x_4$  – Total – общая спектральная мощность,  $\text{мс}^2$ ;

$x_5$  – LFnorm – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах;

$x_6$  – HFnorm – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах;

Для детального анализа состояний вегетативной нервной системы (ВНС) использовались различные спектральные параметры, такие как VLF, LF, HF, Total, нормализованные значения LFnorm, HFnorm и соотношение LF/HF. Эти параметры позволяют получить комплексное представление о состоянии сердечно-сосудистой системы и адаптационных механизмах организма работников [20-29].

Исследование было проведено с использованием традиционной математической статистики с применением программных пакетов «Excel MS Office-2010» и расчётной программы «Statistica 10». Были осуществлены статистические анализы параметров сердечно-сосудистой системы испытуемых в пределах доверительных интервалов при уровне значимости  $p < 0,05$ , используя соответствующие статистические методы. Нормальность распределения данных оценивалась с помощью критерия Шапиро-Уилка.

Большинство параметров (табл. 1) в каждой из исследованных групп существенно отличаются от нормального распределения, что подтверждается низкими значениями критерия Шапиро-Уилка ( $W < 0,95$ ) и крайне малыми значениями  $p$  ( $p < 0,05$ , во многих случаях –  $p < 0,0001$ ). Исключение составляют только нормализованные показатели LFnorm и HFnorm, где значения  $W$  высоки (около 0,95) и  $p > 0,1$ , то есть распределения для этих переменных можно считать близкими к нормальным. В то же время

распределения абсолютных значений частотных компонентов (VLF, LF, HF, Total), а также отношения LF/HF достаточно далеки от нормальных. Это

свидетельствует о необходимости применения непараметрических методов анализа для сравнения этих показателей между группами.

Таблица 1

**Результаты проверки на нормальное распределение и статистическая обработка параметров частотных параметров женщин (n=35) при воздействии шума**

Точки иссле- довани- я	Нормальность распределения		Описательная статистика							
	W	p	$X_{ср}$	$Dx (\pm)$	$\sigma$	min	max	Процентили %		
	VLF									
1 гр.	0,91	0,008	2545,086	310,34	1836,02	268,0	7468,0	379,0	2375,0	6647,0
2 гр.	0,75	0,00	2302,05	354,95	2099,97	413,0	10506,0	497,0	1685,0	6203,0
3 гр.	0,40	0,00	3795,77	1405,08	8312,62	122,0	48289,0	171,0	1544,0	15900,0
	LF									
1 гр.	0,72	0,00	2896,97	509,93	3016,81	232,0	13696,0	269,0	1659,0	12001,0
2 гр.	0,73	0,00	2281,62	419,84	2483,82	173,0	11856,0	319,0	1508,0	7573,0
3 гр.	0,28	0,00	3779,74	1827,62	10812,39	284,0	65058,0	308,0	1313,0	6675,0
	HF									
1 гр.	0,5	0,00	1688,0	461,03	2727,53	74,0	13766,0	136,0	846,0	10239,0
2 гр.	0,62	0,00	988,17	231,97	1372,35	44,0	6710,0	92,0	533,0	4897,0
3 гр.	0,48	0,00	1507,48	457,27	2705,2	108,0	15627,0	128,0	724,0	4745,0
	Total									
1 гр.	0,74	0,00	7129,8	1097,65	6493,8	611,0	32849,0	1179,0	5546,0	25354,0
2 гр.	0,77	0,00	5572,02	831,29	4918,0	984,0	20147,0	1166,0	3452,0	18924,0
3 гр.	0,33	0,00	9082,88	3629,39	21471,8	564,0	128973,0	641,0	3306,0	22519,0
	LFnorm									
1 гр.	0,95	0,15	66,714	2,434	14,40	34,0	87,00	40,0	66,0	87,0
2 гр.	0,95	0,12	71,229	2,34	13,84	41,0	92,00	44,0	73,0	89,0
3 гр.	0,95	0,13	65,314	2,902	17,17	29,0	92,0	30,0	71,0	91,0
	HFnorm									
1 гр.	0,95	0,15	33,286	2,434	14,401	13,0	66,00	13,0	34,0	60,0
2 гр.	0,95	0,12	28,77	2,34	13,846	8,0	59,00	11,0	27,0	56,0
3 гр.	0,95	0,13	34,68	2,90	17,17	8,0	71,0	9,0	29,0	70,0
	LF/HF									
1 гр.	0,88	0,00	2,7	0,3	1,78	0,52	6,77	0,66	1,96	6,62
2 гр.	0,30	0,00	5,78	2,19	12,97	0,7	79,0	1,12	3,24	12,0
3 гр.	0,80	0,00	2,93	0,43	2,58	0,42	11,2	0,43	2,46	9,97

Анализ описательных статистик демонстрирует значительную вариабельность частотных параметров у женщин под воздействием шума. Это выражается в высоких стандартных отклонениях ( $\sigma$ ) и разбросе между минимальными и максимальными значениями, а также широким диапазоном между 5-м и 95-м процентилями практически по всем показателям. Так, например, разброс по VLF в 3-й группе – от 122 до 48289 у.е., а общий спектр (Total max) достигает 128973 у.е. Склонность к положительной асимметрии (медианы существенно ниже средних значений) также указывает на наличие выраженных индивидуальных отличий внутри выборки.

По абсолютным значениям VLF, LF, HF и Total, после первоначального снижения во 2-й группе, в 3-й группе наблюдается рост всех частотных компонентов, иногда с очень большим разбросом (особенно в VLF и Total). Это может указывать на реакцию кардио-респираторной регуляции при хронизации шума.

Значения параметров LFnorm и HFnorm находятся в пределах физиологических норм, значительных изменений между группами не отмечается (разброс невелик), что подчёркивает возможность компенсации относительного баланса даже при изменении абсолютных показателей.

У параметра LF/HF в 2-й группе наблюдается резкое повышение медианы и

вариабельности, что свидетельствует о сдвиге в сторону симпатической регуляции, в то время как в 3-й группе значения возвращаются к исходному уровню первой группы. Полученные результаты свидетельствуют о напряжённой реакции вегетативной регуляции у женщин при воздействии шума, выражющейся в выраженной активации симпатического звена (рост LF, повышение LF/HF во 2-й группе) и тенденции к мобилизации адаптационных механизмов (рост всех спектров в 3-й группе). Высокая индивидуальная изменчивость и большие значения стандартного отклонения в 3-й группе могут отражать истощение регулирующих систем и переход от адаптации к дезадаптации у части обследуемых. Стабильность относительных

показателей (LFnorm, HFnorm) указывает на сохранение баланса симпатической и парасимпатической активности у большинства, но риски срыва адаптации сохраняются, особенно у лиц с экстремальными значениями частотных компонентов. Клинически эти изменения могут соответствовать появлению симптомов тревоги, хронической усталости – признаках перенапряжения вегетативной регуляции.

В группе мужчин (табл. 2) под воздействием шума большинство частотных параметров не распределены нормально. Исключение составляют показатели LFnorm и HFnorm, где для всех трех групп  $p > 0,05$ , что соответствует нормальности распределения.

Таблица 2

**Результаты проверки на нормальное распределение и статистическая обработка параметров частотных параметров мужчин (n=35) при воздействии шума**

Точки иссле- довани- я	Нормальность распределения		Описательная статистика							
	W	p	X <sub>ср</sub>	Dx (±)	σ	min	max	Процентили %		
								5 %	50, Me (медиана a)	95 %
<b>VLF</b>										
1 гр.	0,84	0,00	2976,74	396,92	2348,26	489,0	10615,0	495,0	2321,0	8846,0
2 гр.	0,75	0,00	4352,97	723,11	4278,03	418,0	22255,0	649,0	3514,0	12865,0
3 гр.	0,53	0,00	3140,08	798,93	4726,58	182,0	26753,0	255,0	1445,0	11637,0
<b>LF</b>										
1 гр.	0,58	0,00	4247,88	914,39	5409,63	207,0	30177,0	581,0	2559,0	15810,0
2 гр.	0,48	0,00	4934,11	1172,23	6935,03	705,0	40936,0	741,0	3141,0	16452,0
3 гр.	0,8	0,00	2108,1	306,36	1812,49	231,0	7758,0	435,0	1543,0	7277,0
<b>HF</b>										
1 гр.	0,8	0,00	1241,74	163,21	965,589	74,0	4329,0	162,0	932,0	3114,0
2 гр.	0,52	0,00	2124,8	554,51	3280,55	250,0	18616,0	308,0	985,0	6491,0
3 гр.	0,74	0,00	786,6	144,14	852,797	91,0	4058,00	125,0	510,0	2570,0
<b>Total</b>										
1 гр.	0,88	0,00	7694,8	873,57	5168,14	776,0	20220,0	1810,0	6287,0	18628,0
2 гр.	0,76	0,00	10245,09	1481,87	8766,9	1500,0	45198,0	1830,0	7902,0	32583,0
3 гр.	0,63	0,00	6034,77	1186,54	7019,71	640,0	38569,0	750,0	3573,0	20514,0
<b>LFnorm</b>										
1 гр.	0,91	0,00	72,42	2,16	12,81	33,0	91,0	49,0	75,0	90,0
2 гр.	0,92	0,02	70,51	2,034	12,03	30,0	89,0	46,0	71,0	87,0
3 гр.	0,96	0,28	73,85	1,93	11,47	47,0	95,0	54,0	77,0	90,0
<b>HFnorm</b>										
1 гр.	0,91	0,00	27,57	2,16	12,81	9,00	67,0	10,0	25,0	51,0
2 гр.	0,92	0,02	29,49	2,034	12,03	11,0	70,0	13,0	29,0	54,0
3 гр.	0,96	0,28	26,14	1,939	11,47	5,0	53,0	10,0	23,0	46,0
<b>LF/HF</b>										
1 гр.	0,86	0,00	3,50	0,38	2,27	0,48	10,59	0,960	2,96	9,4
2 гр.	0,89	0,00	2,99	0,29	1,71	0,420	7,75	0,85	2,39	6,96
3 гр.	0,67	0,00	3,88	0,55	3,27	0,89	19,40	1,16	3,28	8,79

Почти все параметры (VLF, LF, HF, Total) обладают высокой вариабельностью,

на что указывает большая дисперсия ( $D_x$ ), стандартное отклонение ( $\sigma$ ), а также

значительный разброс между минимальными и максимальными значениями.

Медианы, процентили (5, 50, 95%) подтверждают наличие «однократно» высоких/низких выбросов.

Параметры LFnorm и HFnorm более стабильны, вариационные характеристики существенно скромнее.

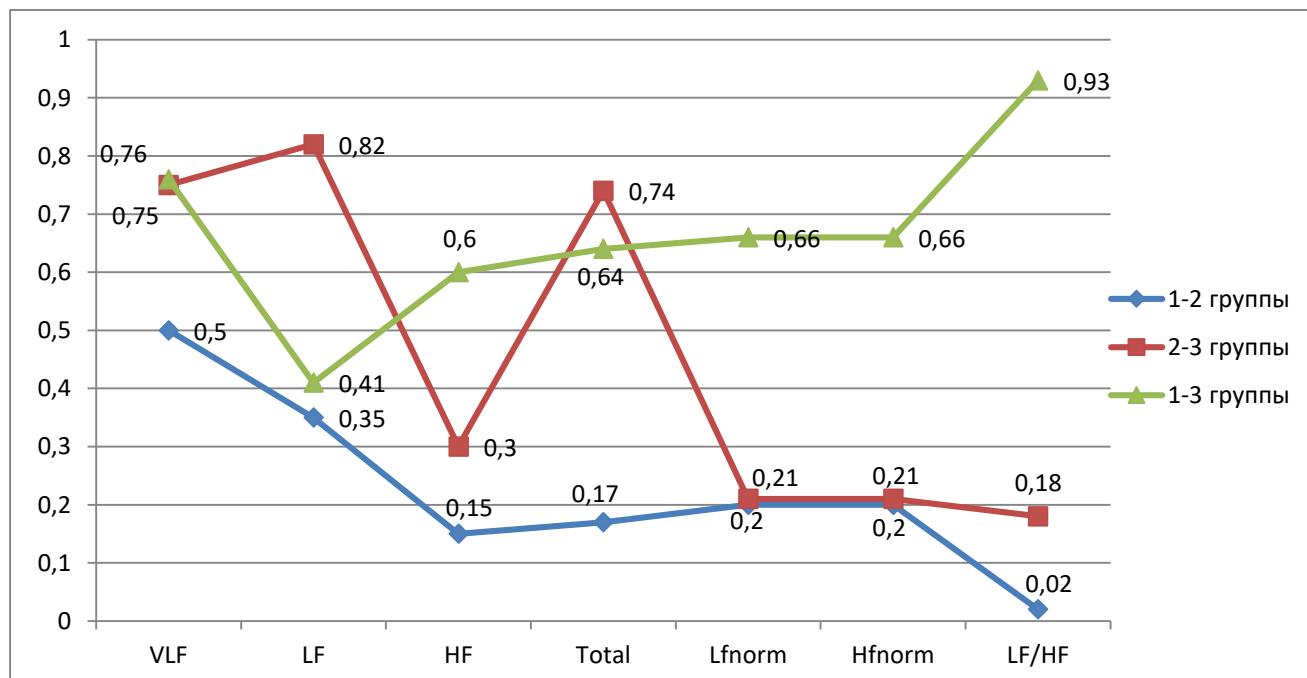
Параметр LF/HF отражает баланс симпатической и парасимпатической активности, также показывает разброс, однако медианные значения во всех группах сохраняют физиологический диапазон.

Во всех сравниваемых группах для большинства показателей BCP (VLF, LF, HF, Total, LFnorm, HFnorm, LF/HF) значения  $p$  превышают традиционно принятый уровень статистической значимости ( $p < 0,05$ ). Исключение составляет только показатель LF/HF при сравнении между первой и второй группами, где уровень значимости  $p = 0,022$ , что свидетельствует о наличии достоверной разницы по этому параметру между женщинами первой группы и второй группы.

Таблица 3

**Результаты попарного сравнения значений рангов допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма обследованных женщин под воздействием шума (разных групп стажа работы) с помощью непараметрического Т-критерия Вилкоксона**

	1 группа – 2 группа	2 группа – 3 группа	1 группа – 3 группа
<b>VLF</b>	0,501874	0,755646	0,768128
<b>LF</b>	0,350505	0,825000	0,412811
<b>HF</b>	0,154162	0,302126	0,605895
<b>Total</b>	0,179244	0,743227	0,646510
<b>LFnorm</b>	0,204305	0,215162	0,664254
<b>HFnorm</b>	0,204305	0,215162	0,664254
<b>LF/HF</b>	<b>0,022805</b>	0,184605	0,934730



**Рис.1.** Результаты попарного сравнения значений рангов допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма обследованных групп женщин (у.е.)

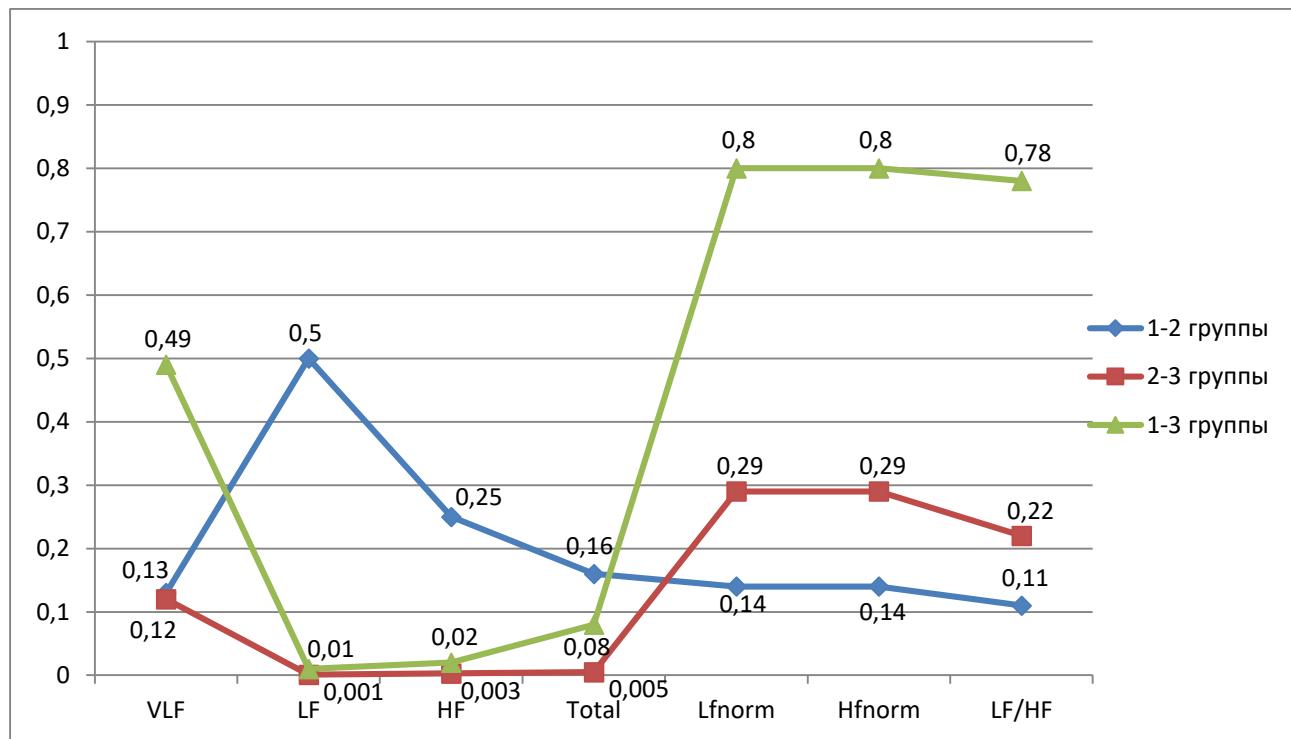
Таким образом, анализируя данные значения, можно сделать вывод, что значимых различий по большинству спектральных показателей вариабельности сердечного ритма между группами женщин с разным стажем работы в условиях шумового воздействия не выявлено. Исключение составляет лишь соотношение общего симпатического и парасимпатического тонуса (LF/HF) между

первой и второй группой, что, возможно, указывает на специфические изменения баланса автономной регуляции сердца при увеличении стажа работы в условиях воздействия шума. Остальные различия статистически недостоверны, что свидетельствует об относительной стабильности параметров ВСР у женщин независимо от длительности воздействия шумового фактора.

Таблица 4.

**Результаты попарного сравнения значений рангов допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма обследованных мужчин под воздействием шума (разных групп стажа работы) с помощью непараметрического Т-критерия Вилкоксона**

	1 группа – 2 группа	2 группа – 3 группа	1 группа – 3 группа
<b>VLF</b>	0,136093	0,123649	0,491501
<b>LF</b>	0,501874	0,001183	0,019170
<b>HF</b>	0,258409	0,003031	0,022805
<b>Total</b>	0,163855	0,005929	0,085468
<b>LFnorm</b>	0,140449	0,293059	0,817468
<b>HFnorm</b>	0,140449	0,293059	0,817468
<b>LF/HF</b>	0,115859	0,225492	0,780671



**Рис.2.** Результаты попарного сравнения значений рангов допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма обследованных групп мужчин (у.е.)

Статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) наблюдаются между второй и третьей группами по ряду показателей: LF ( $p=0,001$ ), HF ( $p=0,003$ ) и Total ( $p=0,005$ ). Также по показателям LF ( $p=0,019$ ) и HF

( $p=0,022$ ) выявлены достоверные различия между первой и третьей группами. Для других пар сравнения, а также для показателей VLF, Lfnorm, Hfnorm и LF/HF, значимых различий не выявлено ( $p$

> 0,05). Таким образом, наибольшие и наиболее существенные различия в показателях вариабельности сердечного ритма под воздействием шума у мужчин отмечаются между второй и третьей группами, а также между первой и третьей группами, преимущественно по компонентам LF, HF и Total. Это может свидетельствовать о влиянии длительности профессионального шумового воздействия на сердечно-сосудистую регуляцию, с выраженным изменениями при увеличении стажа работы. Показатели, отражающие относительный вклад симпатического и парасимпатического тонуса (LFnorm, HFnorm, LF/HF), а также компонент VLF, достоверно не различаются между группами.

## Литература

- Газя Г. В., Газя Н. Ф., Еськов В.В., Манина Е. А. Непредсказуемость и неопределенность создают реальную Complexity // Успехи кибернетики. – 2024 – №5, Т.2–С. 97–102. DOI:10.51790/2712-9942-2024-5-2-11.
- Коннов П.Е., Еськов В.В. Понимание сложности: новые подходы и научные факты // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 1. – С.35–42.
- Еськов В.М., Розенберг Г.С., Еськов В.В., Кухарева А.Ю. Жизнь как complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.36–46.
- Еськов В.М., Шакирова Л.С., Кухарева А. Математические аспекты реальности гипотезы W.Weaver в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 1. – С.75–88.
- Зимин М.И., Пятин В.Ф., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Что общего между «Fuzziness» L. A. Zadeh И «Complexity» W. Weaver в кибернетике. // Успехи кибернетики. – 2022, – 3(3). – Стр.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
- Кухарева А. Ю., Еськов В. В., Газя Н. Ф. Гипотеза Эверетта и квантовая теория сознания // Успехи кибернетики – 2023 – Т.4, №1 – С.65–71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
- Бетелин В.Б., Галкин В.А., Еськов В.М. Специфика хаоса CTT-complexity – новое представление хаоса биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.85-95.
- Еськов В.В., Филатова О.Е., Мельникова Е.Г., Кухарева А. Математическая интерпретация квантовой теории сознания // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 4. – С.90-101.
- Гавриленко Т.В., Мельникова Е.Г., Кухарева А., Коннов П.Е. Физико-математическая аргументация для отрицания базовой гипотезы М.Б. Менского // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С.68–79.
- Галкин В.А., Еськов В.М. Квантовая теория сознания М.Б. Менского и особые свойства биосистем// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.47-59.
- Еськов В. М., Филатов М. А., Воронюк Т. В., Самойленко И. С. Модели эвристической работы мозга и искусственный интеллект // Успехи кибернетики. – 2023.– Т.4, №4.– С.32–40. DOI:10.51790/2712-9942-2023-4-4-03
- Твердислов В.А., Манина Е.А. Возможны ли причинно-следственные связи в науках о биосистемах? // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – Т. 28. – № 1. – С.64-68.
- Eskov V.V., Manina E.A., Filatov M.A., Gavrilenco T.V. Living systems' chaos: The problem of reduction in physics and biology // AIP Conference Proceedings 2647, 070031 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0106816>
- Заславский Б.Г., Филатов М.А., Еськов В.В., Манина Е.А. Проблема нестационарности в физике и биофизике. // Успехи кибернетики. – 2020.– Т. 1, №2. – С. 61–67.
- Еськов В.М., Филатов М.А., Гавриленко Т.В., Третьяков С.А.

- Физико-математическое понятие сложного// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 3. – С.48-56.
16. Еськов В.В., Ивахно Н.В., Гриценко И.А., Мамина К.Е. Новое понятие системного синтеза в биомедицине и экологии человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – Т. 28. – № 4. – С. 118-122.
17. Галкин В.А., Филатов М.А., Музиева М.И., Самойленко И.С. Базовые аксиомы биокибернетики и их инварианты // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 2. – С. 65-79.
18. Галкин В.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Кирасирова Л.А., Кульчицкий В.А. Существует ли стохастическая устойчивость выборок в нейронауках? // Новости медико-биологических наук. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 126-132.
19. Бодин О.Н., Галкин В.А., Филатова О.Е., Башкатова Ю.В. Анализ возникновения динамического хаоса в биосистемах // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. №4. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-8.pdf> (дата обращения: 30.08.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8\*
20. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю. Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
21. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Мельникова Е.Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма / Под ред. А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. – 248 с.
22. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
23. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О. Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
24. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Галкин В.А., Газя Г.В. Хаотический мозг // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 2. – С. 5-11.
25. Еськов В.М., Галкин В.А., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Организация движений: стохастика или хаос? / Под. ред. член-корр. РАН, д.биол.н., профессора Г.С. Розенберга. Самара: Издательство ООО «Порто-принт», 2020. – 144 с.
26. Пятин В. Ф., Еськов В.В. Может ли быть статичным гомеостаз?// Успехи кибернетики. – Успехи кибернетики. – 2021.– Т. 2, №1. – С. 41-49.
27. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems. // AIP Conference Proceedings – 2021.– 2402, 050017, doi.org/10.1063/5.0073431
28. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
29. Шакирова Л.С., Еськов В.М., Кухарева А.Ю., Музиева М.И., Филатов М.А. Границы стохастики в медицинской кибернетике. // Вестник новых медицинских технологий. – 2022. – Т. 29. – № 4. – С.125-128. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-4-125-128

## References

1. Gazya G. V., Gazya N. F., Eskov V.V., Manina E. A. Nepredskazuemost' i neopredelennost' sozdayut real'nyu Complexity // Uspekhi kibernetiki. – 2024– №5, Т.2–S. 97–102. DOI:10.51790/2712-9942-2024-5-2-11.
2. Konnov P.E., Eskov V.V. Ponimanie slozhnosti: novye podhody i nauchnye fakty // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 1. – S.35-42.
3. Eskov V.M., Rozenberg G.S., Eskov V.V., Kuhareva A.Yu. Zhizn' kak complexity // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.36-46.
4. Eskov V.M., Shakirova L.S., Kuhareva A. Matematicheskie aspekty real'nosti gipotezy

- W. Weaver v biomedicine // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 1. – S.75-88.
5. Zimin M.I., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. Chto obshchego mezhdju «Fuzziness» L. A. Zadeh I «Complexity» W. Weaver v kibernetike. // Uspekhi kibernetiki. – 2022, – 3(3). – Str.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
  6. Kuhareva A. Yu., Eskov V. V., Gazya N. F. Gipoteza Everetta i kvantovaya teoriya soznaniya // Uspekhi kibernetiki – 2023 – Т.4, №1 – С.65–71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
  7. Betelin V.B., Galkin V.A., Eskov V.M. Specifika haosa STT-complexity – novoe predstavlenie haosa biosistem // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.85-95.
  8. Eskov V.V., Filatova O.E., Mel'nikova E.G., Kuhareva A. Matematicheskaya interpretaciya kvantovoj teorii soznaniya // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022. – № 4. – S.90-101.
  9. Gavrilenko T.V., Mel'nikova E.G., Kuhareva A., Konnov P.E. Fiziko-matematicheskaya argumentaciya dlya otricaniya bazovoj gipotezy M.B. Menskogo // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S.68-79.
  10. Galkin V.A., Eskov V.M. Kvantovaya teoriya soznaniya M.B. Menskogo i osobyie svojstva biosistem// Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.47-59.
  11. Eskov V. M., Filatov M. A., Voronyuk T. V., Samojlenko I. S. Modeli evristicheskoy raboty mozga i iskusstvennyj intellekt // Uspekhi kibernetiki. – 2023.– Т.4, №4.– S.32–40. DOI:10.51790/2712-9942-2023-4-4-03
  12. Tverdislov V.A, Manina E.A. Vozmozhny li prichinno-sledstvennye svyazi v naukah o biosistemah? // Vestnik novyh medicinskikh tekhnologij. – 2021. – Т. 28. – № 1. – S.64-68.
  13. Eskov V.V., Manina E.A., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Living systems' chaos: The problem of reduction in physics and biology // AIP Conference Proceedings 2647, 070031 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0106816>
  14. Zaslavskij B.G., Filatov M.A., Eskov V.V., Manina E.A. Problema nestacionarnosti v fizike i biofizike. // Uspekhi kibernetiki. – 2020.– Т. 1, №2. – S. 61–67.
  15. Eskov V.M., Filatov M.A., Gavrilenko T.V., Tret'yakov S.A. Fiziko-matematicheskoe ponyatie slozhnogo// Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 3. – S.48-56.
  16. Eskov V.V., Ivahno N.V., Gricenko I.A., Mamina K.E. Novoe ponyatie sistemnogo sinteza v biomedicine i ekologii cheloveka // Vestnik novyh medicinskikh tekhnologij. – 2021. – Т. 28. – № 4.– S. 118-122.
  17. Galkin V.A., Filatov M.A., Muzieva M.I., Samojlenko I.S. Bazovye aksiomy biokibernetiki i ih invarianty // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022. – № 2. – S. 65-79.
  18. Galkin V.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul'chickij V.A. Sushchestvuet li stohasticheskaya ustojchivost' vyborok v nejronaukah? // Novosti mediko-biologicheskikh nauk. – 2020. – Т. 20, № 3. – S. 126-132.
  19. Bodin O.N., Galkin V.A., Filatova O.E., Bashkatova Yu.V. Analiz vozniknoveniya dinamicheskogo haosa v biosistemah // Vestnik novyh medicinskikh tekhnologij. Elektronnoe izdanie. 2021. №4. Publikaciya 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-8.pdf> (data obrashcheniya: 30.08.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8\*
  20. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Haos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoj sistemy cheloveka / Samara: Izd-vo OOO «Porto-Print», 2018. – 312 s.
  21. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Mel'nikova E.G. Rol' haosa v reguliacii fiziologicheskikh funkciy organizma / Pod red. A.A. Hadarceva. Samara: OOO «Porto-print», 2020. – 248 s.
  22. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticheskikh sistem / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: Izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
  23. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konec opredelennosti: haos gomeostaticheskikh sistem / Pod red. Hadarceva A.A., Rozenberga G.S. Tula: izd-vo Tul'skoe proizvodstvennoe poligraficheskoe ob"edinenie, 2017. – 596 s.
  24. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Galkin V.A., Gazya G.V. Haoticheskij mozg // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022. – № 2. – S. 5-11.
  25. Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizaciya dvizhenij: stohastika ili haos? / Pod. red. chlen-korr. RAN, d.biol.n., professora G.S. Rozenberga. Samara: Izdatel'stvo OOO «Porto-print», 2020. – 144 s.

26. Pyatin V. F., Eskov V.V. Mozhet li byt' statichnym gomeostaz?// Uspekhi kibernetiki. – Uspekhi kibernetiki. – 2021.– T. 2, №1. – S. 41-49.
27. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems. // AIP Conference Proceedings – 2021.– 2402, 050017, doi.org/10.1063/5.0073431
28. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovaniye gomeostaza i evolyucii complexity: monografiya. Tula: Izdatel'stvo TulGU, 2016. – 307 s.
29. Shakirova L.S., Eskov V.M., Kuhareva A.Yu., Muzieva M.I., Filatov M.A. Granicy stohastiki v medicinskoj kibernetike. // Vestnik novyh medicinskikh tekhnologij. – 2022. – T. 29. – № 4. – S.125-128. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-4-125-128