

15. Tchobanoglous, G. Wastewater Engineering (Treatment Disposal Reuse)/ Burton, F.L. and Stensel, H.D. // Metcalf & Eddy, Inc (4th ed.), McGraw-Hill Book Company.- 2003.- 1846 p.
16. Spellman, F. R. Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators // CRC Press.- 2000.- 296 p.
17. Banerjee, G. Hydraulics of bench-scale rotating biological contactor // Water Res.- 1997a.- №31.- pp. 2500–2510.
18. New Integrated Self-Refluxing Rotating Biological Contactor for ruralsewage treatment / Han, Y. [et al.] // Journal of Cleaner Production.- 2019.- № 217.- pp. 324–334.
19. Low-ammonia niche of ammonia-oxidizing archaea in rotating biological contactors of a municipal wastewater treatment plant / Sauder, L. A [et al.] // Environmental Microbiology.- 2012.- № 14.- pp 2589–2600.
20. Шувалов, Р. М. Очистка бытовых сточных вод малых населенных пунктов на коммунальных очистных сооружениях с применением дисковых биофильтров // дис. ... канд. Техн. Наук; Самарский гос. арх.-стр. ун.- 2010.- 213с.
21. Красильников Е.А. Опыт эксплуатации модернизированных очистных сооружений сточных вод логистического центра «логопарк дон» / Макаров В.Л., Серпокрялов Н.С., Марам Саид. // Технологии Очистки Воды «Техновод-2017»: конф.- Астрахань, 2017. – С. 209–214.
22. Abdel-Kader, A. M. Studying the efficiency of grey water treatment by using rotating biological contactors system // Journal of King Saud University – Engineering Sciences.- 2013.- №25, pp. 89–95.
23. Hiras, D. N. Organic and nitrogen removal in a two-stage rotating biological contactor treating municipal wastewater / Manariotis, I. D. and Grigoropoulos, S. G. // Bioresource Technology.- 2004.- № 93.- pp 91–98.
24. Safa, M. Biodegradability of oily wastewater using rotating biological contactor combined with an external membrane / Alemzadeh, I. and Vossoughi, M. // Journal of Environmental Health Science & Engineering.- 2014.- № 12.- pp. 117 - 122.
25. Ebrahimi, A. Optimization of Whey Treatment in Rotating Biological Contactor: Application of Taguchi Method / Najafpour, G. D.; Anazadeh, M. and Ghavami M. // Iranian Journal of Energy and Environment.- 2018.- №9.- pp. 146–152.
26. Cortez, S. Denitrification of a landfill leachate with high nitrate concentration in an anoxic rotating biological contactor / Teixeira, P.; Oliveira, R. and Mota, M. // Biodegradation.- 2011.- №22, pp. 661–671.
27. Guadalima, M. Evaluation of the rotational speed and carbon source on the biological removal of free cyanide present on gold mine wastewater, using a rotating biological contactor / Monteros, D. // Journal of Water Process Engineering.- 2018.- №23.- pp. 84–90.
28. Szulzyk-Cieplak, J. Study on the Influence of Selected Technological Parameters of a Rotating Biological Contactor on the Degree of Liquid Aeration / Tarnogórska, A. and Lenik, Z. // Journal of Ecological Engineering.- 2018.- №19.- pp. 247–253.
29. Cheng, K.Y. Novel methanogenic rotatable bioelectrochemical 794 system operated with polarity inversion / Ho, G. and Cord-Ruwisch, R. // Environ. Sci. Technol.- 2011.- №45.- pp. 796–802.
30. A photosynthetic rotating annular bioreactor (Taylor-Couette type flow) for phototrophic biofilm cultures / Paule, a. [et al.] // Water Res.- 2011.- №45.- pp. 6107–18.
31. Reactor performance iedn terms of COD and nitrogen removal and bacterial community structure of a three-stage rotating bioelectrochemical contactor / Sayess, R.R[et al.] // Water Res.- 2013.- №47.- pp. 881–94.

© Саид Марам Али, Н. С. Серпокрялов

#### Ссылка для цитирования:

Саид Марам Али, Н. С. Серпокрялов. Анализ практики использования вращающихся биофильтров в очистке сточных вод применительно к условиям Сирии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 100–104.

УДК 656.2 + 06

## ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОПЕРАТОРОВ ВЫПРАВочно-ПОДБИВочНЫХ МАШИН

**А. С. Козлюк, В. А. Финоченко**

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия*

В настоящее время большое внимание уделяется обеспечению безопасных условий труда, однако производственная деятельность не может обойтись без факторов, негативно влияющих на состояние здоровья работников. В статье рассмотрены экспериментальные исследования шума и вибрации на рабочих местах операторов выправочно-подбивочных машин железнодорожно-строительных организаций. В ней приведены результаты полученных эмпирически уровней шума и вибрации и проведен анализ, который показал, что при работе виброплит, уровень шума превышает нормативный на всех октавах. Такой уровень шума создает акустический дискомфорт, который соответствует вредным условиям второй степени (класс 3.2) и повышает риск профессиональных заболеваний, связанных с виброакустическими факторами.

**Ключевые слова:** охрана труда, выправочно-подбивочная машина, шум, вибрация, акустический фактор, рабочее место, оператор.

## EMPIRICAL STUDIES OF VIBROACOUSTIC EFFECTS ON OPERATORS STRAIGHTENING AND TAMPING MACHINES

**A. S. Kozlyuk, V. A. Finochenko**

*Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia*

Currently, much attention is paid to ensuring safe working conditions, but production activities can not do without factors that adversely affect the health of workers. The article deals with experimental studies of noise and vibration in the workplaces of operators of straightening and tamping machines of railway construction organizations. It presents the results of empirically obtained noise and vibration levels and analyzes that showed that when the plates are working, the noise level exceeds the normative level in all octaves. This noise level creates acoustic discomfort, which corresponds to harmful conditions of the second degree (class 3.2) and increases the risk of occupational diseases associated with vibroacoustic factors.

**Keywords:** straightening and tamping machine, experiment, noise, acoustic factor, workplace, operator, labor protection.

## Введение

Обеспечению безопасных и комфортных условий труда на железнодорожном транспорте уделяется большое внимание. Однако его производственная деятельность не может обойтись без факторов, негативно влияющих на состояние здоровья работников. В первую очередь к ним следует относить виброакустические факторы [1–3]. Как показывает статистика нейросенсорная тугоухость и вибрационная болезнь являются основными профессиональными заболеваниями машинистов локомотивов, операторов путевых и дорожно-строительных машин.

На данном этапе исследования шума и вибрации, создаваемых при работе технологических систем железнодорожного транспорта проводились в основном для локомотивов различных типов, а путевая техника, в частности выправочно-подбивочные машины (ВПМ) были рассмотрены не в достаточной степени. Исходя из этого, существует необходимость проведения исследований виброакустических факторов для этого рода железнодорожно-строительной техники.

В отношении подтверждения актуальности проведения исследований следует отметить, что ВПМ (рис. 1) достаточно широко используется при строительстве, ремонте и текущему содержанию пути.



Рис. 1. Выправочно-подбивочная машина

По своей производственной принадлежности ВПМ выполняет комплекс таких работ, как дозировка и уплотнение балласта, подбивка, выправка и отделка железнодорожного пути. На рис. 2 показана ВПМ, типа ВПО-3-3000.

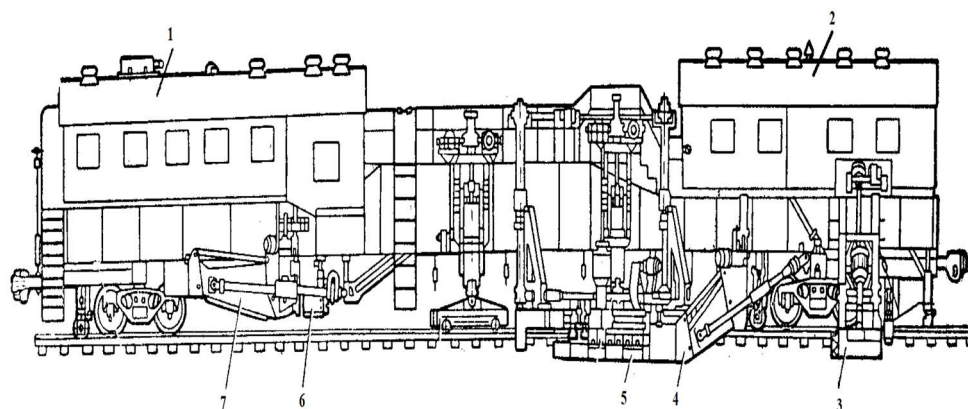


Рис. 2 – Выправочно-подбивочная машина, типа ВПО-3-3000:

1 – передняя кабина управления; 2 – задняя кабина управления; 3 – уплотнитель откосов;  
4 – планировщик откоса балластной призмы; 5 – вибрационные уплотнительные плиты; 6 – рельсовые щетки; 7 – дозатор

Уплотнение балластного слоя производится виброуплотнителями. Внутри корпуса виброуплотнителя располагается вибратор направленного действия и создающий возмущающую силу 240 кН. В результате чего сам виброуплотнитель колеблется в горизонтальной плоскости, создавая тем самым вибрацию и шум. Кроме этого, виброакустическое воздействие создает балласт, подаваемый под шпалы. Следует также учитывать, что выправка пути выполняется двумя электромагнитными механизмами, которые, притягивая рельсы, осуществляют подъёмку пути, что тоже влияет на шумовибрационные характеристики.

Из выше рассмотренной технологии можно отметить, что путевые машины имеют принципиально другую компоновку динамической системы с точки зрения формирования спек-

тров вибрации и шума на рабочих местах операторов. И хотя скорость их движения не велика, однако в процессе работы по формированию балластной призмы, задействуется большое количество механизмов возвратно-поступательного действия, являющихся основными источниками шума и вибрации.

Следует отметить, что модели виброакустической динамики системы колесо-рельс, характерные для локомотивов, в отношении путевых машин не всегда адекватны и сравнивать виброакустические воздействия, создаваемые локомотивами и ВПМ не корректно.

В связи с этим необходимо проведение теоретических и эмпирических исследований виброакустических характеристик ВПМ. В частности в данной работе приводятся результаты

эмпирических исследований виброакустических воздействий на операторов ВПМ.

### Методические аспекты проведения эксперимента

Для проведения эмпирических исследований была разработана методика проведения эксперимента, в соответствии с которой исследования виброакустических факторов на рабочих местах операторов ВПМ проводились на основе анализа должностных инструкций и фотографий рабочего дня. Измерения осуществлялись в различных технологических условиях работы.

При проведении исследований контролировалось отсутствие внешних источников шума и вибрации (дождь, сильный ветер, работающее рядом оборудование) [4–7].

Измерения проводились на рабочем месте оператора ВПМ, причем микрофон шумомера, при проведении измерений, располагался между источником максимального шума и местом нахождения оператора, на расстоянии 0,1–0,4 м от уха работника.

Кроме этого экспериментальные исследования основывались на выборочных измерениях, проводимых в процессе выполнения той или иной рабочей функции. Это делалось для того, чтобы оценить различные источники шума, которые могут повлиять на итоговое значение. Также при проведении измерений и анализе шумовой обстановки на рабочем месте оператора ВПМ изучались следующие вопросы:

- вклад отдельных источников на рабочем месте;
- вклад воздушной составляющей шума;
- вклад структурного шума;
- влияние звукового излучения рельса при движении ВПМ в транспортном режиме.

Следует отметить, что экспериментальные исследования спектров шума и вибрации проводились при ремонтных работах железнодорожного полотна.

Для каждой рабочей функции измерения уровней звука осуществлялись последовательно 5 раз подряд, при этом продолжительность каждого измерения составляла не менее 5 мин.

Замеры проводились акустическим измерителем ЭКОФИЗИКА с использованием предусилителя и микрофонного капсюля при измерении шума, а также акселерометра при измерении вибраций.

### Результаты исследований

В результате проведенных исследований были получены следующие данные (рис. 3).

Приведенные на графике данные результатов измерений вибрации на вибрационной плите, при проведении работ, указывают на значительное превышение уровней вибрации над санитарными нормами практически по всем осям и в достаточно широком диапазоне

частот и требуют разработки мероприятий в области охраны труда.

Результаты измерения шумового воздействия на операторов ВПМ представлены на рис. 4.

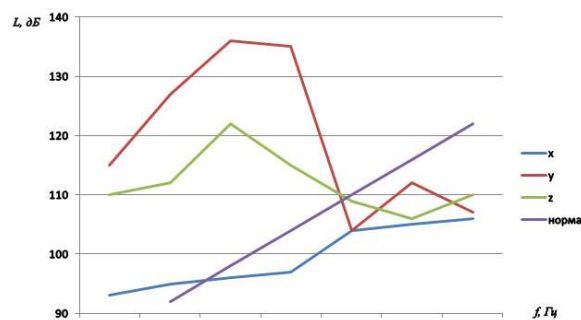


Рис. 3. Измерение уровней вибрации на вибрационной плите ВПМ: X/Y/Z – измерения виброускорения в рабочем режиме по осям, дБ; норма – санитарные нормы

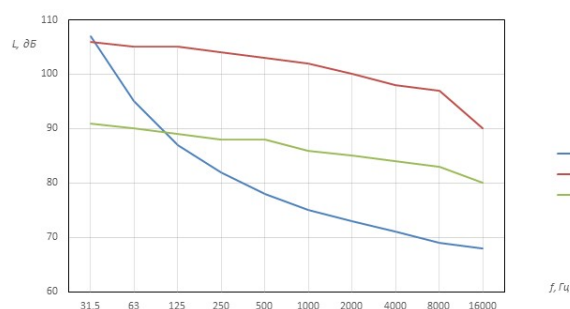


Рис. 4. Измерение параметров шума в рабочем режиме: 1 – норматив; 2 – внешняя среда у вибрационной плиты; 3 – в кабине управления

Из графика (рис. 4) видно, что результаты измерений параметров шума в кабине, а также у вибрационной плиты при проведении выправочно-подбивочных работ значительно превышают санитарные нормы и также требуют разработки мероприятий в области охраны труда, для снижения негативного воздействия на организм работника.

В отношении влияния звукового излучения рельса при движении ВПМ в транспортном режиме можно отметить, что оно незначительно.

### Выводы

Рабочий процесс ВПМ сопровождается существенным уровнем вибрации и высоким уровнем шума, что негативно влияет на здоровье оператора ВПМ. Следует отметить, что основным источником этих виброакустических воздействий на организм человека является работа вибрационных уплотнительных плит.

Экспериментальные данные показали, что при работе виброплит, уровень шума на всех октавах превышает нормативный. Так при нормативном значении 80 дБа минимальный уровень шума в кабине управления оператора составляет 84–86 дБа, а у вибрационной плиты 97–99 дБа.

Значения же вибрации сильно изменяются как по осям, так и по частотам, и, если в кабине на рычагах управления уровни вибрации соот-

ветствуют санитарным нормам, то на рабочем месте у вибрационной плиты имеются значительные превышения.

### Список литературы

1. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом – М.: Логос, 2010. – 424 с.
2. Яицков, И.А. Проблемы негативного воздействия производственного шума на работников железнодорожного транспорта // И.А. Яицков, И.Г. Переверзев, Т.А. Финоченко. – Ростов н/Д: Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. № 4(45). 2018. – С. 112–114.
3. Финоченко, В.А. Влияние количественной оценки условий труда на величину производственного риска / И.Г. Переверзев, В.А. Финоченко, Т.А. Финоченко. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», № 4, 2017.
4. Чукарин, А.Н. Основы математической теории планирования эксперимента / А.Н. Чукарин, И.В. Богуславский, Л.В. ГусакOVA, В.А. Бондаренко, Г.В. Беспалова. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2014. – 32 с.
5. Баланова, М.В. Методика и техническое обеспечение проведения экспериментальных исследований по определению шума на рабочих местах / М.В. Баланова, Т.А. Финоченко, И.А. Яицков // – Ростов н/Д: Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. №1(46), 2019, – С. 5-8.
6. Губин, В.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных / В.И. Губин, В.Н. Осташков. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2007.– 202 с.
7. Чукарин, А.Н. Экспериментальные исследования шума на рабочих местах локомотивных бригад тепловозов / И.А. Яицков, А.Н. Чукарин. – Ростов н/Д: Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2018. – № 3. – С. 37–45.

© А. С. Козлюк, В. А. Финоченко

### Ссылка для цитирования:

А. С. Козлюк, В. А. Финоченко. Эмпирические исследования виброакустических воздействий на операторов выправочно-подбивочных машин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 104–107.