

УДК: 331.453+628.517.2

OECD: 1.03+2.01

Шум и вибрация как приоритетные факторы безопасности труда при строительстве транспортно-пересадочных кластеров

Буторина М.В.¹, Донцов С.А.^{2*}

¹Д.т.н., доцент, профессор кафедры «Экология и производственная безопасность», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ,

²К.т.н., доцент, доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Рассмотрена проблема обеспечения безопасных условий труда работников при строительстве транспортно-пересадочных кластеров. Для объективной оценки условий труда был применен метод ранговой корреляции. Этот метод позволил достоверно определить ключевые вредные производственные факторы, в качестве которых выступили повышенные уровни шума и вибрации. В рамках натурных исследований на рабочих местах операторов спецтехники были измерены параметры внутреннего шума и эквивалентные скорректированные уровни виброускорения. Результаты позволили классифицировать технику по уровню шума и установить ее акустическое воздействие для машинистов. Анализ показал, что эквивалентный уровень звука превышает допустимые нормы у 28,6% единиц техники в рабочем режиме и у 40% — в режиме холостого хода, а рабочие места машинистов соответствуют классам условий труда от 3.2 до 4. Замеры вибрации выявили превышение гигиенических нормативов у 14,3% образцов строительной техники на 1-7 дБ, что позволяет отнести рабочие места операторов к классу 3.1–3.2. По результатам исследования сформулированы основные мероприятия по приведению условий труда к нормативным значениям.

Ключевые слова: транспортно-пересадочные кластеры, строительство, оператор, условия труда, исследование, шум, вибрация

Noise and vibration as priority factors of occupational safety during construction of transport interchange clusters

Butorina M.V.¹, Dontsov S.A.^{2*}

¹D.Sc., Associate Professor, Professor of the Department of Ecology and Industrial Safety, Baltic State Technical University 'VOENMEH', St. Petersburg, Russia,

²Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Engineering Environmental Protection, St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), St. Petersburg, Russia

Abstract

The problem of ensuring safe working conditions for workers during the construction of transport interchange clusters is considered. For an objective assessment of working conditions, the rank correlation

*E-mail: dontsovgroup@mail.ru (Донцов С.А.)

method was used. This method allowed to reliably determine the key harmful production factors, which were increased noise and vibration levels. As part of the field studies, the parameters of internal noise and equivalent corrected vibration acceleration levels were measured at the workplaces of special equipment operators. The results allowed us to classify the equipment by noise level and establish its acoustic impact on machine operators. The analysis showed that the equivalent sound level exceeds the permissible standards for 28.6% of equipment units in operating mode and for 40% in idle mode, and the machine operators' workplaces correspond to working conditions classes from 3.2 to 4. Vibration measurements revealed that 14.3% of construction equipment samples exceeded hygienic standards by 1-7 dB, which allows us to classify the operator workplaces as class 3.1–3.2.

Keywords: transport clusters, construction, operator, working conditions, research, noise, vibration

Введение

Одним из индикаторов благополучия, технологичности и экологичности мегаполисов является уровень развитости транспортной доступности, важнейшая роль в которой отводится транспортно-пересадочным кластерам (ТПК), которые представляют собой сопряженную – конструктивно, технически или технологически – комбинацию транспортно-пересадочных узлов и комплексов [1]-[2].

ТПК является конструктивно сложным объектом, а его создание требует усилий большого количества персонала достаточно различной направленности с использованием технологии, значимой для безопасности работников, их здоровья и разнонаправленного воздействия на окружающую среду.

Для исследования и оценки условий труда (УТ) работников применяются результаты специальной оценки условий труда (СОУТ), производственного контроля условий труда (ПК УТ) и оценки уровней профессиональных рисков (ОПР) [3]-[5].

Наиболее динамично процесс создания ТПК наблюдается в крупнейших мегаполисах страны: г. Москве и г. Санкт-Петербурге.

За последние 10 лет в г. Москве построено порядка 263 ТПУ [6] по оперативным данным (август 2025 г.) из них 182 объекта благоустроены по «плоскостному типу», то есть, где пересадки происходят на уровне грунта без строительства затратных капитальных объектов.

Согласно данным Правительства Санкт-Петербурга [7] в городе функционирует уже 14 ТПУ, а до 2029 г. запланировано строительство еще 29 ТПУ, станции первой очереди: «Броневая», «Волковская», «Старая деревня», «Лесная», «Черная речка» и др.

Краткая технологическая характеристика введенных в действие ТПУ в Москве в 2024-2025 г.г. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Введенные в эксплуатацию ТПУ в г. Москве в 2024-2025 г.г.

Наименование ТПУ	Площадь, га	Расположение	Состав, особенности
«Окружная»	72,3	Граница двух административных округов и пересечение границ четырех районов.	Крупнейшая ТПУ, объект капитального строительства, выполнен в виде трехуровневого «вертикального города». Представлен тремя станциями: метро, станция Московского центрального кольца и платформа Московской железной дороги.

Продолжение таблицы 1

Наименование ТПУ	Площадь, га	Расположение	Состав, особенности
«Дмитровская»	14,27	Северный административный округ, два района города.	Участки улично-дорожной сети; объекты природного комплекса, озеленённая территория общего пользования.
«Печатники»	88,3 (ТПУ 10,9)	Юго-Восток города.	Крупнейший транспортный хаб Юго-Востока города, включает 2 станции метро, наземный городской транспорт.
«Ходынское поле»	12,37	Пространство на севере города.	Подземная часть ТПУ.
«Технопарк»	32,78	Одноименная станция метро.	Станция метро, разворотная площадка для наземного общественного транспорта, автовокзал, офисы.
«Фонвизинская»	6,71	На базе одноименной станции метро.	Станция метро, компенсационный паркинг, встроенный паркинг, жилые и коммерческие объекты.
«Минская»	34,77	На базе одноименной станции метро, два района города.	Наличие 39 участков зданий и сооружений: 9 - участков проектируемых и реконструируемых объектов метрополитена и 7 - существующих объектов.

1 Материалы и методы

Взаимодействие работника с комплексом неблагоприятных, вредных и опасных факторов при выполнении им трудовых функций наиболее близко описывает модель типа «человек-техника-производственная среда-биосфера». Выбор строгой математической модели для описания этого взаимодействия является многофакторной задачей ввиду многообразия действующих факторов, их связей, качественного и/или случайного характера, частичного отсутствия критериев и других особенностей. В этих условиях наиболее оправданным является использование интуитивных методов, основанных на построении субъективных эвристик, являющихся альтернативными по отношению к формализованным методам.

Одним из таких подходов, позволяющих оценить уровень безопасности является использование методов экспертных оценок. Наиболее известные из них: мозговая атака, ликвидация тупиковых ситуаций, синектика, деловые игры, модифицированный метод Дельфи и др.

Методы экспертных оценок часто применяются в техносферной безопасности, где невозможно провести оценку объекта или процесса другими методами.

В этом случае результаты опроса экспертов обрабатываются, в том числе с помощью методов математической статистики, и на этой основе делаются окончательные выводы.

Применение методов математической статистики, как на этапе проведения, так и при обработке полученной информации является оправданным и достоверным.

Методы экспертной оценки, являясь неотъемлемой частью теории принятия решений, позволяют выявить наиболее характерные или «критичные» элементы в обеспечении безопасности и разработать корректирующие решения.

В целом процедура применения экспертных оценок включает в себя: построение эвристической модели; постановка экспертного анализа; проведение экспертного опроса (интервьюирования) работников с целью получения оценок; математическая

(статистическая) обработка полученных оценок и интерпретация результатов для выработки стратегии принятия корректирующих решений для защиты персонала.

Для оценки воздействия потенциально опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) на здоровье работников чаще проводится опрос (анкетирование, интервьюирование и др.) отдельных рабочих и (или) их групп.

Оценка степени значимости параметров работниками (экспертами) производилась путем ранжирования, то есть присвоения им рангового номера. Фактор, который наиболее важен (критичен) для конкретного рабочего места (профессии), работник (эксперт) давал наивысшую оценку и присваивал ранг 1, а если эксперт признавал несколько факторов равнозначными, то им присваивался одинаковый ранговый номер, так называемые «связанные» ранги.

Результаты опроса обрабатывались по существующей методике [8]. На первом этапе рассчитывалась сумма рангов для каждого фактора по формуле:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij}, \quad (1)$$

где m – число опрошенных работников (экспертов, специалистов); a_{ij} – ранг i -го фактора, присвоенный j -м исследователем.

Затем определялось отклонение суммы рангов данного фактора от средней суммы рангов по формуле:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}, \quad (2)$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го фактора от средней суммы рангов; k – число факторов; $\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$ – средняя сумма рангов.

Оценка степени согласованности мнений работников (экспертов) производилась с помощью коэффициента конкордации Кэнделла (W) по формуле:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{m^2 (k^3 - k)}, \quad (3)$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го фактора от средней суммы рангов; k – число рассматриваемых (исследуемых) факторов; m – число опрошенных работников (экспертов).

Для оценки значимости коэффициента конкордации использовался критерий согласования Пирсона:

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m \cdot n (n + 1) + \frac{1}{n-1} \sum T_i}, \quad (4)$$

где T_i – число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках i -го эксперта; t_l – количество элементов в l -й связке для i -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

Чтобы определить наличие согласия мнений опрошенных работников, расчетное значение χ^2 необходимо было сравнить с табличным значением $\chi^2_{\text{т}}$ из распределения Пирсона. Если $\chi^2 \geq \chi^2_{\text{т}}$, наблюдается согласие мнений.

С целью выяснения реального положения УТ на строительной площадке, была разработана оценочная анкета, включающая семь вопросов, а работникам различных

профессий было предложено пройти интервьюирование, выделив наиболее характерные для них ОВПФ: химические вещества в воздухе рабочей зоне; аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПДФ); шум; вибрация; качество обучения по вопросам охраны труда (ОТ); удовлетворенность номенклатурой и степенью защиты средств индивидуальной защиты (СИЗ); показатели напряженности труда.

Перечень предлагаемых для экспертной оценки ОВПФ был сформирован по результатам проведения СОУТ, ПК УТ и жалоб работников на существующие условия труда.

Качественно-количественный отбор рабочих для анкетирования был произведен исходя из позиций:

- необходимой репрезентативности выборки статистического исследования, учитывая тот факт, что малое количество экспертов $N \geq 10$ снижает точность исследования, а $N \rightarrow \infty$ приводит к усложнению и удорожанию процедуры, что также в дальнейшем затрудняет выработку корректирующих решений.

- широты обхвата рабочих профессий, учитывая, что в технологических процессах задействованы различные группы строительного персонала.

Оценка степени согласованности мнений всех интервьюированных работников осуществлялась по формуле (3):

$$W = \frac{15524,5}{\frac{1}{12} \cdot 25^2 \cdot (7^3 - 7) - 25 \cdot 0,5} = 0,89$$

$$T_1 = [(2^3 - 2)]/12 = 0,5$$

$$T_9 = [(2^3 - 2)]/12 = 0,5$$

$$T_{13} = [(2^3 - 2)]/12 = 0,5$$

$$T_{17} = [(2^3 - 2)]/12 = 0,5$$

$$\sum T_i = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 2$$

Таким образом, в результате расчета коэффициента конкордации Кэнделла была установлена высокая степень согласованности мнений опрошенных.

Итоговая матрица рангов с учетом связанных рангов интервьюированных работников (№ 1,9,13,17) приведена в таблице 2.

Оценка значимости коэффициента конкордации выполнялась при помощи критерия Пирсона:

$$\chi^2 = \frac{15524,5}{\frac{1}{12} \cdot 25 \cdot 7(7+1) + \frac{1}{7-1} 0,5} = 133,45$$

Вычисленный χ^2 сравниваем с табличным значением для числа степеней свободы $k = n - 1 = 7 - 1 = 6$ при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Поскольку $\chi^2 \geq \chi^2(133,45 \geq 12,59159)$, то полученный нами коэффициент конкордации (0,89) не является случайной величиной, т.е. полученные результаты можно использовать для дальнейших исследований.

Диаграмма распределения рангов ОВПФ, воздействующих на работников при строительстве ТПК, по их значимости приведена на рисунке 1.

Проведенное статистическое исследование позволило выделить приоритетные ОВПФ на строительной площадке. При оценке учитывалось, что чем меньше сумма рангов фактора, тем большее влияние он оказывает на исследуемую величину. Следовательно, наиболее значимыми факторами являются виброакустические.

Таблица 2 – Итоговая матрица рангов по результатам интервьюирования работников, задействованных в строительстве ТПК

Ранги по факторам	Интервьюированные работники																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Х1 Повышенный уровень шума	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Х2 Повышенный уровень вибрации	2	2	1	3	1	2	2	2	1	3	2	4	2,5	2	2	2	3,5	2	2	3	2	3	2	2	2
Х3 Повышенный уровень химических веществ	4,5	4	4	4	4	4	3	4	3	2	4	2	4	3	4	4	2	3	4	2	4	4	3	3	3
Х4 Повышенная концентрация АПФД	3	3	3	2	3	3	4	3	4	4	3	3	2,5	4	3	3	3,5	4	3	4	3	5	4	4	4
Х5 Высокая напряженность труда	4,5	5	5	5	5	5	6	5	5,5	5	6	7	6	5	6	5	5	5	5	5	5	2	5	6	5
Х6 Удовлетворенность номенклатурой и степенью защиты СИЗ	6	6	6	7	7	6	5	6	5,5	7	5	6	5	6	5	6	6	7	7	6	6	6	7	5	6
Х7 Удовлетворенность качеством обучения по ОТ	7	7	7	6	6	7	7	7	7	6	7	5	7	7	7	7	7	6	6	7	7	7	6	7	7

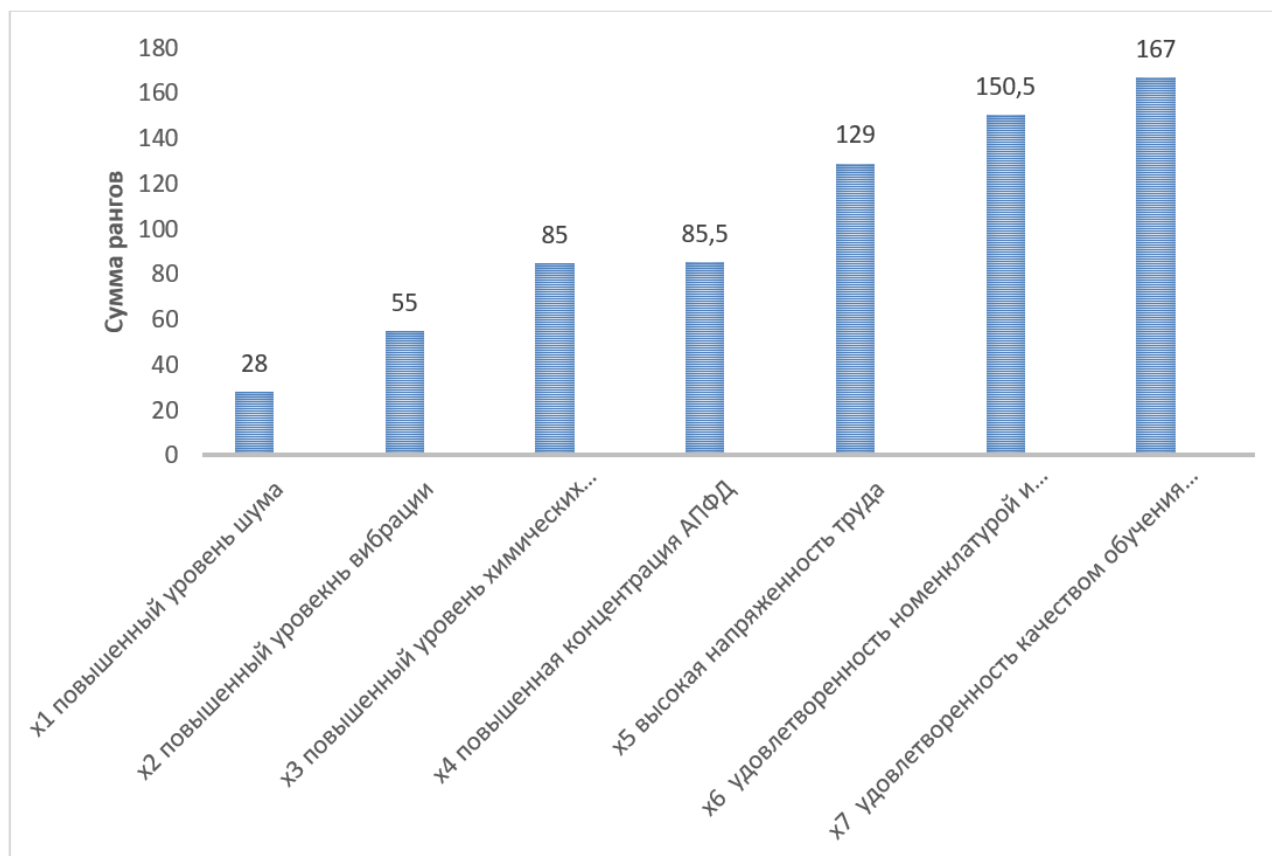


Рисунок 1 – Диаграмма распределения рангов ОВПФ по их значимости на работников при строительстве ТПК

Специфика условий труда работников и связанная с ней акустическая нагрузка определяется типом используемой техники. Основные виды применяемых для строительства ТПК машин были выявлены при помощи изучения технологических карт [2].

С целью оценки уровня воздействия виброакустических факторов на работников, эксплуатирующих наиболее распространенные типы техники, был проведен натурный эксперимент по определению:

- а) внутреннего уровня шума для транспортного и технологического режимов работы;
- б) эквивалентного скорректированного уровня виброускорения на рабочих местах.

Согласно действующего 426-ФЗ [5] исследование шума на рабочих местах осуществляется по аттестованной методике МИ Ш.ИНТ-02.01-2018 [9], а оценка вибрации по «МИ ОВ.ИНТ-05.01-2018» [10].

Измерения проводились при закрытых дверях и окнах кабины (при их наличии), при работе системы вентиляции и в среднем скоростном режиме. Оператор (машинист) находился в позиции вождения. Сидение было расположено в центральной точке его горизонтального и вертикального положения.

Микрофон был расположен на микрофонной стойке и был направлен горизонтально относительно его основной оси. Направление расположения микрофона было таким, как направление взгляда оператора (машиниста) при проведении работ.

2 Результаты

Интерпретация полученных экспериментальных значений внутреннего шума (эквивалентного и максимального уровня звука) на рабочих местах операторов техники, используемой при строительстве ТПК, приведены на рисунках 2-3.

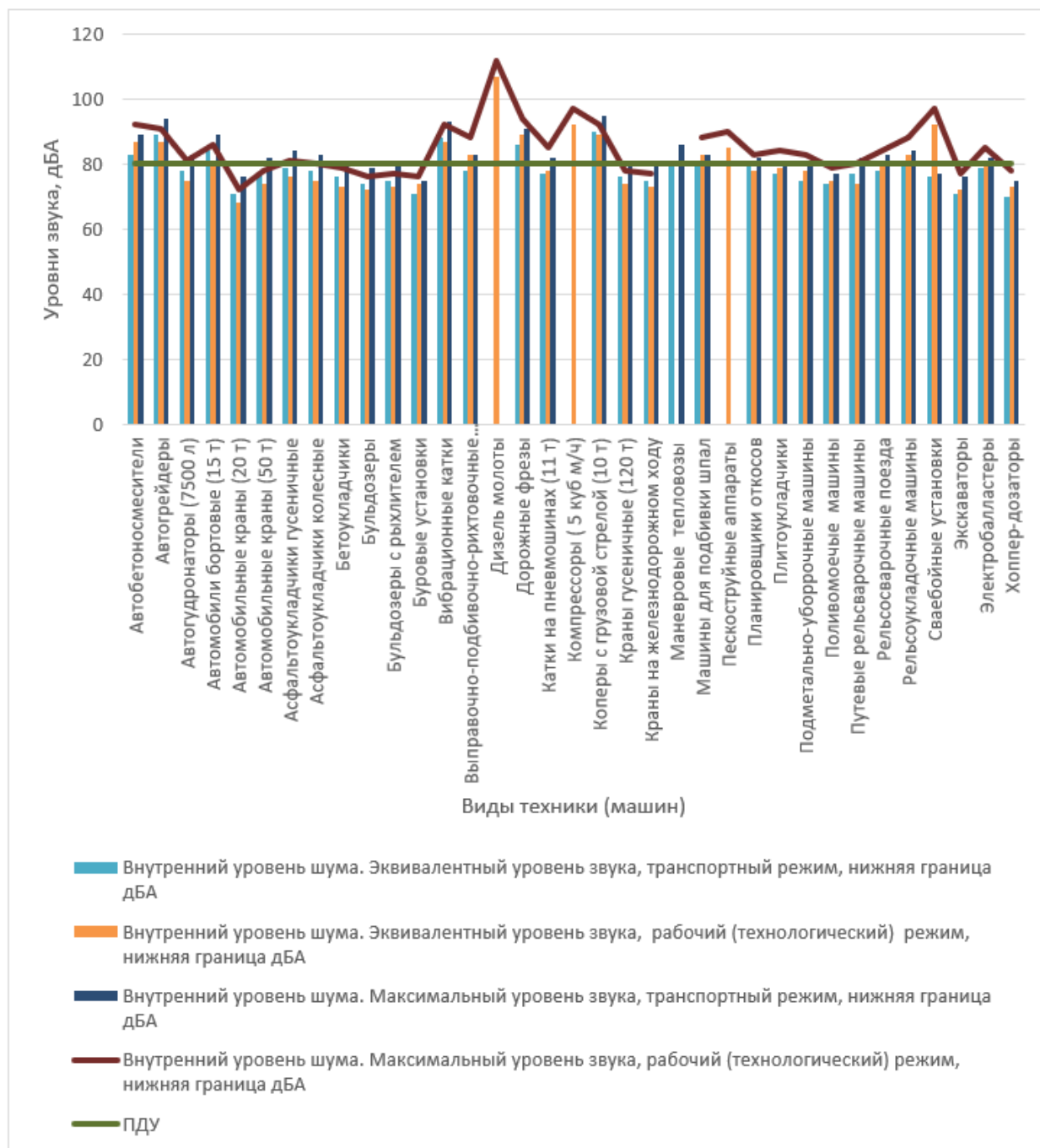


Рисунок 2 – Нижняя граница внутреннего шума ($L_{Aэв}$ и $L_{Aмакс}$, дБА)

Результаты натурных измерений свидетельствуют от том, что эквивалентный уровень звука превышает предельно допустимый уровень (80 дБА) для 10 видов техники в рабочем режиме и для 14 видов в технологическом режиме.

Наибольшее превышение ПДУ составляет 6-30 дБА и характерно для рабочих мест операторов коперов с грузовой стрелой, дизель-молотов, компрессоров, дорожных фрез и вибрационных катков, что позволяет отнести их по фактору шума к классу условий труда

от 3.2 до 4 согласно [11].

Интерпретация полученных экспериментальных значений эквивалентного скорректированного уровня виброускорения на рабочих местах операторов строительной техники приведена на рисунках 4-5.

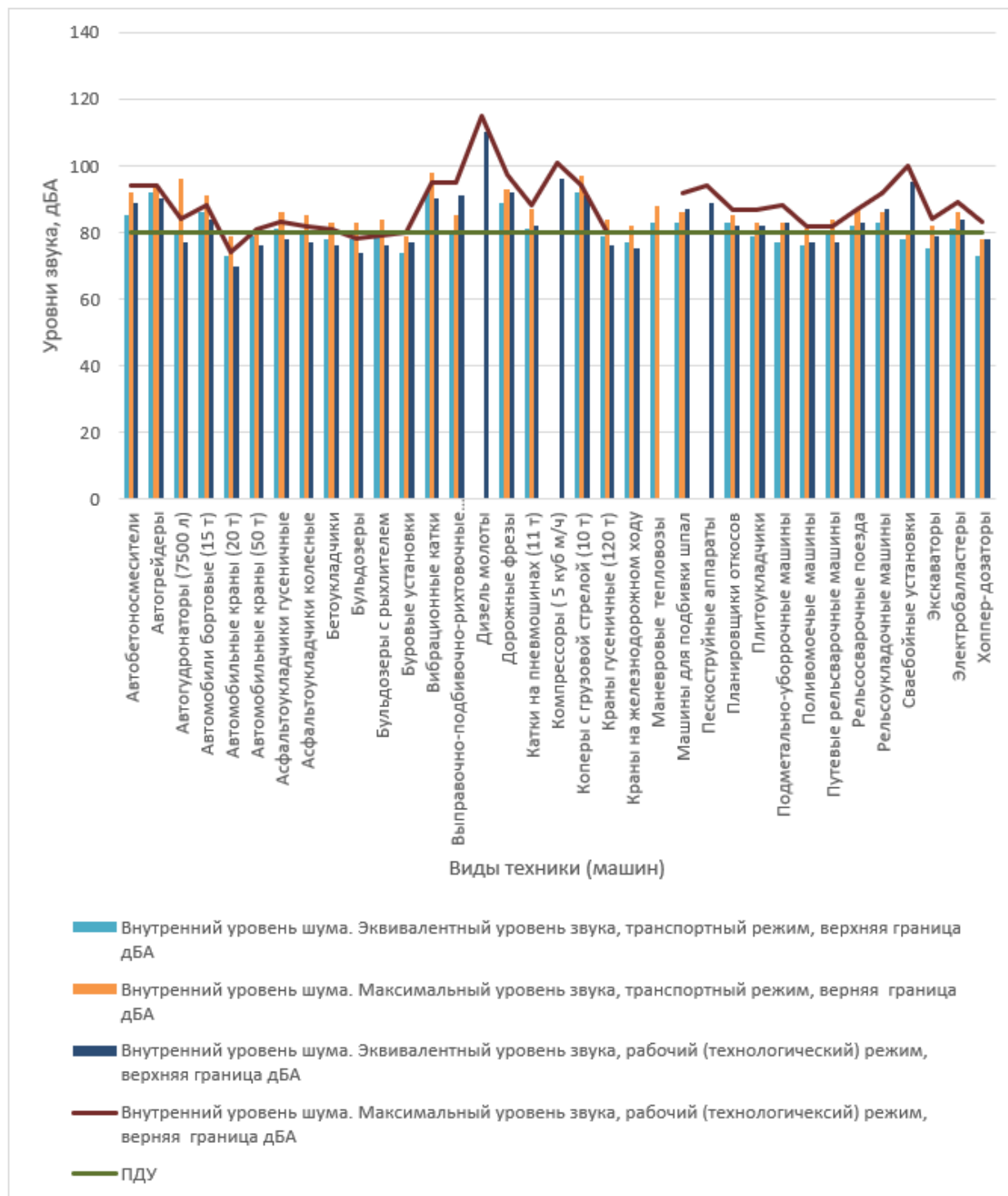


Рисунок 3 – Верхняя граница внутреннего шума ($L_{A_{ЭВ}}$ и $L_{A_{Мак}}$, дБА)

Превышения уровней вибрации на рабочих местах для транспортного и технологического режима соответственно составили:

- гусеничные асфальтоукладчики 1-2 / 1-4 дБ;
- вибрационные катки 2-3 / 4-7 дБ.

В технологическом режиме работы:

- бетоноукладчики (оси Y, Z) 1 дБ;
- дизель-молоты 4-7 дБ;
- компрессоры 1-2 дБ.

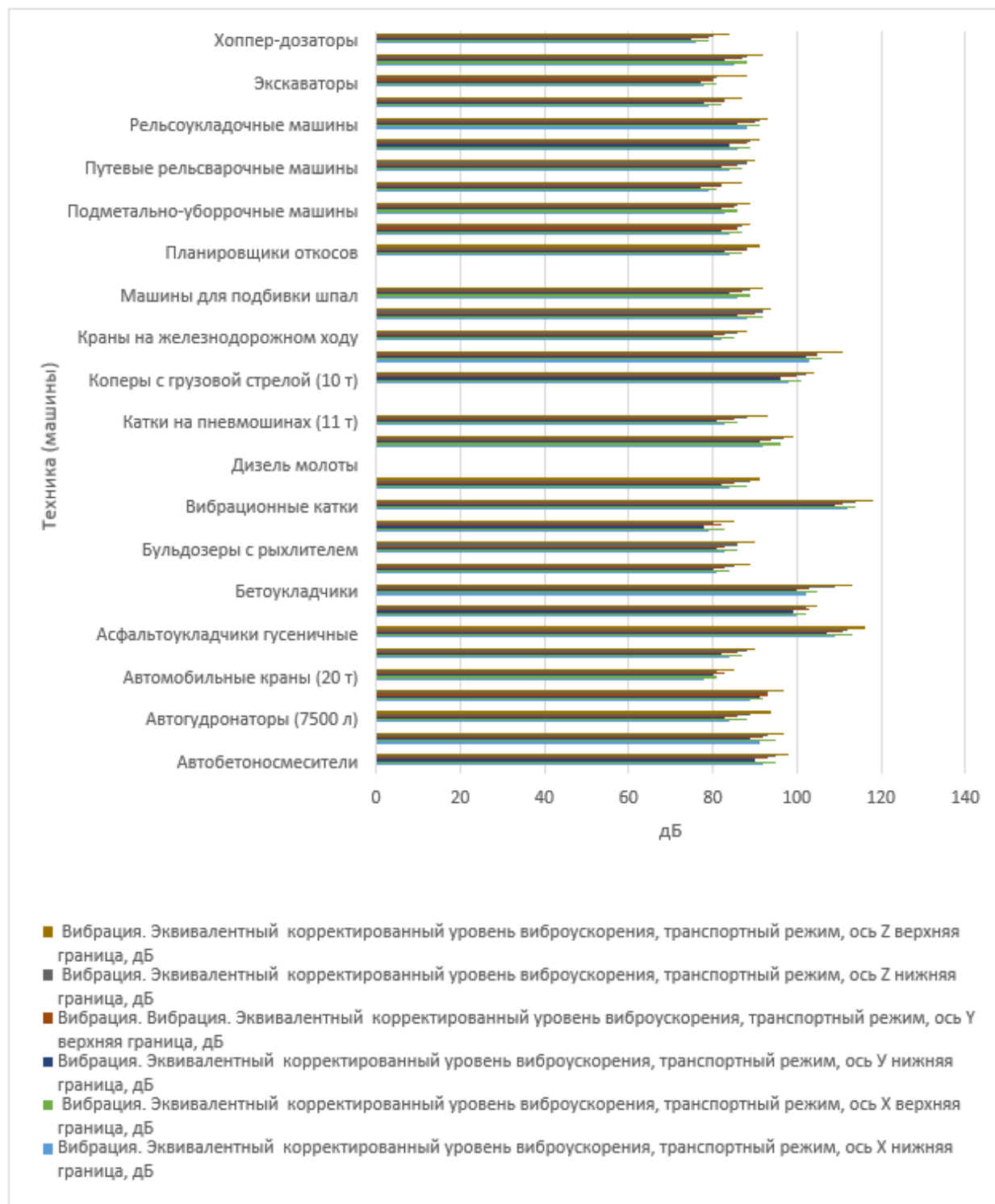


Рисунок 4 – Экспериментальная оценка уровня вибрации на рабочих местах техники, используемой при создании ТПК в транспортном режиме в рамках СОУТ

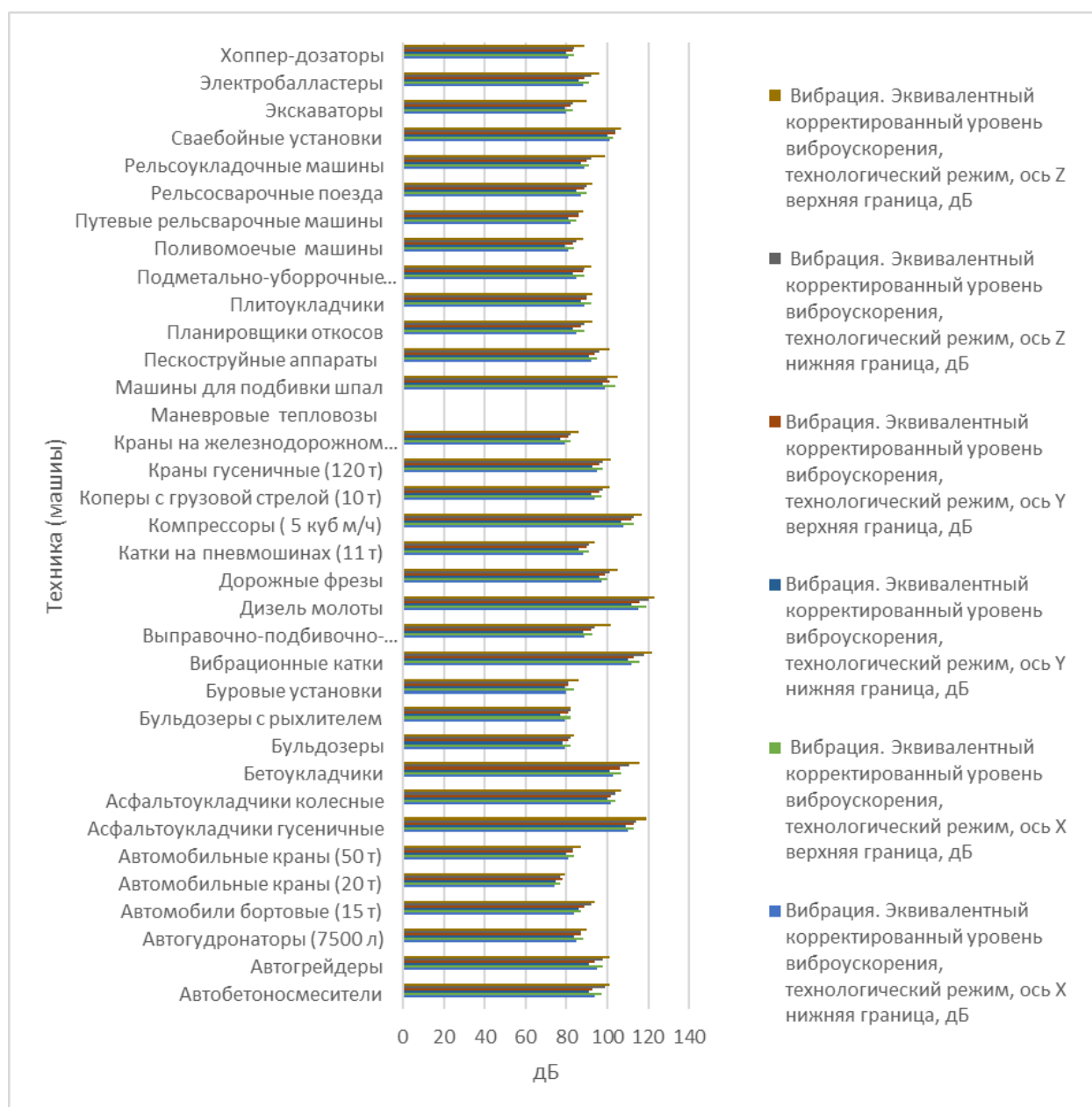


Рисунок 5 – Экспериментальная оценка уровня вибрации на рабочих местах техники, используемой при создании ТПК в технологическом режиме в рамках СОУТ

3 Обсуждение

По результатам ранее проведенного статистического исследования методом ранговой корреляции, были выявлены приоритетные ОВПФ: шум и вибрация. Выполненное исследование виброакустических факторов на рабочих местах операторов строительной, дорожной и железнодорожной техники, работающей в транспортном и технологическом режимах, проведенное для 35 видов техники, позволило выделить 6 групп машин с точки зрения их акустического воздействия на оператора:

- 1 класс. Умеренно шумные – 71-75 дБА;
- 2 класс. Допустимо шумные – 76-80 дБА;
- 3 класс. Шумные – 81-85 дБА;
- 4 класс. Повышенной шумности – 86-90 дБА;
- 5 класс. Высоко шумные – 91-95 дБА;

6 класс. Чрезвычайно высоко шумные – 96-105 дБА и более.

Разработанная классификация позволяет снизить затраты на проектирование, а также увеличить скорость и эффективность разработки корректирующих решений.

Оценка вибрации показала превышение действующих санитарно-гигиенических норм, так согласно СанПин 1.2.3685 [11] она имеет место для 5 видов техники (гусеничные асфальтоукладчики, вибрационные катки, бетоноукладчики и др.) или (14,28%) применяемых на строительной площадке.

Ранжирование рабочих мест операторов (машинистов) к классу (подклассу) условий труда составило:

- компрессоры – класс 3.1;
- дизель-молоты – класс 3.2;
- вибрационные катки – класс 3.2;
- бетоноукладчики – класс 3.1;
- гусеничные асфальтоукладчики – класс 3.1;

Заключение

Проведенное статистическое исследование методом ранговой корреляции при интервьюировании работников позволило достоверно выделить приоритетные ОВПФ на строительной площадке, наиболее значимыми факторами явились виброакустические.

Натурное исследование показало, что эквивалентный уровень звука превышает нормируемое значение на 6-30 дБА для 10-14 видов техники. Превышение ПДУ наблюдается как в транспортном, так и в технологическом режиме. При этом рабочие места операторов можно отнести по фактору шума к классу условий труда в диапазоне от 3.2 до 4 в зависимости от вида техники.

Превышения допустимых уровней вибрационного воздействия на рабочих местах машинистов достигают 1-7 дБ. Ранжирование рабочих мест операторов (машинистов) по фактору вибрации показало, что рабочие места должны быть отнесены к классам 3.1-3.2.

Снижение шума и вибраций до допустимых уровней может осуществляться использованием звукоизолирующих кабин, капотов и замкнутых экранов на рабочих органах машин; применением виброизоляции, вибродемпфирования и современных СИЗ.

Список использованных источников

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 22.09.2016 N 1945р «Об утверждении Единых требований к формированию транспортно-пересадочных узлов и транспортно-пересадочных комплексов на сети железных дорог ОАО «РЖД».

2. Донцов С.А., Зайцев К.А. Разработка методики экспериментальной оценки исследования условий труда работников, занятых в строительстве транспортно-пересадочных кластеров // В сборнике: Город XXI века. Мировые тренды и региональные особенности : материалы всерос. науч.-практ. конф. Орёл, 2025. С. 476-485.

3. Донцов С.А., Бурак В.Е., Чаплыгин В.С. Эксперт по оценке условий труда // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – N 12. – С. 42-46. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-12-42-46.

4. Донцов С.А. Создание методики количественной оценки профессиональных рисков работников при строительстве транспортно-пересадочных кластеров // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11 N 2(58). – С. 103-109. DOI: 10.46548/21vek-2022-1158-0018.

5. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023).
6. Постановление Правительства Москвы от 6 сентября 2011 года N 413-ПП «О формировании транспортно-пересадочных узлов в городе Москве» (с изм. на 5 августа 2025 года).
7. Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга <https://www.gov.spb.ru/> (дата обращения: 03.09.2025).
8. Трусова А.Ю. Анализ данных. Многомерные статистические методы : учеб. пособие / А. Ю. Трусова ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С.П. Королева (Самар. ун-т). - Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2023. ISBN = 978-5-7883-2029-8.
9. МИ Ш.ИНТ-02.01-2018 «Эквивалентный уровень звука. методика измерений эквивалентного уровня звука (параметров шума) для целей специальной оценки условий труда». Утв. 26 ноября 2018 года, приказ Генерального директора АО КИОУТ №009-ОД.
10. МИ ОВ.ИНТ-05.01-2018» Виброускорение. Методика измерений уровней виброускорения (параметров общей вибрации) для целей специальной оценки условий труда». Утв. 26 ноября 2018 года, приказ Генерального директора АО КИОУТ №009-ОД.
11. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2 (ред. от 16.12.2024).

References

1. Order of JSC Russian Railways dated September 22, 2016 N 1945r "On approval of the Uniform requirements for the formation of transport interchange hubs and transport interchange complexes on the railway network of JSC Russian Railways".
2. Dontsov S.A., Zaitsev K.A. Development of a methodology for an experimental assessment of the study of working conditions of workers engaged in the construction of transport interchange clusters // In the collection: City of the XXI century. World trends and regional features: materials of the All-Russian scientific and practical conf. Orel, 2025. Pp. 476-485.
3. Dontsov S.A., Burak V.E., Chaplygin V.S. Expert in assessing working conditions // Occupational safety in industry. - 2022. - No. 12. - Pp. 42-46. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-12-42-46.
4. Dontsov S.A. Creation of a methodology for quantitative assessment of professional risks of workers in the construction of transport clusters // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2022. - Vol. 11, N 2(58). - P. 103-109. DOI: 10.46548/21vek-2022-1158-0018
5. Federal Law of 28.12.2013 N 426-FZ "On special assessment of working conditions" (as amended and supplemented, entered into force on 01.09.2023).
6. Resolution of the Government of Moscow of September 6, 2011 N 413-PP "On the formation of transport hubs in the city of Moscow" (as amended on August 5, 2025).
7. Official website of the administration of St. Petersburg <https://www.gov.spb.ru/> (date of access: 09/03/2025).
8. Trusova A. Yu. Data analysis. Multivariate statistical methods: textbook / A. Yu. Trusova; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Samara National Research University named after S.P. Korolev (Samara University). - Samara: Publishing house of Samara University, 2023. ISBN = 978-5-7883-2029-8.

9. MI SH.INT-02.01-2018 "Equivalent sound level. Methodology for measuring the equivalent sound level (noise parameters) for the purposes of a special assessment of working conditions". Approved. November 26, 2018, order of the General Director of JSC KIOUT No. 009-OD.

10. MI OV.INT-05.01-2018" Vibration acceleration. Methodology for measuring vibration acceleration levels (general vibration parameters) for the purposes of a special assessment of working conditions". Approved. November 26, 2018, order of the General Director of JSC KIOUT No. 009-OD.

11. SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. Approved. by the Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 01/28/2021 No. 2 (as amended on 12/16/2024).