

**к.м.н., доцент Юдин А.Б.**  
**д.т.н., профессор Бороненко Ю.П**  
**Полетаев А.А.**  
**д.м.н. профессор, старший научный сотрудник**  
**Лопатин С.А.**

Государственный научно-исследовательский  
испытательный институт военной медицины  
ФГБОУ ВО «Петербургский государственный  
университет путей сообщения Императора Александра  
I»

Главное военно-медицинское управление  
Министерства обороны

**К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ  
СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИИ  
НА МАЛОМОБИЛЬНЫХ  
ПОСТРАДАВШИХ, ЭВАКУИРУЕМЫХ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**Санкт-Петербург, Москва, 2024**

В течение 2022 года в поездах АО «ФПК» с использованием более 1100 специализированных вагонов для перевозки населения с ограниченными физическими возможностями было перевезено более 300 тыс. маломобильных пассажиров. С 2016 по 2021 год удалось повысить долю поездов дальнего следования, включающих специализированные вагоны, предназначенные для перевозки пассажиров из числа инвалидов, с 45 до 92 %.

В ходе проведения СВО в 2022 и 2023 годах было выполнено более 300 железнодорожных рейсов по эвакуации раненых военнослужащих в военно-медицинские организации окружного и центрального подчинения для оказания специализированной медицинской помощи. Для военного санитарного поезда (ВСП) используется подвижный состав, предоставленный Открытым акционерным обществом «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») из числа эксплуатируемых пассажирских вагонов после их минимального переоборудования.

При этом эксплуатируемые пассажирские вагоны относятся к объектам, на которых имеет место неблагоприятное влияние ряда вредных факторов, включая вибрацию, т.к. только в 2023 г. удельный вес объектов железнодорожной отрасли страны, в том числе подвижного состава, не отвечающих санитарным нормам и правилам по вибрации, составлял 13,0 %. Также значимой является защита от вибраций и колебаний при движении ВСП во время проведения неотложных медицинских инвазивных манипуляций.

### **Результаты.**

Для оценки роли системных нарушений при краткосрочном (1-3 дня) и долгосрочном (более 3-х суток) перемещении железнодорожным транспортом маломобильных пассажиров в условиях неблагоприятного воздействия вибрации эксперты (n = 16) определили вероятность появления нарушений со стороны центральной и вегетативной нервной систем, сердечно-сосудистой, пищеварительной и эндокринной систем, адаптивно-трофической регуляции, зрительного и слухового анализаторов, а также органов обоняния.

Эксперты установили максимальную вероятность появления отклонений у маломобильных эвакуируемых железнодорожным транспортом в первую очередь со стороны вегетативной и сердечно-сосудистой систем: до 50 % при перемещении до 3-х суток и до 70 % - свыше 3-х суток. Нарушения со стороны желудочно-кишечного тракта и отклонения адаптивно-трофической регуляции достигали 20 % при 3-х суточном перемещении и 40 % - свыше 3-х суток.

В другой анкете содержались вопросы по оценке вероятности появления симптомов вибрационной болезни: головокружение, головная боль, раздражительность, повышенная чувствительность, плаксивость, нарушение сна, изменение слуха и зрения, ноющие боли в ногах, онемение ног, нехватка воздуха и страх смерти. Эксперты установили максимальную вероятность появления у маломобильных эвакуируемых железнодорожным транспортом ноющих болей в ногах и нарушения сна: до 40% при перемещении до 3-х суток и до 60 % - свыше 3-х суток. Головокружение, головная боль и раздражительность оценивались на уровне 20 % при 3-х суточном перемещении и 30 % - свыше 3-х суток.

По данным Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту в 2005-2012 гг. параметры шума, вибрации, освещенности и микроклимата в пассажирских вагонах в 2-10 % случаев незначительно превышали установленные нормативы. Причем по этим показателям санитарно-эпидемиологической обстановки была выявлена отрицательная динамика. В структуре нозологических форм профессиональной патологии у железнодорожников в этот период ведущее место занимали заболевания, обусловленные воздействием физических факторов производственной среды – шума и вибрации, в связи с чем две трети (75 %) всей регистрируемой в отрасли профессиональной заболеваемости приходилось на долю нейросенсорной тугоухости (65,6 %) и вибрационной болезни (9,4 %), что указывает на наличие “хронических” и трудно решаемых проблем в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия на ведущих объектах отрасли.

Специалисты Всероссийского НИИ гигиены транспорта в 2017 г. определили основные вредные и неблагоприятные производственные факторы, присущие профессии проводника: вибрация (общая), шум, запыленность, вредные химические вещества, освещенность, неблагоприятный микроклимат, тяжесть и напряженность труда. При этом локальная вибрация, ионизирующее и неионизирующее излучения были установлены в границах категории «допустимые условия труда». Относительно остальных исследованных производственных факторов (общая транспортная вибрация, шум, охлаждающий и нагревающий микроклимат на фоне высокой степени нервно-эмоционального напряжения) сделан вывод, что их балльные оценки соответствуют допустимому классу условий труда, но обобщенный уровень риска довольно высок. Установлено, что неблагоприятные производственные факторы (такие как вибрация, запыленность, нервно-эмоциональная нагрузка) вызывают нарушения нормальной адаптации, активируют регуляторные механизмы, ответственные за специфическую адаптацию и неспецифический стресс-синдром.

К настоящему времени ситуация принципиально не изменилась: в 2023 г. по отношению к 2021 г. удельный вес объектов железнодорожной отрасли страны, не отвечающих санитарным нормам, по вибрации увеличился на 7,4 % (2023 г. - 13,0 %, 2021 г. - 5,6 %).

Санитарные правила, регламентирующие уровни вибрации для раненых и больных, эвакуируемых железнодорожным транспортом, отсутствуют. Приближенную оценку степени комфортности перевозок можно сделать на основе данных, полученных в экспериментах на здоровых людях, приведенных в ISO 2631, ГОСТ 31191-1.2004, ГОСТ 31191-4 и оцениваемых по величине среднеквадратичных ускорений: менее  $0,315 \text{ м/с}^2$  – дискомфорт не ощущается; от  $0,315$  до  $0,63 \text{ м/с}^2$  – легкое ощущение дискомфорта; от  $0,5$  до  $1 \text{ м/с}^2$  – приемлемое ощущение дискомфорта; от  $0,8$  до  $1,6 \text{ м/с}^2$  – отчетливое ощущение дискомфорта; - от  $1,5$  до  $2,5 \text{ м/с}^2$  – сильное ощущение дискомфорта.

Учитывая, что время железнодорожной эвакуации может превышать 1 сутки, естественно предложить, что при транспортировке раненых необходимо обеспечить уровень ускорений, не превышающий  $0,3 \text{ м/с}^2$ . Это примерно

соответствует показателю плавности хода вагона по ОСТ 24.050.16.85 меньшему 3,0. Большинство российских вагонов обеспечивают показатель плавности хода на пути хорошего состояния не хуже 3,0–3,25, что примерно соответствует среднеквадратичному ускорению 0,3–0,38 м/с<sup>2</sup>. Однако не все пути находятся в хорошем состоянии и в некоторых случаях возможно превышение допустимых уровней плавности хода.

Поэтому для вагонов ВСП необходимо улучшить ходовые качества так, чтобы они обеспечивали комфортность перевозки раненых (пострадавших) при любом состоянии путей. Одним из решений этой задачи видится в применении управляемого подвешивания (рис. 1).

В последнее десятилетие в ряде стран в работах по повышению комфорта проезда пассажиров были достигнуты ощутимые результаты путем создания так называемых «активных систем» подавления колебаний кузова вагона. Например, в ЗАО НО «Тверской институт вагоностроения» разработана система демпфирования вертикальных колебаний кузова железнодорожного пассажирского вагона, содержащая установленные вертикально под кузовом гидравлические демпферы, каждый из которых выполнен с напорной и безнапорной полостями для рабочей жидкости, сообщающимися друг с другом через дроссель, и снабжен штоком дросселя с обеспечением возможности регулировки коэффициента сопротивления. Минимизация вертикальных ускорений кузова достигается за счет автоматической подачи электрического сигнала на электромагниты каждого демпфера для изменения его сопротивления.

При защите врачей хирургического профиля от вибраций и колебаний во время проведения медицинских манипуляций в операционной-перевязочной важна защита как от общей вибрации (передается на тело через опорные поверхности: для стоящего – через ступни ног, для сидящего – через ягодицы и ступни ног, для лежащего человека – через спину и голову), так и от локальной вибрации (передается через руки, ступни ног сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями). Допустимые уровни вибраций в палатах стационарных больниц приведены в СП 2.5.3650-20, анализируя которых можно констатировать, что они на 2 порядка меньше, чем уровни вибраций, регистрируемых при движении пассажирских вагонов.

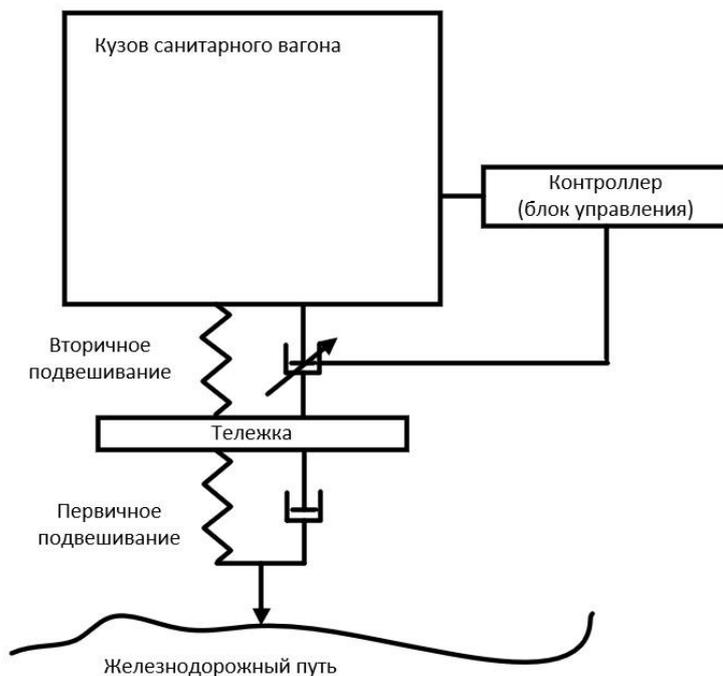


Рисунок 1. Принципиальная схема вагона ВСП с полуактивным подвешиванием

Для безопасного проведения медицинских манипуляций предлагается проработать предложение о создании виброизолированной капсулы внутри вагона. Предварительные расчеты показывают, что применение активного подвешивания такой капсулы позволят снизить на порядок уровень ускорений внутри неё. Важно также найти баланс между технической возможностью реализации системы активного подвешивания капсулы и уровнем виброзащиты.

### **Заключение.**

Существенный процент подвижного состава железнодорожной отрасли, включая пассажирские вагоны, не отвечающего санитарным нормам и правилам по вибрации, а также имеющего повышенный обобщенный уровень риска, позволяет сделать вывод о высокой вероятности неблагоприятного воздействия вибрации на маломобильных эвакуируемых, а также проводников, что подтверждает необходимость принятия целого ряда мер технического и нормативного характера.

Для минимизации механических нагрузок на пострадавших и медицинский персонал мобильного железнодорожного объекта перспективным является применение полуактивного рессорного подвешивания с управлением демпфированием колебаний, принятия конструктивных мер, связанных как с увеличением жесткости кузова вагона, так и с нетрадиционным подходом (пассивная и активная виброизоляция, конструкционное демпфирование, динамическое гашение колебаний и др.). Для проектирования вагонов для перевозки раненых и проведения медицинских манипуляций следует сформировать нормативы уровней допустимых механических нагрузок и на этой основе разработать виброизолированную медицинскую капсулу - операционную-перевязочную с активным подвешиванием.