

States. American Scientific Journal №18, 2018, p. 33-37

3. V. V. Kosov "The experimental researches of the processes of complex reprocessing of biomass into synthesis gas and carbon materials" - the materials of the abstract of a thesis to gain the degree of candidate of technical sciences, Moscow, 2012 (in Russian)

4. The hydrogen getting and keeping way at stand-alone energy devices (2002) The Russian Federation patent # 2192072 (in Russian)

5. Rzaev P.F., Salmanova F.A., Mustafayeva R.M., Mahmudova T.A., Valizade I.E. Application of high-potential heat of solar radiation for biomass transformation in hydrogen and hydrogen containing gases. United-journal №12, 2018, p. 31-34 Tallinn, Estonia.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОМФОРТА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ВОДИТЕЛЯ (МЕТОДИКА РАСЧЕТА).

Бобров Б. Ф.,

канд.техн.наук

Брысин А.Н.,

канд.техн.наук

Соловьев В. С.,

докт.техн.наук

*Институт машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук
(Россия, Москва)*

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.61.25](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.61.25)

ECONOMIC BENEFIT OF IMPROVED COMFORT IN THE WORKPLACE OF THE DRIVER (METHOD OF CALCULATION).

Bobrov B. F.,

Cand.Tech.Sciences

Brysin A. N.,

Cand.Tech.science

Solovyov V. S.,

Doct.Tech.Sciences

*Research Institute for Machine Science named after A.Blagonravov of the
Russian Academy of Sciences Imash Ran (RUSSIA)*

АННОТАЦИЯ.

В статье рассматриваются медицинский и экономический аспекты повышения уровня комфорта на рабочем месте водителя самоходной машины за счет установки водительского сиденья с повышенными виброзащитными свойствами, приведена методика расчета экономического эффекта.

ABSTRACT

The article deals with the medical and economic aspects of improving the level of comfort in the workplace of the driver of a self-propelled machine by installing a driver's seat with increased vibration-proof properties, the method of calculating the economic effect.

Ключевые слова: Рабочее место водителя, виброзащитное сиденье, экономический эффект, профессиональное заболевание.

Keywords: The driver's workplace, vibration isolating driver's seat, economic benefits, occupational disease.

Все машины, относящиеся к строительно-дорожной технике, при всем их многообразии, объединяет одно - повышенная вибрационная и эмоционально-физическая нагруженность водителя (оператора, машиниста), что ставит проблему создания комфортных условий на рабочем месте оператора (водителя), что имеет помимо социального аспекта (сохранение здоровья человека), также и чисто экономический аспект.

Помимо развития профессиональных заболеваний (остеохондроз, сердечно-сосудистые заболевания, язвенная болезнь и т.п.), которые ведут к потере трудоспособности высококвалифицированного работника (лечение которого стоит немало), дискомфорт на рабочем месте ведет к преждевременной усталости, к увеличению перерывов в технологическом процессе, что ведет к падению дневной выработки, а, следовательно, к уменьшению прибыли всего предприятия в целом.

Медицинские аспекты проблемы

Анализ результатов гигиенических исследований показал, что все обследованные группы рабочих (водители промышленных бульдозеров, большегрузных автомобилей, автопогрузчиков, машинисты карьерных экскаваторов, буровых станков) подвергаются комплексному воздействию трехкомпонентной общей вибрации высоких уровней, превышающей предельно-допустимые значения.

Расчет скорректированного уровня виброускорения и дозы вибрации показал, что колебательная энергия, которую получают лица указанных профессий, велика и превышает норматив (предельно-допустимые уровни – ПДУ - по ускорению равны 65, 59 и 50 дБ для транспортной, транспортно-технологической и технологической вибрации соответственно).

Имеет место зависимость частоты жалоб на боли в пояснице и зависимости от стажа в профессии и дозы воздействующей вибрации. Частота жалоб среди рабочих, связанных с воздействующей вибрацией, значительно выше, чем у лиц контрольной группы, что свидетельствует о профессиональной этиологии этих нарушений.

Профессиональный генез объективно диагностируемых спинальных нарушений определяет хорошо выраженную зависимость по субъективным жалобам на боли в пояснице.

Стандартизация этих данных по возрасту показала, что высокая частота спинальных нарушений практически полностью определяется стажем работы в профессии, т.е. дозой, а не возрастом [1].

Рентгенологические исследования показывают наличие дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника в виде остеохондроза, спондилоза, остеоартроза.

Остеохондроз позвоночника у обследованных групп является профессионально обусловленным, так как имеют место локальные перегрузки, а

именно, хроническая микротравматизация позвоночника (экзогенные факторы), которая приводит к травмам позвоночника, заболеваниям опорно-двигательного аппарата, висцеромоторным, остеомоторным реакциям (эндогенные факторы). Далее развиваются явления декомпенсации трофической системы за счет воздействия общей вибрации на вестибулярную систему, что обуславливает вегетативные реакции организма и приводит к развитию хронических заболеваний.

Проведенные исследования позволили обосновать патогенетический механизм формирования вибрационных нарушений от воздействия общей вибрации, о чем свидетельствуют клинические обследования рабочих.

Степень выраженности вибрационных нарушений, а именно, наличие синдрома вегетативно-сенсорной полиневропатии (I степень вибрационной болезни) и синдром вегетативно-сенсорной полиневропатии в сочетании с вторичным пояснично-крестцовым корешковым синдромом (II степень вибрационной болезни) зависела от уровней вибрации и ее стажевой экспозиции – табл.1 [2].

Таблица 1. Процент выявленной вибрационной болезни на 100 рабочих при различном стаже работы в зависимости от уровней вибрации.

Эквивалентное скорректированное ускорение, a [м/с ²]	% случаев на 100 рабочих при (лет)		
	стаже		
	5	10	15
0,2 ¹	0/0	3/1	4/2
0,4 ¹	1/0	4/2	5/3
0,5 ^{1,2}	2/0	6/3	6/3
0,7 ^{1,2,3,4}	3/0	6/3	8/4
1,9 ⁵	4/0	8/5	10/6
2,5 ⁵	5/1	10/7	15/8
3,3 ⁵	6/2	16/9	19/10

Примечание: в числителе - начальные проявления вибрационной болезни (I степень); в знаменателе - умеренно выраженные проявления вибрационной болезни (II степень); 1 - буровые станки, 2 - большегрузные машины, 3 - карьерные экскаваторы, 4 - автопогрузчики, 5 - промышленные бульдозеры.

По данным немецких исследователей, статистика по системам медицинского страхования и пенсионного обеспечения показывает, что каждая пятая история болезни и каждый второй преждевременный выход на пенсию связаны с диагнозом люмбагия (поясничный синдром). Статистика также говорит о том, что заболевания скелета, мышц и связок стоят на первом месте по сравнению с другими, при сохраняющейся тенденции роста. В подавляющем большинстве это относится к возрастной группе 30 - 50 лет, но уже замечен рост упомянутых заболеваний и у более молодых работников. Таким образом, становится ясной важность проблемы создания комфортных условий на рабочем месте оператора (водителя), что имеет помимо социального аспекта (сохранение здоровья человека), также и чисто экономический аспект.

Помимо развития профессиональных заболеваний (остеохондроз, сердечно-сосудистые заболе-

вания, язвенная болезнь и т.п.), которые ведут к потере трудоспособности высококвалифицированного работника (лечение которого стоит немало), дискомфорт на рабочем месте ведет к преждевременной усталости, к увеличению перерывов в технологическом процессе, что ведет к падению дневной выработки, а, следовательно, к уменьшению прибыли всего предприятия в целом.

Как показывает опыт работы комплекса карьерных машин, тяжелые условия труда, и в особенности, повышенная вибронагруженность рабочих мест приводят к значительной утомляемости машинистов карьерных экскаваторов и водителей карьерных автосамосвалов, курсирующих по маршруту экскаватор - склад (место выгрузки). В начале смены график движения, погрузки и выгрузки строго выдерживается, самосвалы не скапливаются в очереди в местах загрузки у экскаваторов и выгрузки на складах. Простои в очередях отсутствуют. По мере накопления усталости у

машинистов экскаваторов и водителей автосамосвалов к середине и особенно, к концу смены график движения начинает сбиваться. Нарушение ритмичности приводит к образованию очередей в местах погрузки и выгрузки (к простоям). Потери производительности труда при этом оценивают в 15 - 30 % [3].

Уменьшение вибронагруженности рабочих мест приводит к снижению утомляемости и к повышению производительности труда за счет выдерживания графика движения.

Основным средством, создающим комфортные условия труда экскаваторщика, оператора бурового станка, бульдозериста, водителя карьерного самосвала и машиниста локомотива, является сиденье оператора (водителя, машиниста), совершенное как с точки зрения как виброзащиты, так и эргономики.

К сожалению, этим свойством не обладает большинство сидений, установленных в упомянутых выше машинах отечественного (да и не только отечественного-) производства.

Решением задачи создания сидений, совершенных с точки зрения эргономики и виброзащиты, заняты специалисты разных стран. Не является исключением и Россия (а до того - СССР). Однако, вследствие всегда весьма скудных отчислений на перспективные разработки и разрозненности усилий специалистов в данной области, а также вследствие желания удешевления производства, российские предприятия (несмотря на наличие в стране крупных специалистов) к настоящему времени не могут похвалиться выдающимися результатами.

Но было бы несправедливо обижать наших российских производителей водительских сидений, которые все же пытаются совершенствовать свою продукцию в рамках весьма скудных возможностей; однако и они сталкиваются с этим же обстоятельством ("Дорого!"), и во многом им приходится подлаживаться под потенциального заказчика, для которого высокие потребительские качества сиденья (прежде всего, как сберегающего здоровье человека объекта) явно не главное.

В результате у нас практически отсутствует посадочное место (верх сиденья) с удовлетворительными характеристиками с точки зрения эргономики, антропометрии, тепло- и влагообмена, и полностью отсутствует пневмоподвеска сидений, на которую успешно переходит весь остальной мир.

Существуют два подхода к разработке и производству виброзащитных сидений, предназначенных для установки в транспортных средствах и транспортно-технологическом оборудовании. Первый из них - достаточно традиционный и широко распространенный в мире - когда предприятие (фирма) производитель техники производит и сиденья (это присуще большинству автомобильных фирм). Однако, в последние годы весьма эффективным показал себя второй подход - когда сиденья для самых различных типов самоходных машин разрабатываются и производятся специализирован-

ными предприятиями, которые могут сконцентрировать крупные научно-технические силы для решения проблем, связанных с созданием совершенных с точки зрения комфорта и виброзащиты водительских сидений (Изрингхаузен, Бостром, Граммер АГ и др.).

Экономические аспекты

Недооценка роли комфорта на рабочем месте водителя (оператора) существенным образом влияет на производительность труда, т.е. в конечном счете, на прибыль предприятия. Из-за несовершенства конструкции сиденья, не обеспечивающих требований соответствующих стандартов, квалифицированный работник должен прерывать или совсем оставить по болезни свою работу на самом пике своей профессиональной формы, или даже не дойдя до него. На смену ему приходит человек с низкой квалификацией, что отрицательно сказывается на росте прибыли.

Комфорт на рабочем месте водителя транспортных средств производственного назначения является большим (до сих пор не использованным) резервом повышения прибыльности предприятий, добывающих и строительных. Проблема оценки экономического эффекта от повышения комфорта на рабочем месте представляет собой сложную задачу, решением которой заняты специалисты разных стран. Например, исследованиями специалистов показано, что убытки из-за вынужденного отсутствия квалифицированного работника в течение одного дня могут достигать значительных сумм. Но также установлено, что эргономические и трудовые улучшения на рабочем месте в короткое время могут привести к снижению производственной нормы текучести рабочей силы и количества больничных листов до 25% и к повышению производительности труда до 40%.

Российскими специалистами (НАМИ и Институт медицины труд РАМН) разработана эффективная методика расчета экономического эффекта от снижения вибронагруженности на рабочем месте [4].

Методика дает возможность подсчитать условный годовой ущерб от воздействия вибрации на водителей; разница между ущербом от воздействия вибрации на базовом образце (серийном) и между ущербом на проектируемом (с повышенной по сравнению с базовым образцом виброизоляцией) дает экономический эффект от мероприятий по снижению уровня вибрации на рабочем месте.

Расчет экономического эффекта основывается на оценке уровня мощности вибрации, действующей на водителя Д (в дБ), с использованием медико-статистических данных, которые увязывают уровни вибрации с вероятностью развития профзаболеваний и временной нетрудоспособности.

Расчет распространяется на мероприятия, обеспечивающие надежное снижение уровня мощности вибрации в пределах от 137 дБ до 110 дБ в октавных полосах частот от 0,7 до 90 Гц, действующей на водителя в течение 50% времени в наряде и более.

Расчет условного годового экономического эффекта мероприятий по повышению плавности хода АТС производится по формуле:

$$\Xi = Y_1 - Y_2 - K_d \times E_n - C_3, \quad (1)$$

где

Y_1 - условный годового экономического ущерб в результате воздействия на водителя общей вибрации с уровнем мощности L_{P1} ;

Y_2 - условный годового экономического ущерб в результате воздействия на водителя общей вибрации с уровнем мощности L_{P2} ;

K_d - дополнительные капитальные вложения в мероприятия, направленные на снижение вибронегативности на рабочем месте водителя;

E_n - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, для всех отраслей народного хозяйства можно принять равным 0,15

C_3 - годовые эксплуатационные расходы (издержки) на мероприятия по снижению вибронегативности на рабочем месте.

Условный годового экономического ущерб (Y_1 и Y_2) от воздействия вибрации на водителей определяется по формулам:

$$Y_1 = [M_1 + \Pi + (B_1 \times L_1 + K_1 \times L_1) \times D \times P_N(L_{P1})] \quad (2)$$

$$Y_2 = [M_1 + \Pi + (B_2 \times L_1 + K_2 \times L_1) \times D \times P_N(L_{P2})] \quad (3)$$

где Π - средняя годовая стоимость прибавочного продукта, создаваемого водителем за время работы в условиях вибрации;

L_1 - стоимость одного дня лечения водителя в стационаре, руб.;

L_2 - стоимость одного посещения амбулатории, руб.;

D - число водителей, подвергаемых воздействию вибрации;

$P_N(L_{P1})$ - вероятность заболевания вибрационной болезнью при уровне мощности общей вибрации L_{P1} ;

$P_N(L_{P2})$ - вероятность заболевания вибрационной болезнью при уровне мощности общей вибрации L_{P2} ;

M_1 и M_2 - среднегодовые трудовые потери при работе в условиях общей низкочастотной вибрации соответственно при уровнях мощности вибрации L_{P1} и L_{P2} ;

B_1 и B_2 - коэффициенты, характеризующие доли госпитализируемых больных и длительность их лечения соответственно при уровнях мощности вибрации L_{P1} и L_{P2} ;

K_1 и K_2 - коэффициенты, характеризующие доли не госпитализируемых больных и длительность их лечения соответственно при уровнях мощности вибрации L_{P1} и L_{P2} ;

Значения M_1 и M_2 берутся по данным территориальных объединений автотранспортных предприятий; при отсутствии данных и/или недостаточной представительности допускается принимать

$$M_1 = M_2 = 0,234.$$

Значения L_1 и L_2 , B_1 и B_2 , K_1 и K_2 берутся по данным лечебных учреждений, обслуживающих автотранспортные предприятия территориального объединения.

Средняя годовая стоимость прибавочного продукта, создаваемого за время работы в условиях вибрации, вычисляется по формуле:

$$\Pi = A \times [1 + (\alpha \cdot N_r)/200] \times Z_0 \quad (4)$$

где Z_0 - средняя годовая заработная плата водителя в первый год после снижения вибрации, руб., - для предварительной оценки экономического эффекта допускается принимать Z_0 равной заработной плате водителя в предшествующий год до снижения вибрации;

α - рост производительности труда в процентах (ежегодный рост производительности труда) определяется в результате проведения испытаний АТС на плавность хода и оценки организационно-технических мероприятий по повышению эффективности использования АТС - при отсутствии данных допускается принимать $\alpha = 3\%$;

A - коэффициент, показывающий, во сколько раз стоимость прибавочного продукта, создаваемого водителем в автотранспортном предприятии за год, больше его годовой заработной платы - при отсутствии данных допускается принимать $A = 1,54$;

$[1 + (\alpha \cdot N_r)/200]$ - коэффициент, учитывающий ежегодное возрастание стоимости прибавочного продукта вследствие роста производительности труда;

N_r - продолжительность работы в условиях вибрации, годы;

Вероятность заболевания вибрационной болезнью $P_N(L_{P1})$ и $P_N(L_{P2})$ при уровне мощности вибрации L_{P1} и L_{P2} определяется из Таблицы 1 в зависимости от продолжительности работы (N) в условиях вибрации.

Уровень мощности вибрации L_P определяется выражением:

$$L_P = 10 \lg (P_N/P_0), \text{ dB} \quad (5)$$

где P_N - средняя мощность общей вибрации в полосе частот от 0,7 до 90 Гц, поглощаемая человеком, Вт;

P_0 - опорное значение мощности, $P_0 = 25 \cdot 10^{-13}$ Вт.

Исходные данные для расчета:

- предполагается, что имеются результаты октавного или 1/3 - октавного анализа экспериментальных данных - виброускорений, измеренных на рабочем месте водителя для штатного сиденья и для сиденья с повышенными виброзащитными свойствами.

Прикидочные расчеты дают среднюю величину уменьшения ущерба от воздействия вибрации, при снижении величин виброускорений в 3 - 4 раза, до 40%, что даже при относительно высокой цене

нового сиденья дает весомый выигрыш (см. формулу 1).

Отметим только, что методика не полностью учитывает влияние улучшений эргономики, которые дают дополнительный весомый вклад в экономический эффект (например, вибрация в сочетании с неудобной рабочей позой -рис.3- приводит к скорейшему развитию вибрационной болезни, правильная рабочая поза может существенно замедлить или вообще исключить.)

Как следует из вышесказанного, комфорт на рабочем месте является весьма важной проблемой. Но вместе с тем, это тот редкий случай, когда гуманность и производственные экономические интересы могут совпадать.

Вложение средств в разработку или приобретение совершенных с точки зрения эргономики и виброзащиты сидений - окупится, поскольку это редкое сочетание социального эффекта (сохранение здоровья работника) и экономического (рост производительности труда, а, следовательно, и прибыли).

Список использованных источников информации

1. Никомбеков А. Н. , Старожук И. А. Критерии оценки воздействия

общей вибрации на человека. Мат. 2-го Международн. совещ. , М. , 1992.

2. Классификация вибрационной болезни от воздействия общей вибрации. М,1982.

3. Крившич С. Я. , Старожук И. А. , Цейтлина Г. С. Сб. "Оптимизация условий труда и профилактики заболеваемости рабочих угольной промышленности", Кемерово, 1990.

4. Методика расчета экономического эффекта от снижения вибронегативности на рабочем месте. <https://yandex.ru/images/search?text=stope&lr=213&source=wiz>

References

1. Nicombekov A. N. , Starojuk A. I. Criteria of assessment of general vibration impact per person. Mat. of 2nd international meeting , М. , 1992.

2. Classification of vibration disease from the effects of general vibration. М,1982.

3. Krivshich, S. Y. , Staroguk A. I. , Zeitlina G. S. Sat. "Optimization of working conditions and prevention of morbidity of workers of the coal industry", Kemerovo, 1990.

4. The method of calculating the economic effect of reducing vibration in the workplace. <https://yandex.ru/images/search?text=stope&lr=213&source=wiz>