

DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-311413>

Оригинальное исследование



# Определение параметров нагрузочных режимов стенда для испытаний виброизоляторов кабины трактора

З.А. Годжаев<sup>1</sup>, В.В. Шеховцов<sup>2</sup>, П.В. Потапов<sup>2</sup>, А.И. Искалиев<sup>2</sup>, М.С. Яркина<sup>2</sup>, А.В. Евсеева<sup>2</sup><sup>1</sup> Федеральный научный агроинженерный центр (ВИМ), Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В эксплуатации виброизоляторы кабины трактора одновременно испытывают нагрузки от вертикальных, продольно- и поперечно-угловых колебаний кабины, которые отличаются амплитудами, частотами и характером изменения во времени. Сымитировать сложное эксплуатационное нагружение виброизолятора можно в стендовых испытаниях.

**Цель** — определить расчётным путём параметры нагрузочных режимов стендовых испытаний виброизоляторов кабины трактора, а также соответствующие параметры приводов нагружателей стенда.

**Методы.** В статье представлены описание и результаты расчёта параметров нагрузочных режимов испытаний виброизоляторов кабины трактора на стенде, обеспечивающем возможность одновременного воспроизведения на испытуемом виброisolаторе нагрузок эксплуатационного характера от вертикальных, продольно- и поперечно-угловых колебаний кабины трактора, а также соответствующих параметров привода этого стенда. Сформулирован порядок подготовки к соответствующим испытаниям, включающий в себя определение значений амплитуд и частот эксплуатационных возмущений, диапазона изменения необходимых частот вращения и крутящих моментов на валах электрических приводов нагружателей стенда и подбор соответствующих приводов с необходимыми характеристиками, определение характера воспроизводимых стендом силовых и кинематических возмущений. На примере резинометаллического виброизолятора АКСС-400М, используемого в подвеске кабины колёсного трактора К-708.4, осуществлён расчёт параметров вертикального нагружения на рассматриваемом стенде. В расчёте учитывался ряд принятых допущений. В итоге получены номинальные значения частоты вращения и крутящего момента на валу электрического привода вертикального нагружателя стенда, согласно которым подобраны электрический двигатель и редуктор фирмы *TRANSTECNO*. Построены характеристики силовых и кинематических возмущений, реализуемых стендом с учётом регулирования частотным преобразователем электрического двигателя.

**Результаты.** Проанализированные графические зависимости позволили установить возможный диапазон частот, воспроизводимых стендом в вертикальном направлении эксплуатационных возмущений, ограниченный возможностями выбранного электрического привода.

**Заключение.** Результаты расчёта параметров электрического привода могут быть использованы при проектировании рассматриваемого стенда для испытаний виброизоляторов кабины трактора, а конкретно — при проектировании элементов нагружателей (кулачковых эксцентриксов, толкателей, возвратных пружин).

**Ключевые слова:** стенд; испытания; виброизолятор; кабина; трактор; нагрузочные режимы; характеристика.

## Как цитировать:

Годжаев З.А., Шеховцов В.В., Потапов П.В., Искалиев А.И., Яркина М.С., Евсеева А.В. Определение параметров нагрузочных режимов стенда для испытаний виброизоляторов кабины трактора // Известия МГТУ «МАМИ». 2023. Т. 17, № 3. С. 241–249. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-311413>

DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-311413>

Original study article

# Definition of parameters of loading modes of the test bench for tractor cabin's vibration isolators

Zakhid A. Godzhaev<sup>1</sup>, Viktor V. Shekhovtsov<sup>2</sup>, Pavel V. Potapov<sup>2</sup>,  
Azamat I. Iskaliev<sup>2</sup>, Malika S. Yarkina<sup>2</sup>, Appolinariya V. Evseeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** During the operation, tractor cabin's vibration isolators are under the simultaneous load vertical, longitudinal- and lateral-angular vibrations of the cabin. These vibrations have different amplitudes, frequencies and time-domain behavior. It is possible to simulate comprehensive operational loads on vibration isolators only with bench testing.

**AIMS:** Within this study, the trial to define parameters of loading modes for bench testing of tractor cabin's vibrational isolators and to define corresponding parameters of drives of the bench loading devices was made.

**METHODS:** This paper presents explanation and the results of calculation of loading modes parameters for testing of tractor cabin's vibration isolator at the bench capable of producing loads from vertical, longitudinal- and lateral-angular vibrations of a tractor cabin simultaneously, as well as the results of calculation of corresponding parameters of drives of this bench. The procedure of preparation for testing was developed. This procedure includes estimation of values of operational loads amplitudes and frequencies, the range of change of necessary velocities and torques of electric drives of the bench loading devices and identification of adequate drives with required properties, determination of behavior of force and kinematic excitation reproduced by the test bench. Exemplary calculation of parameters of vertical loading at the considered bench was performed for the AKSS-400M rubber-metal vibration isolator used in cabin suspension of the K-708.4 wheeled tractor. A number of assumptions were made in the calculation. Nominal values of velocity and torque of the electric motor drive of the vertical loading device of the bench were obtained as the results. Thus, the electric motor with the reduction gear made by TRANSTECNO was selected. Characteristics of force and kinematic excitations reproduced by the bench using electric motor frequency control were built.

**RESULTS:** Analysis of graphs helped to define acceptable range of frequencies reproduced by the bench for operational loads in vertical direction limited by abilities of the selected electric drive.

**CONCLUSIONS:** The results of calculation of electric drive parameters can be used in design of the considered bench for testing of tractor cabin's vibration isolators, particularly in the development of loading devices (cam eccentrics, pushers, return springs).

**Keywords:** test bench; testing; vibration isolator; cabin; tractor; loading modes; characteristic.

## To cite this article:

Godzhaev ZA, Shekhovtsov VV, Potapov PV, Iskaliev AI, Yarkina MS, Evseeva AV. Definition of parameters of loading modes of the test bench for tractor cabin's vibration isolators. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2023;17(3): 241–249. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-311413>

Received: 02.03.2023

Accepted: 01.06.2023

Published online: 15.10.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В эксплуатации виброизоляторы кабины трактора одновременно испытывают нагрузки от вертикальных, продольно- и поперечно-угловых колебаний кабины, которые отличаются амплитудами, частотами и характером изменения во времени [3, 4, 7]. Сымитировать сложное эксплуатационное нагружение виброизолятора можно в стендовых испытаниях.

Испытания виброизоляторов на стендах должны отличаться высокой стабильностью характеристик задаваемых и поддерживаемых нагружающих факторов, точностью регулирования, измерения и регистрации их параметров. Предложенное авторами техническое решение стенда [3] позволяет выполнять испытания виброизолятора кабины трактора, имитируя эксплуатационные режимы его нагружения.

## ЦЕЛЬ

Определение расчётным путём параметров нагрузочных режимов стендовых испытаний виброизоляторов кабины трактора, а также соответствующих параметров приводов нагружателей стенда.

## МЕТОДЫ

Разработанный на кафедре «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» ВолгГТУ стенд для испытаний виброизоляторов кабины транспортного средства (рис. 1) [3, 7] обеспечивает:

- возможность одновременного воспроизведения на испытуемом виброisolаторе нагрузок

эксплуатационного характера от вертикальных, продольно- и поперечно-угловых колебаний кабины трактора;

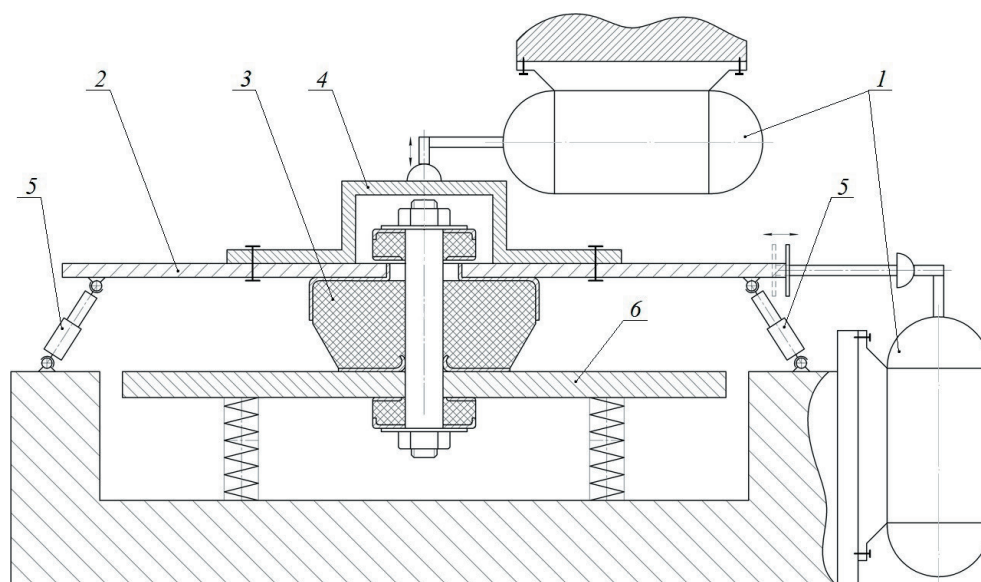
- возможность регулирования частот нагружающих воздействий в соответствии с эксплуатационным спектром нагрузок;
- возможность реализации законов нагружения с различными амплитудами и характером изменения во времени.

На этапе подготовки к испытаниям необходимо:

- 1) определить значения амплитуд и частот эксплуатационных возмущений, действующих на виброизоляторы кабины трактора в вертикальном, продольно-осевом и поперечно-осевом направлениях и определяющих в основном эксплуатационную нагруженность виброизоляторов;
- 2) определить диапазон изменения необходимых частот вращения и крутящих моментов на валах электрических приводов нагружателей стенда;
- 3) осуществить подбор электрических приводов с необходимыми характеристиками;
- 4) определить характер воспроизводимых стендом в вертикальном, продольно-осевом и поперечно-осевом направлениях силовых и кинематических возмущений.

В данной статье в качестве примера представлены результаты определения параметров нагрузочных режимов для воздействия на испытуемый виброизолятор в вертикальном направлении.

На рис. 2 представлены экспериментальные частотные спектры вертикальных ускорений кабин колёсных тракторов К-744Р1 (ст.) и К-700а [1], полученные в режиме движения по полю, подготовленному под посев



**Рис. 1.** Стенд для испытаний виброизоляторов кабины транспортного средства: 1 — электрические приводы нагружателей стенда; 2 — нагрузочная платформа; 3 — испытуемый виброизолятор; 4 — крышка; 5 — стойки; 6 — платформа.

**Fig. 1.** The bench for testing of a vehicle cabin's vibration isolator: 1 — electric drives of bench loaders; 2 — a loading platform; 3 — a tested vibration isolator; 4 — a cap; 5 — gas lifts; 6 — a platform.

зерновых культур, поперек борозд с помощью вибро- и шумоизмерительного комплекса «Ассистент».

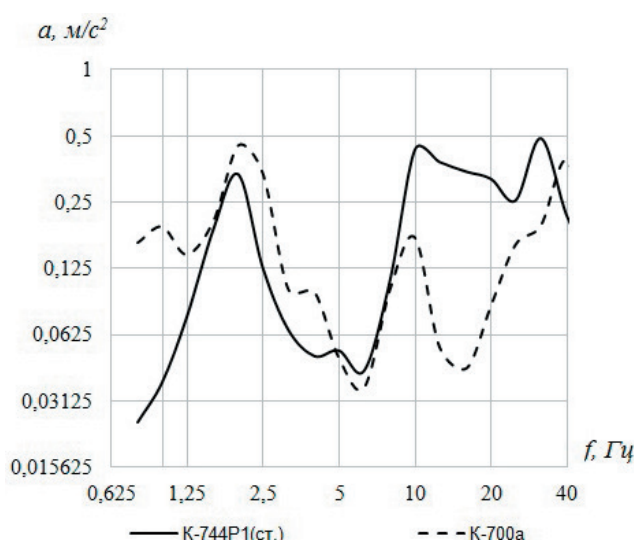
В спектрах (рис. 2) выделяются третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами 2 и 10 Гц и с пиковыми значениями ускорений в диапазоне 0,173–0,455 м/с<sup>2</sup>. Другие полосы с пиковыми значениями в данном случае не рассматривались, так как их показатели выходят за диапазон частот колебаний, влияющих на плавность хода (более 25 Гц). Кроме того, согласно результатам исследований, представленным в работе [4], основная часть энергии вертикальных колебаний кабины приходится на частотный диапазон возмущений от 1 Гц до 10 Гц (80–90% от всей энергии процесса). Максимальные амплитуды вертикальных колебаний кабин при этом имеют место в низкочастотной области. В последующих расчётах в качестве основной частоты возмущений примем 2 Гц.

В работе [2] приведён диапазон (0,003–0,006 м) экспериментально определённых амплитуд вертикальных перемещений в эксплуатации кабины колёсного трактора К-708.4, поддрессоренной четырьмя резинометаллическими виброизоляторами АКСС-400М (рис. 3). В последующих расчётах будем использовать среднюю величину диапазона — 0,004 м.

Необходимая номинальная частота вращения вала электрического привода станда, об/мин, определяется по формуле (1):

$$n_{пр} = f \cdot 60, \quad (1)$$

где  $f$  — частота возмущений, Гц, реализуемых электрическим приводом станда в вертикальном направлении.



**Рис. 2.** Экспериментальные частотные спектры вертикальных ускорений кабин колёсных тракторов К-744Р1 (ст.) и К-700а.  
**Fig. 2.** Experimental frequency spectra of vertical accelerations of cabins of the K-744R1 (st.) and the K-700a wheeled tractors.

Для определения значения крутящего момента на приводе рассмотрим расчётную схему самого электрического привода станда (рис. 4).

Принятые в расчёте допущения:

- модель плоская;
- инерция толкателя не учитывается;
- толкатель обладает достаточной жёсткостью для исключения учёта его продольного изгиба;
- величины жёсткостей возвратных пружин и испытуемого виброизолятора постоянны;
- жёсткости упругих элементов платформы (см. рис. 1, поз. 6), к которой крепится нижняя часть испытуемого виброизолятора, и стоек (см. рис. 1, поз. 5), расположенных между опорным основанием и нагрузочной платформой (см. рис. 1, поз. 2), не учитываются;
- рассматривается только вертикальная составляющая нагрузки на испытуемый виброизолятор.

Выражение, описывающее характеристику электрического привода станда, имеет вид (2):

$$M_{пр} = (c_{вп} + c_{вибр}) \cdot s^2. \quad (2)$$

На рис. 5 представлены кривые характеристик электрического привода станда, полученные для испытаний различных виброизоляторов. Исходные данные для расчёта взяты из работ [2, 6].

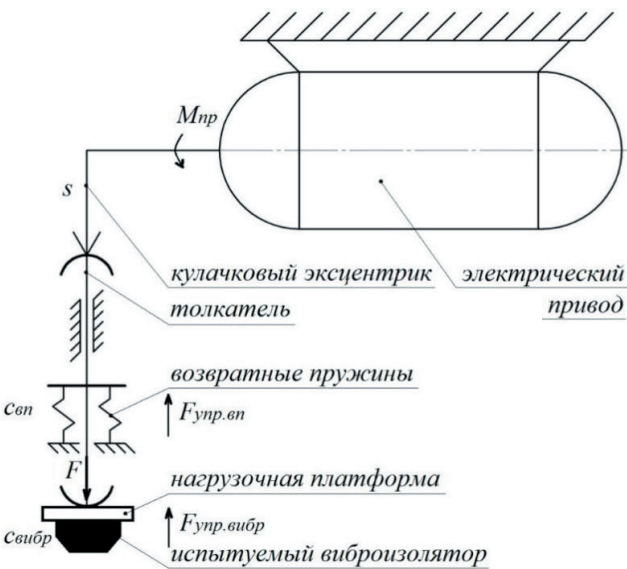
Результаты расчёта частоты вращения и крутящего момента на валу электрического привода станда для испытаний виброизолятора АКСС-400М приведены в табл. 1.

По этим результатам (см. табл. 1) выбран асинхронный электродвигатель в составе с редуктором CMGIS 022 (рис. 6) фирмы TRANSTECNO [5]. На рис. 7 представлена его характеристика.



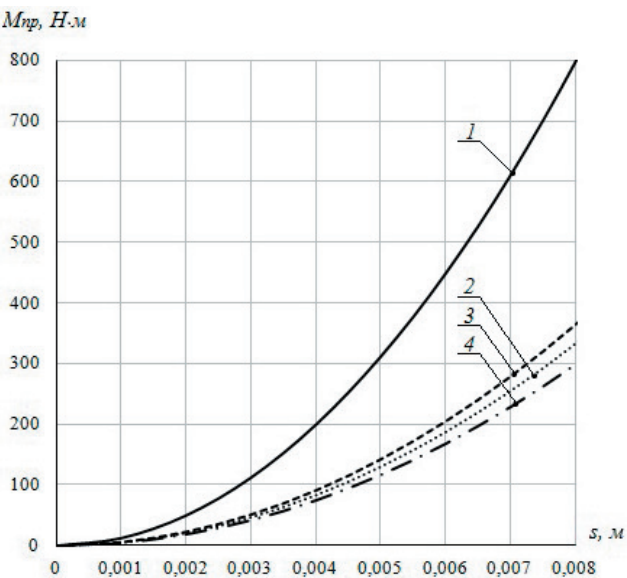
**Рис. 3.** Резинометаллический виброизолятор АКСС-400М.  
**Fig. 3.** The AKSS-400M Rubber-metal vibration isolator.





**Рис. 4.** Расчётная схема электрического привода стенда:  $M_{пр}$  — крутящий момент электрического привода стенда;  $s$  — максимальное вертикальное перемещение толкателя при взаимодействии с кулачковым эксцентриком;  $F_{упр.вп}$  — усилие упругого сопротивления возвратных пружин жёсткостью  $c_{вп}$  (примем  $c_{вп} = 4500000$  Н/м);  $F$  — усилие воздействия на испытываемый виброизолятор;  $F_{упр.вибр}$  — усилие упругого сопротивления испытываемого виброизолятора жёсткостью  $c_{вибр}$ .

**Fig. 4.** Analytical scheme of electric drive of the bench:  $M_{пр}$  — torque of the electric drive of the bench;  $s$  — maximal vertical displacement of a push-rod in interaction with a cam eccentric;  $F_{упр.вп}$  — elastic resistance force of return springs with the stiffness  $c_{вп}$  (assume that  $c_{вп} = 4500000$  Н/м);  $F$  — force acting on the tested vibration isolator;  $F_{упр.вибр}$  — elastic resistance force of the tested vibration isolator with stiffness  $c_{вибр}$ .



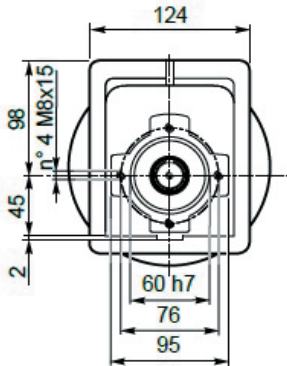
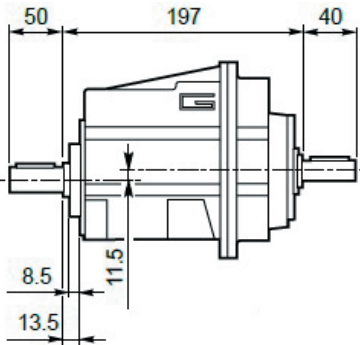
**Рис. 5.** Характеристика электрического привода стенда для виброизоляторов: 1 — АКСС-400М; 2 — гидроопоры VL 03618704 фирмы Simrit; 3 — SCHWINGMETALL 48694.1-6 фирмы Continental ContiTech; 4 — 923-6700200 фирмы Freudenberg-Megulastik.

**Fig. 5.** Characteristic curves of the electric drive of the bench for vibration isolators: 1 — the AKSS-400M; 2 — the VL 03618704 hydraulic support produced by Simrit; 3 — the SCHWINGMETALL 48694.1-6 produced by Continental ContiTech; 4 — the 923-6700200 produced by Freudenberg-Megulastik.

**Таблица 1.** Результаты расчёта параметров электропривода

**Table 1.** Results of calculation of electric drive's parameters

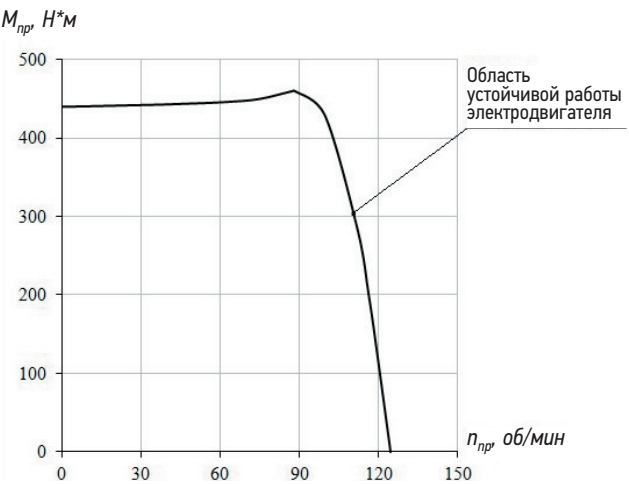
$f$ , Гц	$s$ , м	$n_{пр}$ , об/мин	$M_{пр}$ , Н·м
2	0,004	120	200



Технические характеристики:  
 $n_1 = 1400$  об/мин;  
 $n_2 = 116$  об/мин;  
 $M_2 = 200$  Н·м;  
 $N_1 = 2,5$  кВт;  
 $i = 12,05$

**Рис. 6.** Редукторная часть CMGIS 022:  $n_1$  — номинальная частота вращения вала электродвигателя;  $n_2$  — номинальная частота вращения выходного вала редуктора;  $M_2$  — номинальный крутящий момент на выходном валу редуктора;  $N_1$  — номинальная мощность электродвигателя;  $i$  — передаточное число редуктора.

**Fig. 6.** The CMGIS 022 reduction gear:  $n_1$  — electric motor nominal velocity;  $n_2$  — reduction gear nominal output velocity;  $M_2$  — reduction gear nominal output torque;  $N_1$  — electric motor nominal power;  $i$  — reduction gear ratio.



**Рис. 7.** Характеристика асинхронного электродвигателя в составе с редуктором CMGIS 022.  
**Fig. 7.** Characteristic curve of the asynchronous electric motor coupled with the CMGIS 022 reduction gear.

В дальнейшем будем учитывать только участок характеристики (рис. 7), отражающий область устойчивой работы электродвигателя.

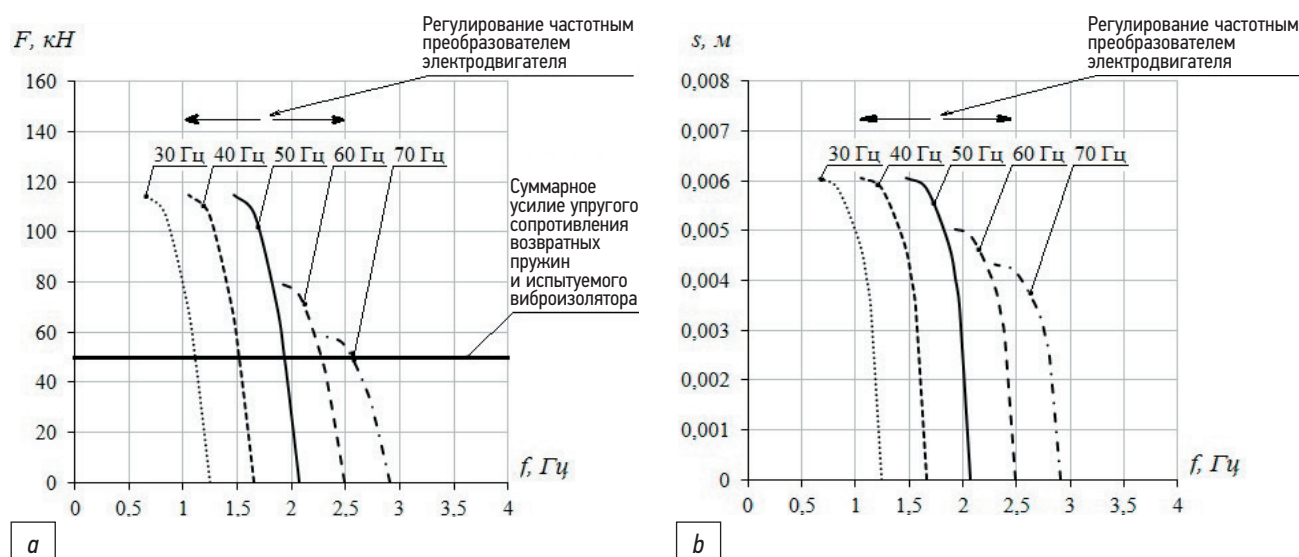
РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчёт характеристик силовых и кинематических возмущений, создаваемых стендом для испытаний виброизолятора АКСС-400М в вертикальном направлении, произведён с учётом расчётной схемы, представленной на рис. 4, и зависимостей (1) и (2).

Результаты расчёта отображены в табл. 2 и на рис. 8. Зависимости на графике (рис. 8,а) позволяют определить возможный диапазон частот возмущений (1,1–2,5 Гц), который можно реализовать на номинальном режиме работы электродвигателя привода стенда с учётом его регулирования частотным преобразователем. Регулирование частотным преобразователем осуществляется

**Таблица 2.** Результаты расчёта характеристик возмущений  
**Table 2.** The results of calculation of excitation characteristics

Напряжение питания асинхронного электродвигателя/частота напряжения									
228 В/30 Гц					304 В/40 Гц				
$n_{пр}$ , об/мин	$M_{пр}$ , Н·м	$f$ , Гц	$F$ , кН	$S$ , м	$n_{пр}$ , об/мин	$M_{пр}$ , Н·м	$f$ , Гц	$F$ , кН	$S$ , м
74,689	0	1,245	0	0	99,585	0	1,660	0	0
68,465	153,333	1,141	38,333	0,004	93,361	153,333	1,556	38,333	0,004
66,390	199,993	1,106	49,998	0,004	91,286	199,993	1,521	49,998	0,004
62,241	282,374	1,037	70,594	0,005	87,137	282,374	1,452	70,594	0,005
49,793	428,862	0,830	107,215	0,006	74,689	428,862	1,245	107,215	0,006
38,465	459,372	0,641	114,843	0,006	63,361	459,372	1,056	114,843	0,006
380 В/50 Гц					380 В/60 Гц				
$n_{пр}$ , об/мин	$M_{пр}$ , Н·м	$f$ , Гц	$F$ , кН	$S$ , м	$n_{пр}$ , об/мин	$M_{пр}$ , Н·м	$f$ , Гц	$F$ , кН	$S$ , м
124,48	0	2,075	0	0	149,38	0	2,490	0	0
118,26	153,333	1,971	38,333	0,004	143,15	106,481	2,386	26,620	0,003
116,18	199,993	1,936	49,998	0,004	141,08	138,884	2,351	34,721	0,003
112,03	282,374	1,867	70,594	0,005	136,93	196,093	2,282	49,023	0,004
99,585	428,862	1,660	107,215	0,006	124,48	297,821	2,075	74,455	0,005
88,257	459,372	1,471	114,843	0,006	113,15	319,008	1,886	79,752	0,005
380 В/70 Гц									
$n_{пр}$ , об/мин	$M_{пр}$ , Н·м	$f$ , Гц	$F$ , кН	$S$ , м					
174,274	0	2,905	0	0					
168,050	78,231	2,801	19,558	0,003					
165,975	102,037	2,766	25,509	0,003					
161,826	144,068	2,697	36,017	0,003					
149,378	218,807	2,490	54,702	0,004					
138,050	234,374	2,301	58,593	0,004					



**Рис. 8.** Характеристики возмущений, создаваемых стендом для испытаний виброизолятора АКСС-400М в вертикальном направлении: а) диапазон усилий вертикального воздействия привода стенда на испытуемый виброизолятор при  $s = 0,004$  м; б) диапазон возможных перемещений толкателя.

**Fig. 8.** Characteristic curves of excitation generated by the bench for testing of the AKSS-400M in the vertical direction: а) the range of vertical forces of the bench drive impact on the tested vibration isolator at  $s = 0,004$  m; б) the range of possible displacements of the push-rod.

по напряжению питания асинхронного электродвигателя и его частоте (30–70 Гц). При превышении значения частоты напряжения питания 50 Гц ухудшаются эксплуатационные возможности асинхронного электродвигателя. Поэтому диапазон необходимых усилий вертикального воздействия привода стенда на испытуемый виброизолятор уменьшается (при 60 Гц — на 54%, при 70 Гц — на 87%). Величины диапазона усилий в определённой полосе частот возмущений использованы при расчёте возвратных пружин (рис. 4).

Данные графика (рис. 8,б) необходимы при подборе кулачковых эксцентриков (рис. 4) соответствующего профиля. Диапазон возможных перемещений толкателя для выбранного электрического привода стенда в диапазоне частот возмущений 1,1–2,9 Гц составляет до 0,004 м. В режиме работы с максимальным крутящим моментом на валу электродвигателя он может достигать до 0,006 м (частота напряжения питания асинхронного электродвигателя 30–50 Гц).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам работы следует отметить следующее:

- разработана методика определения параметров расчётных нагрузочных режимов стенда для испытаний виброизоляторов кабины трактора, обеспечивающего возможность одновременного воспроизведения на испытуемом виброisolаторе нагрузок эксплуатационного характера от вертикальных, продольно- и поперечно-угловых колебаний кабины;
- на примере электрического привода стенда, осуществляющего воздействие на испытуемый

виброизолятор АКСС-400М в вертикальном направлении, проведено расчётное определение параметров данного привода и реализуемых с его использованием нагрузочных режимов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** З.А. Годжаев, В.В. Шеховцов — написание текста рукописи, редактирование текста рукописи; П.В. Потапов, А.И. Искалиев — постановка задач и проведение исследования, создание изображений; М.С. Яркина, А.В. Евсеева — проведение расчётов и обработка результатов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Исследование и публикация осуществлены при поддержке Российского научного фонда (Соглашение № 23-29-00289, от 13.01.2023, <https://rscf.ru/project/23-29-00289/>).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** Z.A. Godzhaev, V.V. Shekhovtsov — writing and editing the text of the manuscript; P.V. Potapov, A.I. Iskaliev — formulating the study tasks and conducting the study, creating images; M.S. Yarkina,

A.V. Evseeva — calculations and data processing. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Funding source.** Research and publication were supported by Russian Scientific Foundation (Agreement № 23-29-00289, from 13.01.2023, <https://rscf.ru/project/23-29-00289/>).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годжаев З.А., Ляшенко М.В., Шеховцов В.В., и др. Вибронагруженность рабочего места оператора и виброзащитные свойства подвесок сидений // Известия МГТУ «МAMI». 2021. Т. 15, № 1. С. 2–11. doi: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-2-11
2. Кузьмин В. А. Обоснование параметров системы поддрессирования колесного сельскохозяйственного трактора класса 4 : дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2018.
3. Патент РФ № 203608 / 14.04.21. Бюл. № 11. Шеховцов В.В., Ляшенко М.В., Потапов П.В., и др. Стенд для испытаний виброизоляторов кабины транспортного средства. [дата обращения: 02.03.2023] Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU203608U1\\_20210414](https://yandex.ru/patents/doc/RU203608U1_20210414)
4. Лебединский И.Ю., Сиротин П.В., Черненко А.Б., и др. Принципы создания систем поддрессирования кабин транспортно-технологических самоходных машин // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 2. С. 105–109.

5. Motorreductores a engranajes cilíndricos Helical in-line gearmotors. Transtecno. [internet]. [дата обращения: 02.03.2023] Режим доступа: [https://www.transtecno.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/10/B\\_NEMA-60-Hz\\_Helical-in-line-garmotors-CMG\\_210507-2\\_0521-1.pdf](https://www.transtecno.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/10/B_NEMA-60-Hz_Helical-in-line-garmotors-CMG_210507-2_0521-1.pdf)
6. Пронина Ю.О. Совершенствование системы виброзащиты оператора промышленного трактора при проектировании на основе моделирования процесса низкочастотного воздействия со стороны гусеничного движителя : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2017.
7. Годжаев З.А., Шеховцов В.В., Ляшенко М.В., и др. Стенд для испытаний виброизоляторов кабины транспортного средства // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2021. № 5 (349). С. 165–173. doi: 10.33979/2073-7408-2021-349-5-165-173

## REFERENCES

1. Godzhaev ZA, Ljashenko MV, Shehovtsov VV, et all. Vibration levels on operator's workplace and vibration protection characteristics of seat suspensions. *Izvestia MG TU MAMI*. 2021;1(47):2–11. (In Russ). doi: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-2-11
2. Kuzmin VA. Obosnovanie parametrov sistemy podressorivaniya kolesnogo sel'skokhozyaistvennogo traktora klassa 4 [dissertation]. Moscow, 2018.
3. Patent RUS № 203608/14.04.21. Byul. № 11. Shehovtsov VV, Ljashenko MV, Potapov PV, et all. Stend dlya ispytaniy vibroizolyatorov kabiny transportnogo sredstva. (In Russ). Accessed: 02.03.2023. Available from: [https://yandex.ru/patents/doc/RU203608U1\\_20210414](https://yandex.ru/patents/doc/RU203608U1_20210414)
4. Lebedinskiy IYu, Sirotn PV, Chernenko AB, et al. Principles of creating of suspension systems for transport-technological self-propelled machines cabin. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2019. 2:105–109 (In Russ).

5. Motorreductores a engranajes cilíndricos Helical in-line gearmotors. Transtecno. [internet] Accessed: 02.03.2023. Available from: [https://www.transtecno.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/10/B\\_NEMA-60-Hz\\_Helical-in-line-garmotors-CMG\\_210507-2\\_0521-1.pdf](https://www.transtecno.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/10/B_NEMA-60-Hz_Helical-in-line-garmotors-CMG_210507-2_0521-1.pdf)
6. Pronina YuO. Sovershenstvovanie sistemy vibrozashchity operatora promyshlennogo traktora pri proektirovanii na osnove modelirovaniya protsessa nizkochastotnogo vozdeistviya so storony gusenichnogo dvizhitelya [dissertation]. Chelyabinsk, 2017.
7. Godzhaev ZA, Ljashenko MV, Shehovtsov VV, et all. Test stand for vibration isolators of vehicle cabin suspension. *Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii*. 2021;5(349):165–173. (In Russ). doi: 10.33979/2073-7408-2021-349-5-165-173

## ОБ АВТОРАХ

\* **Годжаев Захид Адыгезалович**,  
профессор, д-р техн. наук, член-корр. РАН;  
заместитель директора по инновационной  
и внедренческой деятельности;  
адрес: Российская Федерация, 109428, Москва,  
1-й Институтский проезд, д. 5;  
ORCID: 0000-0002-1665-3730;  
eLibrary SPIN: 1892-8405;  
e-mail: fic51@mail.ru

## AUTHORS' INFO

\* **Zakhid A. Godzhaev**,  
Professor, Dr. Sci. (Tech.), Corresponding Member of the Russian  
Academy of Sciences,  
Deputy Director for Innovational and Implemental Activities;  
address: 5 1st Institutskiy drive, 109428 Moscow,  
Russian Federation;  
ORCID: 0000-0002-1665-3730;  
eLibrary SPIN: 1892-8405;  
e-mail: fic51@mail.ru



**Шеховцов Виктор Викторович,**

профессор, д-р техн. наук,  
профессор кафедры «Техническая эксплуатация  
и ремонт автомобилей»;  
ORCID: 0000-0002-5207-8972;  
eLibrary SPIN: 1173-2370;  
e-mail: shehovtsov@vstu.ru

**Потапов Павел Викторович,**

доцент, канд. техн. наук,  
доцент кафедры «Техническая эксплуатация  
и ремонт автомобилей»;  
ORCID: 0000-0001-6645-6033;  
eLibrary SPIN: 7042-2560;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Искалиев Азамат Ибрагимович,**

канд. техн. наук,  
старший преподаватель кафедры «Теплотехника  
и гидравлика»;  
ORCID: 0000-0002-4054-5481;  
eLibrary SPIN: 2709-6602;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Яркина Малика Сайфулло Кизи,**

аспирантка кафедры «Техническая эксплуатация  
и ремонт автомобилей»;  
ORCID: 0009-0009-0747-7358;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Евсеева Аполлинария Владимировна,**

студентка кафедры «Техническая эксплуатация  
и ремонт автомобилей»;  
ORCID: 0009-0006-9832-8304;  
eLibrary SPIN: 9308-2008;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Viktor V. Shekhovtsov,**

Professor, Dr. Sci. (Tech.),  
Professor of the Technical Operation and Service  
of Automobiles Department;  
ORCID: 0000-0002-5207-8972;  
eLibrary SPIN: 1173-2370;  
e-mail: shehovtsov@vstu.ru

**Pavel V. Potapov,**

Associate Professor, Cand. Sci. (Tech.),  
Associate Professor of the Technical Operation and Service  
of Automobiles Department;  
ORCID: 0000-0001-6645-6033;  
eLibrary SPIN: 7042-2560;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Azamat I. Iskaliev,**

Cand. Sci. (Tech.),  
Lecturer of the Heat Engineering and Hydraulic  
Department;  
ORCID: 0000-0002-4054-5481;  
eLibrary SPIN: 2709-6602;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Malika Sajfullo Kizi Yarkina,**

Postgraduate at the Technical Operation and Service  
of Automobiles Department;  
ORCID: 0009-0009-0747-7358;  
e-mail: ts@vstu.ru

**Apollinariya V. Evseeva,**

Student at the Technical Operation and Service  
of Automobiles Department;  
ORCID: 0009-0006-9832-8304;  
eLibrary SPIN: 9308-2008;  
e-mail: ts@vstu.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author