

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.71>

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДАТЧИКА УДАРНОЙ СИЛЫ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КОНСТРУКЦИИ

Научная статья

Черемисина С.А.<sup>1,\*</sup>, Стихановский Б.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-1313-692X;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-5366-579X;

<sup>1</sup> Омский автобронетанковый инженерный институт, Омск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (cheremisvetlana[at]gmail.com)

### Аннотация

В данной статье дана краткая характеристика датчика ударной скорости с постоянным магнитом, его устройство и принцип работы [3]. Указаны проблемные вопросы, возникающие при проведении испытаний, сформулированы задачи, решение которых позволит повысить качество регистрируемых показаний, а также увеличить срок его службы. Приведены результаты исследований по определению влияния вводимых дополнительных элементов (прокладки из полиэтилена толщиной до 0,1 мм и свыше 0,5 мм) в конструкцию датчика ударной скорости. Установлено влияние массы бойка на величину ударной силы. Проведенный анализ исследований позволил внести изменения в конструкцию датчика, с целью повышения эффективности его работы. Даны рекомендации по проведению измерений силы удара.

**Ключевые слова:** датчик ударной скорости, боек, магнитопровод.

## THE EFFECTIVENESS OF A SHOCK POWER SENSOR WITH ADDITIONAL DESIGN ELEMENTS

Research article

Cheremisina S.A.<sup>1,\*</sup>, Stikhanovsky B.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-1313-692X;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-5366-579X;

<sup>1</sup> Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, Omsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Omsk State Transport University, Omsk, Russian Federation

\* Corresponding author (cheremisvetlana[at]gmail.com)

### Abstract

The article gives a brief characteristic of the shock velocity sensor with a permanent magnet, its structure and principle of operation.[3] The problematic issues arising during the tests are indicated, the tasks, the solution of which will improve the quality of the registered readings, as well as increase its service life, are formed. The results of research on the influence of additional implemented elements (polyethylene liners of thickness up to 0.1 mm and more than 0.5 mm) in the construction of a shock velocity sensor are presented. The influence of the peen mass on the shock force value was established. The analysis of the research made it possible to make changes in the design of the sensor in order to increase the efficiency of its work. Recommendations on impact force measurements are given.

**Keywords:** shock power sensor, peen, magnetic path.

### Введение

Определение физической величины ударной силы, как одного из видов силовой динамической нагрузки, имеющимися на рынке средствами измерения является одной из главных задач. Существующие современные устройства для определения скорости и энергии при ударе позволяют с различной степенью точности провести измерения. Каждое из таких устройств имеет ряд преимуществ в сравнении с аналогами, а также недостатки и определенные условия их применения [1], [2], [3]. В различных отраслях промышленности нашли широкое применение тензорезисторы, индукционные, фото- и магнитоупругие датчики. Применяемые методы и средства измерения позволяют прямым измерением зарегистрировать физическую величину, впоследствии, применяя косвенный метод, на основе полученных показаний путем вычислений по уравнению, будет получена искомая величина, связанная с регистрируемыми показаниями [10, С.28-32]. Среди известных способов измерения параметров удара можно выделить методы: шариковых отпечатков, дифференцирования кривой перемещения, измерений посредством снятия индикаторной диаграммы, индикации мерного участка пути и другие. Если при этом проводить многократные измерения, то значительно повысится точность исследуемых показателей.

### Методы и принципы исследования

В качестве исследуемого избран индукционный датчик ударной скорости машин, принцип работы которого заключается в следующем: под воздействием удара бойка крышка (3) приходит в движение, в момент отрыва происходит размыкание электрической цепи датчика, что влечет за собой изменение магнитного потока в магнитопроводе и наведение в измерительной обмотке электродвижущей силы, величина которой находится в прямой

зависимости от скорости движения бойка и, соответственно, энергии удара. Крышка отрывается от корпуса (1), внутри которого соосно штоку (2) расположены электромагнитная катушка с обмоткой и кольцеобразный магнит. Упругий элемент подпружинивает шток, а также возвращает крышку на исходную позицию после удара. В корпусе датчика имеется отверстие, через которое выведен изолированный провод для присоединения к регистрирующему устройству. Использование постоянного магнита позволяет обеспечивать стабильное магнитное поле, а, благодаря изоляции измерительной обмотки катушки, защиту самого датчика от воздействия внешних переменных полей [3], [4, С. 301-307]. Экспериментально установлено, что показания измерений, полученные с помощью данного датчика, достоверны с высокой степенью точности. На рисунке 1 показаны устройство и внешний вид датчика.

В процессе исследования установлено, что при ударе работа силы отрыва крышки датчика от корпуса находится в пропорциональной зависимости от величины сигнала датчика. В результате удара возникающая электромагнитная сила притяжения в измерительной катушке преобразуется в электрический сигнал датчика, так как в момент размыкания магнитной цепи магнитопровода происходит возникновение максимальных электрических сигналов в измерительной обмотке датчика [6, С. 227-234].

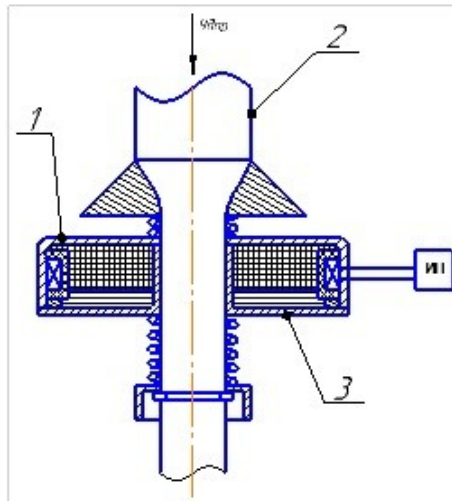


Рисунок 1 - Датчик ударной скорости:  
1- корпус; 2 – шток; 3 – крышка

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.71.1>

ЭДС сигнала, возникающая в результате разрыва замкнутой системы в момент отрыва крышки датчика, зависит от величины ударной скорости, которая меняется от нескольких сотен милливольт до нескольких вольт. Для проведения измерений величины напряжения в заданном диапазоне необходим прибор, обладающий высокой чувствительностью. По характеристикам подходит импульсный осциллограф с возможностью регистрации сигнала продолжительностью до  $10^{-6}$  с, что дает возможность по показанию прибора провести тарировку датчика ударной скорости с наибольшей степенью точности.

Для получения стабильности сигнала и уменьшения погрешности при снятии показаний приборов было предложено исследовать такой важный фактор, как качество контактирующих поверхностей крышки и корпуса датчика [7], [8, С. 29-35], [11, С. 18-20]. Качество поверхностного слоя включает в себя следующие характеристики: качество точности и шероховатость поверхности. Чем выше качество точности и меньше высота микронеровностей сопрягаемых поверхностей, тем меньше усилий потребуются для того, чтобы совершить отрыв крышки от корпуса в момент удара, то есть, исследовать тот факт, что микронеровности контактируемых поверхностей, увеличивают коэффициент трения, по причине «сцепления» выступов одной из поверхностей с впадинами второй.

С этой целью между крышкой и корпусом датчика были дополнительно установлены поочередно прокладки толщиной 0,58 мм и 0,09 мм из полиэтилена.

При проведении данных исследований предложено изучить влияние массы бойка в равнозначных условиях и уставить зависимость как влияет дополнительный элемент – прокладка между крышкой и корпусом датчика на регистрируемые показатели.

### Основные результаты

Результаты исследований представлены на рисунках 2, 3, 4 и 5.

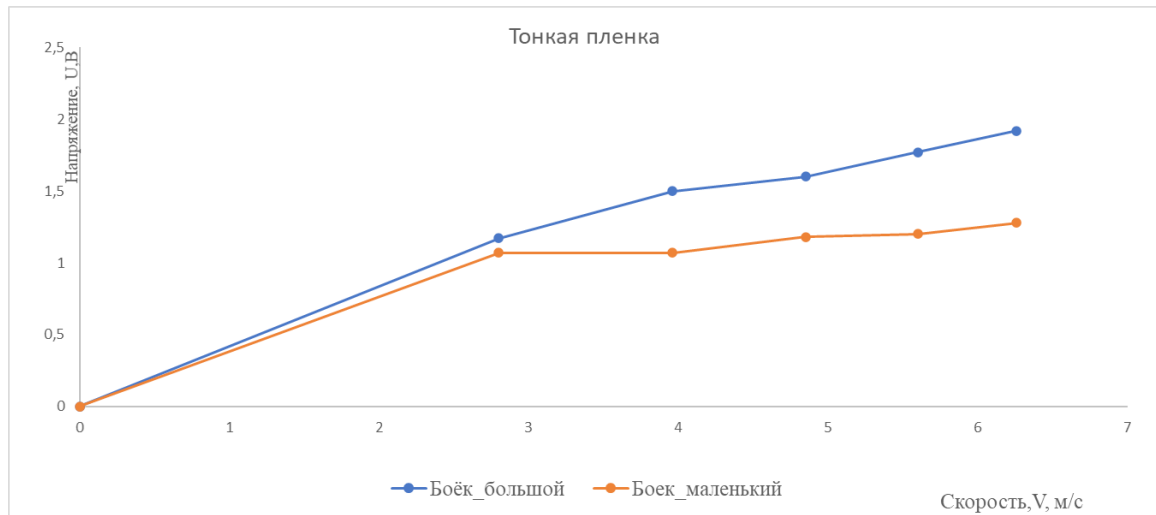


Рисунок 2 - График зависимости напряжения от скорости удара

Примечание: толщина прокладки 0,09 мм

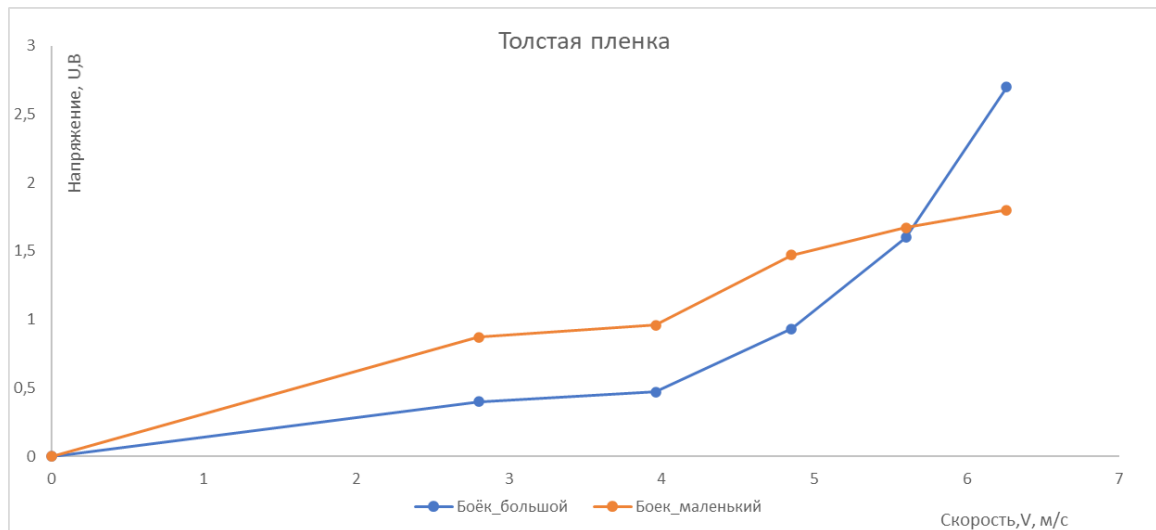


Рисунок 3 - График зависимости напряжения от скорости удара

Примечание: толщина прокладки 0,58 мм

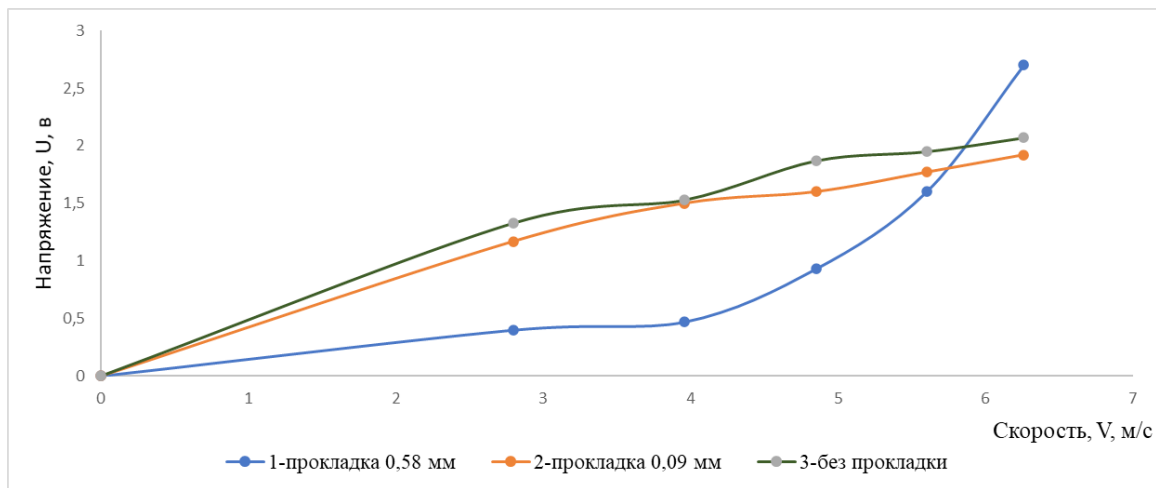


Рисунок 4 - График зависимости напряжения от скорости бойка в зависимости от наличия или отсутствия прокладок между корпусом и крышкой

Примечание: при массе бойка 0,6 кг

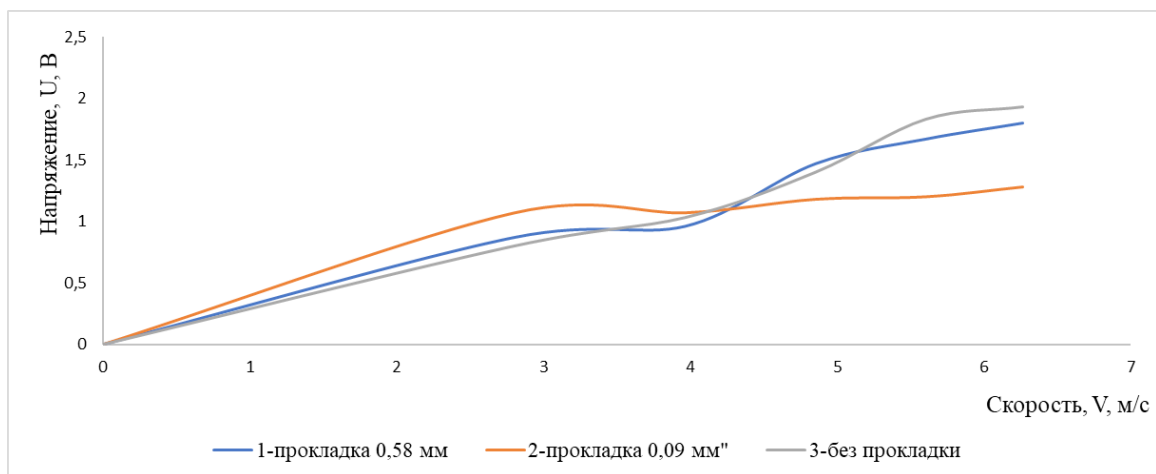


Рисунок 5 - График зависимости напряжения от скорости бойка в зависимости от наличия или отсутствия прокладок между корпусом и крышкой

Примечание: при массе бойка 0,3 кг

Как видно из графиков (рис. 2 и 3) масса бойка влияет на величину ударной силы при наличии прокладок. При этом, независимо от толщины прокладки регистрирующим устройством зафиксированы значительно отличающиеся показания напряжения для бойка массой 0,3 кг и массой 0,6 кг при скорости свыше 3 м/с, вследствие наличия отскока. Данное явление получило широкое применение в строительстве, медицине, горной промышленности, машиностроении [7].

Из графиков (рис. 4 и 5) следует, что скорость бойка массой 0,3 кг незначительно отличается при наличии прокладки толщиной 0,6 мм и при ее отсутствии. При наличии прокладки толщиной 0,09 мм осциллограф регистрирует значительно отличающиеся от показаний ударной силы без прокладки или с прокладкой толщиной 0,58 мм.

При исследовании влияния толщины прокладки для бойка массой 0,6 кг было выявлено, что при толщине прокладки из полиэтилена до 0,1 мм показания ударной силы незначительно отличаются от тех, что были получены до введения в конструкцию датчика прокладки (рис. 4).

Прокладка толщиной от 0,5 мм позволяет достигнуть стабильности в показаниях регистрирующего устройства, физическая величина которых дает возможность повысить коэффициент полезного действия корпуса отдачи корпуса конструкции. Все имеющие место факторы были изучены: наличие прокладки, ее толщина, а также масса бойка оказывают влияние на показания датчика, что необходимо учитывать при проектировании ударного устройства [9].

#### Заключение

Проведя анализ полученных опытным путем результатов, было установлено, что:

1. Ударные воздействия на датчик ударной силы оказывают негативное влияние на само устройство, ведущее в конечном итоге к его разрушению [5]. Наличие прокладки позволяет увеличить диапазон проведения измерений, увеличивает ресурс датчика.

2. Введение дополнительных элементов в конструкцию датчика в виде прокладок из полиэтилена между корпусом и крышкой приводит к уменьшению амплитуды сигнала.

3. Наличие прокладки из полиэтилена увеличивает стабильность показаний прибора. При этом, наибольшая стабильность отмечена при толщине прокладки от 0,5 мм, при толщине до 0,1 мм показания отличаются незначительно от тех, что были до введения прокладки в состав конструкции.

4. Величина массы бойка оказывает влияние на показания энергии:

- при массе бойка 0,6 кг отмечена стабильность показаний;

- при массе до 0,3 кг при ударной скорости примерно 5,6 м/с показания нестабильны.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Пат. 2110072, Российская Федерация, Кл.6 G 01P3/12. Индукционный датчик ударной скорости машин/ Стихановский Б.Н.; заявитель и патентообладатель Омский государственный технический университет. – № 96117047; заявл. 19.08.96; опубл. 27.04.98, Бюл. №12. – 3 с

2. Пат. 46104, Российская Федерация, МПК G 01 33/50. Датчик ударной скорости / Стихановский Б.Н., Пастухова Е.И.; заявитель и патентообладатель Омский государственный технический университет. – №2004137414; заявл. 21.12.04; опубл. 10.06.2005. Бюл. №16. – 3 с.

3. Пат. 45192, Российская Федерация, МПК G 01 P 3/50/ Датчик ударной скорости машин / Стихановский Б.Н., Пастухова Е.И.; заявитель и патентообладатель Омский государственный технический университет. – №2004132457; заявл. 09.11.2004; опубл. 27.04.2005, Бюл. №12. – 3 с.

4. Стихановский Б.Н. Процессы удара / Б.Н. Стихановский. – Омск : Издательство ОмГТУ, 2010. – 324 с.

5. Стихановский Б.Н. Реакции отдачи корпуса и коэффициента полезного действия машин и установок ударного действия / Б.Н. Стихановский, С.А. Черемисина // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 5. – С. 2752-2754.

6. Стихановский Б.Н. Ударные явления в технологических процессах / Б.Н. Стихановский, М.Ю. Байбарацкая, Е.С. Чернова – Омск : ОАБИИ, 2015. – 297 с.

7. Стихановский Б.Н. Определение коэффициентов восстановления скоростей при ударе бойка по инструменту в узлах строительных и горных машин / Б.Н. Стихановский, Л.М. Стихановская. // Вестник СибАДИ. Транспортное, горное и строительное машиностроение. – 2017. – № 6(58) – С.8-15.

8. Стихановский Б.Н. Передача энергии ударом / Б.Н. Стихановский. – Омск : ОмПИ, 1996. – 180 с.

9. Стихановский Б.Н. Перегрузки, действующие на испытуемые изделия в процессе удара / Стихановский Б.Н., Черемисина С.А. // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте: материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. 29-30 октября 2020 г. Омск. – Омск, 2020. – С. 48-54.

10. Батуев Г.С. Инженерные методы исследования ударных процессов / Г.С. Батуев, Ю.В. Голубков, А.К. Ефремов и др. – Москва : Машиностроение, 1977. – 248 с.

11. Манжосов В.К. Модели продольного удара / В.К. Манжосов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 160 с.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Pat. 2110072, Russian Federation, Kl.6 G 01P3/12. Induktsonnyy datchik udarnoy skorosti mashin [Transceiver]/ Stikhanovsky B.N.; the applicant and the patentee Omsk State Technical University. – № 96117047; appl. 08/19/96; publ. 04/27/98, Bul. Number 12. – 3 p. [in Russian]

2. Pat. 46104, Russian Federation, МПК G 01 33/50. Datchik udarnoy skorosti [Transceiver] / Stikhanovsky B.N, Pastuhova E.I.; the applicant and the patentee Omsk State Technical University. – № 2004137414; appl. 12/21/04; publ. 06/10/05, Bul. Number 16.-3p. [in Russian]

3. Pat. 45192, Russian Federation, МПК G 01 P 3/50/ Datchik udarnoy skorosti mashin [Transceiver] / Stikhanovsky B.N, Pastuhova E.I.; the applicant and the patentee Omsk State Technical University. – appl -№2004132457; appl. 11/09/04; publ. 04/27/05, Bul. Number 12. - 3p. [in Russian]

4. Stikhanovsky B.N. Protsessy udara: monografiya [Impact Processes: Monograph] / B.N. Stikhanovsky. – Омск : OmSTU Publishing House, 2010. – 324 p. [in Russian]

5. Stikhanovsky B.N. Reaktsii otdachi korpusa i koeffitsiyent poleznogo deystviya mashin i ustanovok udarnogo deystviya [Recoil reactions of casings and efficiency factors of impact machines] / B.N. Stikhanovsky, S.A. Cheremisina // International Journal of Engineering and Advanced Technology – 2019. – № 5. – P. 2752-2754. [in Russian]

6. Stikhanovsky B.N. Udarnyye yavleniya v tekhnologicheskikh protsessakh [Impact phenomena in technological processes: monograph] / B.N. Stikhanovsky, M.YU. Baybaratskaya, Ye.S. Chernova -Omsk : OTAEI, 2015. – 297 p. [in Russian]
7. Stikhanovsky B.N. Opredeleniye koeffitsiyentov vosstanovleniya skorostey pri udare boyka po instrumentu v uzlakh stroitel'nykh i gornykh mashin [Determination of the coefficients of recovery of speeds when the striker hits the tool in the units of construction and mining machines] / B.N. Stikhanovsky, L.M. Stikhanovskaya. // Vestnik SibADI. Transportnoye, gornoye i stroitel'noye mashinostroyeniye [SibADI Bulletin. Transport, mining and construction engineering]. – 2017. – № 6(58) – P. 8-15. [in Russian]
8. Stikhanovsky B.N. Peredacha energii udarom [Transfer of energy by impact] / B.N. Stikhanovsky. – Omsk : OmPI, 1996. – 180 p. [in Russian]
9. Stikhanovsky B.N. Peregruzki, deystvuyushchiye na ispytuyemye izdeliya v protsesse udara [Overloads acting on the tested products during impact] / Stikhanovsky B.N., Cheremisina S.A. // Pribory i metody izmereniy, kontrolya kachestva i diagnostiki v promyshlennosti i na transporte [Devices and methods of measurements, quality control and diagnostics in industry and transport]: materials of the IV All-Russia. sci.-tech. conf. October 29-30, 2020], Omsk. – Omsk, 2020. – P. 48-54. [in Russian]
10. Batuev G.C. Inzhenernyye metody issledovaniya udarnykh protsessov [Engineering methods for studying impact processes] / G.C. Batuev, YU.V. Golubkov, A.K. Yefremov et al. – Moscow : Mashinostroyeniye, 1977. – 248 p. [in Russian]
11. Manzhosov, V.K. Modeli prodol'nogo udara [Longitudinal impact models: monograph] / V.K. Manzhosov. – Ul'yanovsk : UIGTU, 2006. – 160 p. [in Russian]