

УДК: 621.01

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0301-0311>

EDN: [XVYZTS](https://www.edn.net/XVYZTS)



Расчет устойчивости междупильной прокладки при сжатии

Д. М. Мухаммадиев¹, Ф. Х. Ибрагимов¹, О. Х. Абзоиров¹, Л. Ю. Жамолова²

¹*Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

²*Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, Узбекистан*

Аннотация. В статье приведены результаты расчета устойчивости междупильной прокладки при сжатии для линтерной машины 5ЛП. Установлено увеличение значения число полуволн для стали Ст3 ($n=0.4672$) в отличие от алюминиевой АК5М2 ($n=0.3276$) на 42.6% и критическое сжимающее усилие (для ст.3 – $T_{кр}=2263.4$ МПа и для АК5М2 – $T_{кр}=1642.3$ МПа) на 37.8%. Результаты расчетов устойчивости междупильных прокладок из стали ст.3 и алюминия АК5М2 показали возможность использования стальной междупильной прокладки при сборке пильных цилиндров линтерной машины 5ЛП.

Ключевые слова: Анализ, расчет, сжатия, линтерная машина, междупильная прокладка, пильный цилиндр, устойчивость, технологический процесс.

Для цитирования: Мухаммадиев, Д. М., Ибрагимов, Ф. Х., Абзоиров, О. Х., & Жамолова, Л. Ю. (2022). Расчет устойчивости междупильной прокладки при сжатии. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(4), 0301–0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0301-0311>

Calculation of the stability of the inter-saw gasket under compression

D. M. Mukhammadiev¹, F. Kh. Ibragimov¹, O. Kh. Abzoirov¹, L. Yu. Zhamolova²

¹*Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

²*Tashkent State Agrarian University, Tashkent, Uzbekistan*

Abstract. The article presents the results of calculating the stability of the inter-saw gasket under compression for a 5LP linter machine. An increase in the value of the number of half-waves for steel St3 ($n=0.4672$) from aluminum AK5M2 ($n=0.3276$) by 42.6% and the critical compressive force (for st.3 - $T_{cr}=2263.4$ MPa and for AK5M2 - $T_{cr}=1642.3$ MPa) by 37.8% has been found out. The results of calculations of the stability of inter-saw gasket made of steel St. 3 and aluminum AK5M2 showed the

possibility of using a steel inter-saw gasket when assembling the saw cylinders of the 5LP linter machine.

Keywords: Analysis, calculation, compression, linter machine, inter-saw gasket, saw cylinder, stability, technological process.

For citation: Mukhammadiev D. M., Ibragimov F. Kh., Abzoirov O. Kh., Zhamolova L. Yu. (2022). Calculation of the stability of the inter-saw gasket under compression. Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(4), 0301–0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0301-0311>

ВВЕДЕНИЕ

Линтерные машины используются при съеме коротких волокон с опушенных семян хлопка-сырца после его джинирования. Основной технологический процесс линтерования, который протекает в рабочей камере, а именно в рабочей зоне колосниковой решетки осуществляется пильным цилиндром (рис.1), состоит из вала 1, пильных дисков 6 и междупильных прокладок 7 [1].

В процессе линтерования зубьями пильных дисков пильный цилиндр захватывает короткие волокна, отрывает их от семян и выносит между колосниковыми целевыми зазорами, а далее волокна подаются через патрубки на конденсор. При этом пильный цилиндр, отрывая короткие волокна с опушенных семян из семенного валика на дуге захвата, вращает его и создает условия для постоянной подачи семян на зубья пильных дисков других опушенных семян.

Чертеж пильного цилиндра линтерной машины марки 5ЛП представлен на рис.1. Линтерная машина состоит из пильного вала 1, пильных дисков 6, междупильных прокладок 7, которые собираются при помощи установки с двух сторон шайб 5, 8 и зажимных гаек 4, 9. Пильный вал соединен с валом электродвигателя посредством муфты 2. На валу профрезерована канавка, где жестко фиксируются пильные диски, что ограничивает их вращение относительно пильного вала.

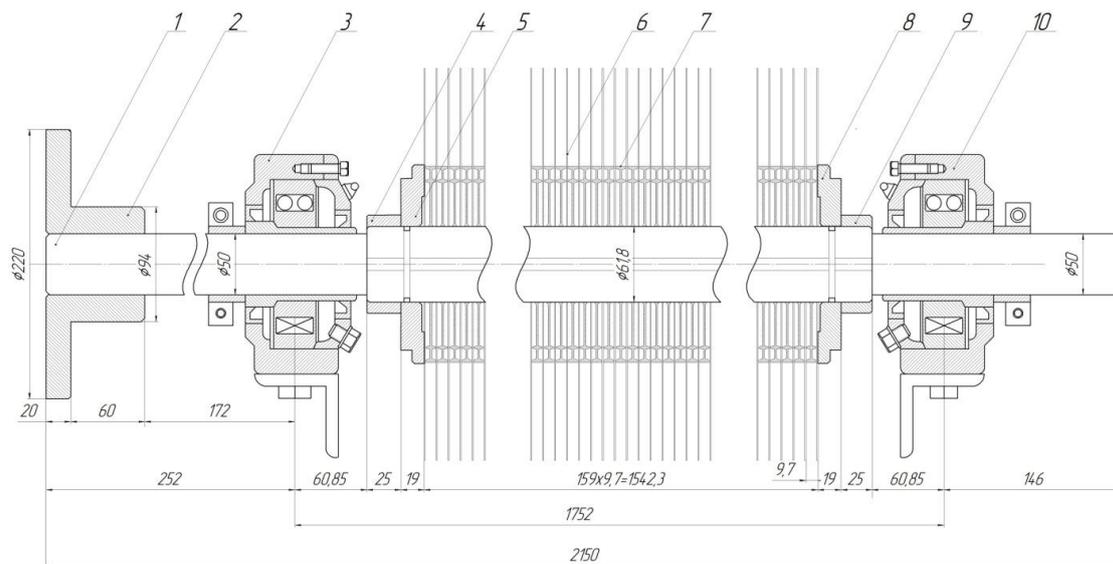


Рисунок 1. Пильный цилиндр линтерной машины марки 5ЛП:

1 – Вал , 2 – Полушфута; 3, 10 – Корпус подшипников; 4, 9 – Гайки; 5, 8 – Шайбы; 6 – Пильные диски, 7 – Междупильные прокладки

Figure 1. Saw cylinder of a 5LP linter machine:

1 - Shaft, 2 - Half coupling; 3, 10 - Bearing housing; 4, 9 - Nuts; 5, 8 - Washers; 6 - Saw blades, 7 - Intersaw pads

Максимальный наружный диаметр пильных дисков составляет 320 мм, между ними устанавливают междупильные прокладки толщиной 8.75 мм с наружным диаметром 160 мм. При этом внутренние диаметры пильных дисков составляют 61.6 мм или 100 мм в зависимости от диаметра вала пильного цилиндра, который обеспечивает жесткость пил и устанавливает заданное между пилами точное расстояние. Количество пильных дисков на валу пильного цилиндра составляет 141-, 160-, а количество зубьев на пильных дисках зависит от их наружных диаметров.

В книге Г. И. Мирошниченко [1] рекомендован прогиб вала не более 0,3-0,4 мм и торцевое биение пил - не выше 0,15 мм. При превышении их значения происходит смещение пилы в щелевом зазоре между колосниками, что повышает вероятность повреждения линта и износ колосников. Поэтому к быстро изнашивающимся деталям пильного цилиндра линтерной машины относятся пильные диски и междупильные прокладки. Учитывая, что толщина пильных дисков, обеспечивается изготовителем в пределах $0,95 \pm 0,01$ мм, тогда управляемым элементом точной сборки пильных цилиндров являются междупильные прокладки, что определяет технологический зазор между пильными дисками и колосниками.

Из-за быстрого изнашивания междупильные прокладки линтерной машины изготавливается массово (рис. 2). Для многократного использования материалов,

уменьшения веса и себестоимости их отливают из алюминиевого сплава с последующей обработкой торцевых поверхностей цилиндрических поясков с обеспечением точности по толщине несколько сотых долей миллиметра.

В патенте Д. Якубова и др. [2] предложена междупильная прокладка, где дополнительно установлено кольцо из более прочного, чем сама прокладка, металла, что увеличивает массу и себестоимость их изготовления.



Рисунок 2. Междупильные прокладки для пильных джинов, линтерных и очистительных машин фирм США, Китая и Индии

Figure 2. Saw spacers for saw gins, linters and cleaning machines from the US, China and India

В работе А. Джураева [3] междупильные прокладки выполнены с эксцентритентом относительно оси вращения, а по длине пильного цилиндра установлены по одной винтовой линии, что приводит к неуровновешенности пильного цилиндра.

А. Артукуметовым [4] рекомендовано, что толщина прокладки должна быть абсолютно точной по размеру, так как это влияет на шаг между пилами, что обеспечивает точное расположение на центре зазоров между колосниками.

М. М. Агзамовым [5] предложена междупильная прокладка из полимерного материала со стальными штифтами, что приводит к неустойчивости к перепадам температур.

П. Н. Тютиным и Р. Ю. Меламедовым [6] для упрочнения предложена пластическая осадка междупильных прокладок джина. При однородной структуре

материала междупилльной прокладки этот способ эффективен, но учитывая, что прокладка используется многократно, это приводит к неоднородной плотности.

Существующие алюминиевые прокладки имеют низкую надёжность и долговечность из-за сжатия в несколько десятков килоньютон (20 кН - [1]) при их сборке и прогибе вала от технологической и динамической нагрузки, что приводит к пластическим деформациям и износу прокладок по толщине.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для устранения вышеуказанных недостатков предложена новая конструкция междупилльных прокладок для линтерных машин (рис. 3), в которой диск с отверстием под размер вала и концентрически расположенный пояс выполнены из прочного листового металла, причём наружный диаметр диска в виде прямобочной шлицы, а концентрически расположенный пояс выполнен в виде кольца с отверстиями по периметру для соединения диска и кольца. При этом во внутреннее отверстие диска установлен второй пояс с отверстиями [7].

В статье [8] приведены результаты расчета по определению радиальных колебаний междупилльной прокладки джина 4ДП-130. Установлена частота радиальных колебаний междупилльной прокладки пильного джина как для серийного из алюминия АК5М2, так и предложенной стальной из Ст.3, что подтвердило возможность использования междупилльной прокладки из стали при сборке пильных цилиндров джина 4ДП-130.

В рабочей камере линтерной машины технологические нагрузки от процесса линтерования семян распределяются между пильным цилиндром и ворошителем. При этом из-за нагрузок от вращения семенного валика и точности установки пил между колосниками и между пильным цилиндром и ворошителем предъявляются повышенные требования к прочности и жесткости деталей этих элементов. Наличие вибрации в пильном цилиндре отрицательно влияет на эксплуатационные характеристики линтера [1].

Поэтому для определения устойчивости междупилльных прокладок линтерной машины (рис. 3) необходимо определить число полуволи и критическую сжимающую усилия, которые влияют на работоспособность пильного цилиндра. Они зависят от размеров прокладки и от материала, из которого он изготовлен.

Рисунок 4 характеризует устойчивость междупильной прокладки при равномерно сжатой вдоль оси цилиндрической оболочки (в предположении малых осесимметричных перемещений).

Междупильную прокладку рассмотрим, как элементарную балку, выделенную двумя смежными сечениями, проходящими через ось оболочки (рис. 4). Вследствие предположенной осевой симметрии деформированного состояния изгиб междупильной прокладки представляет собой балку, лежащую на сплошном упругом основании; для любой данной балки роль упругого основания играет остальная часть оболочки.

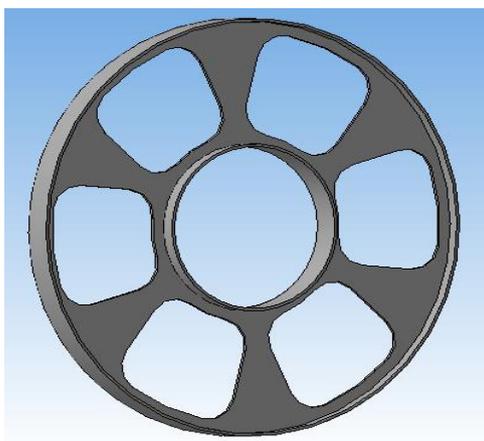


Рисунок 3. Новая конструкция междупильной прокладки линтерной машины.

Figure 3. New design of the linter saw spacer.

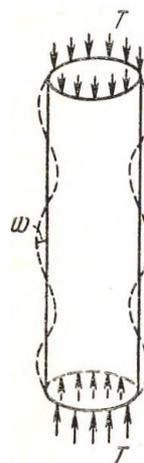


Рисунок 4. Схема цилиндрической круговой оболочки.

Figure 4. Scheme of a cylindrical circular shell.

Обозначим: z - координата сечения, измеряемая вдоль оси оболочки (прокладки), $w = w(z)$ - прогиб точек срединной поверхности, T - сжимающая сила, отнесенная к единице длины контура поперечного сечения прокладки, $D = Eh^3/(12(1-\mu^2))$ - цилиндрическая жесткость прокладки, h - толщина стенки (прокладки), μ - коэффициент Пуассона, $k = Eh/R^2$, R - радиус поперечного сечения срединной поверхности прокладки. При этих обозначениях дифференциальное уравнение продольного изгиба междупильной прокладки записывается в виде

$$\frac{d^4 w}{dz^4} + \frac{T}{D} \frac{d^2 w}{dz^2} + \frac{k}{D} w = 0. \quad (1)$$

К этому дифференциальному уравнению необходимо присоединить граничные условия, зависящие от вида опорных устройств на торцах междупильной прокладки. В случае, если считаем шарнирное опирание торцевых сечений и примем

$$w = 0, \frac{d^2 w}{dz^2} = 0 \text{ при } z=0 \text{ и } z=l. \quad (2)$$

В этом случае решение дифференциального уравнения (1) имеет вид

$$w = C \sin \frac{\pi n z}{l}. \quad (3)$$

Здесь n - произвольное целое число, равное числу полуволн, на которые подразделяется образующая оболочки (прокладки) при потере устойчивости. Подставляя (3) в (1), получим уравнение

$$\left(\frac{\pi n}{l}\right)^4 - \frac{T}{D} \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 + \frac{k}{D} = 0, \quad (4)$$

из которого следует выражение для критического сжимающего усилия прокладки

$$T = D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 + \left(\frac{l}{\pi n}\right)^2. \quad (5)$$

Как видно, усилия T зависит от цилиндрической жесткости D , толщины прокладки l и числа полуволн n . Последнее можно найти, исходя из условия, что практическое значение имеет наименьшая величина нагрузки, которая может быть получена из формулы (5). Полагая, что $n \gg l$, можно записать условие минимума T в виде

$$\frac{dT}{dn} = 0. \quad (6)$$

Это дает

$$n = \frac{l^4 \sqrt{12(1-\mu^2)}}{\pi \sqrt{R h}}, \quad (7)$$

и вместо (5) получим

$$T_{кр} = \frac{E h}{R \sqrt{3(1-\mu^2)}}. \quad (8)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве материала нами предложены Ст3 и АК5М2, так как они являются стандартными материалами.

Анализ графика (рис. 5) показал, что для изготовления междупилльной прокладки линтерной машины с одинаковой массой ($m=0.11673$ кг) междупилльной прокладки из

ст.3 необходимая толщина контакта составляет $h=0.0015$ м, так как масса междупильной прокладки из АК5М2 составляет $m=0.12617$ кг, а $h=0.003$ м.

Если материал междупильной прокладки выполнен из стали Ст3, а $E=2 \cdot 10^{11}$ Н/м²; $\mu=0.26$; $l=0.00875$ м; $R=0.07925$ м; $h=0.0015$ м, тогда $n=0.4672$ (рис.5) и $T_{кр}=2263.4$ МПа (рис. 6).

Если материал междупильной прокладки изготовлен из алюминия АК5М2, а $E=7 \cdot 10^{10}$ Н/м²; $\mu=0.34$; $l=0.00875$ м; $R=0.0785$ м; $h=0.003$ м, тогда $n=0.3276$ (рис.5) и $T_{кр}=1642.3$ МПа (рис. 6).

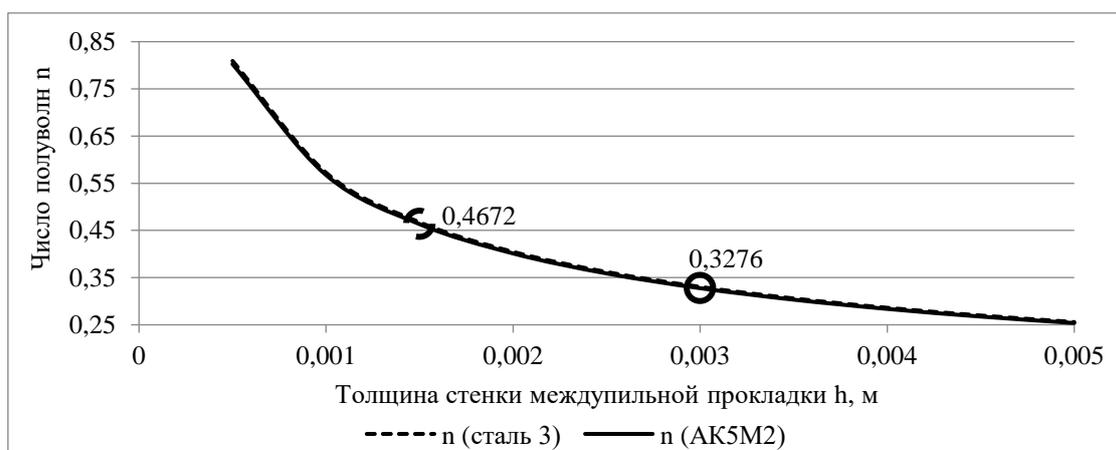


Рисунок 5. Изменения количества полуволн в зависимости от толщины стенки междупильной прокладки.

Figure 5. Changes in the number of half-waves depending on the wall thickness of the saw spacer.

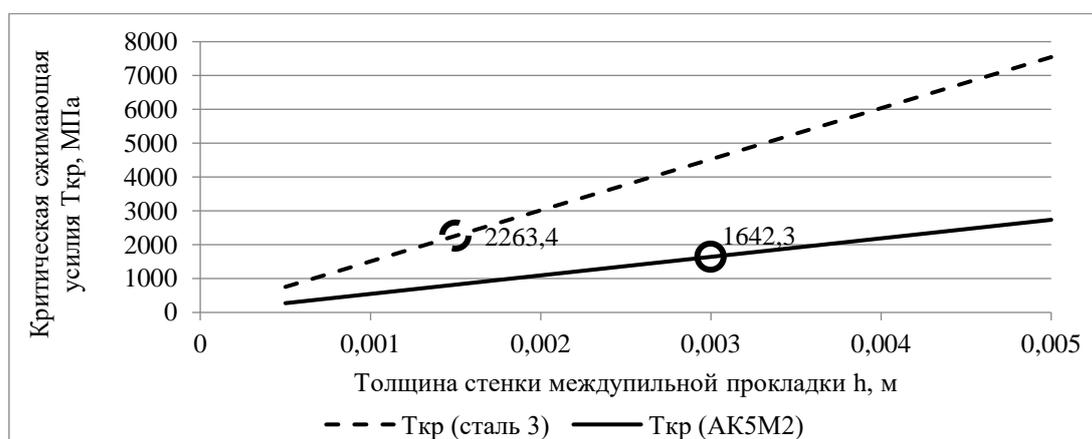


Рисунок 6. Изменения критического сжимающего усилия в зависимости от толщины стенки междупильной прокладки.

Figure 6. Changes in the critical compressive force depending on the wall thickness of the saw blade.

Расчетами установлено, что с увеличением толщины прокладки линтерной машины с 0.0005 до 0.005 м (рис. 5) снижается число полуволн (для ст.3 – от 0.809 до 0.255, для АК5М2 – от 0.802 до 0.253) и увеличивается значения критической сжимающей усилия (для ст.3 – от 754.46 МПа до 7544.65 МПа, для АК5М2 – от 273.72 МПа до 2737.24 МПа).

Значения число полуволн n междупильной прокладки из алюминия АК5М2 составляет 0.3276, а из стали 3 составляет 0.4672, что увеличено на 42.6% (рис. 5). При этом значения критического сжимающего усилия $T_{кр}$ междупильной прокладки из алюминия АК5М2 составляет $T_{кр}=1642.3$ МПа, а из стали 3 составляет 2263.4 МПа, что увеличено на 37.8% (рис. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, расчет устойчивости междупильной прокладки позволил установить увеличение значение числа полуволн для стали Ст3 ($n=0.4672$) от алюминиевой АК5М2 ($n=0.3276$) на 42.6%. Кроме того, выявлена устойчивость междупильных прокладок к критическим сжимающим усилиям (для ст.3 – $T_{кр}=2263.4$ МПа и для АК5М2 – $T_{кр}=1642.3$ МПа) на 37.8%. Результаты расчетов устойчивости междупильных прокладок из стали ст.3 и алюминия АК5М2 показали возможность использования стальной междупильной прокладки при сборке пильных цилиндров линтерной машины 5ЛП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Мирошниченко Г.И. *Основы проектирования машин первичной обработки хлопка*. М.: Машиностроение, 1972. – 486 с.
- [2] Якубов Д.Э. и др. Патент РУз. FAP 00348. - 1993. №2. *Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин*.
- [3] Джураев А.Д., и др. Патент РУз. FAP 05747. - 1999. №3. *Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин*.
- [4] Артукуметов А. и др. Патент РУз. FAP 00654. - 2010. - №4. *Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин*.
- [5] Агзамов М.М. и др. Патент РУз. FAP 01182. - 2017. - №2. *Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин*.

- [6] Тютин П.Н., Меламедов Р.Ю. Применение калибровки при изготовлении междупильных джинно-линтерных прокладок. *Хлопковая промышленность*. – Т., 1975. №3. - с. 14-16.
- [7] Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х. и др. Патент РУз № IAP 06691. - 2021. - №3. *Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин*. 29.12.2021.
- [8] Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Росулов Р.Х. Определение радиальных колебаний междупильных прокладок пильного джина // *Узбекский журнал: Проблемы текстиля*, 2018. – № 3-4. – С.56-61.

REFERENCES

- [1] Miroschnichenko G.I. *Osnovy proektirovaniya mashin pervichnoj obrabotki hlopka*. М.: Mashinostroenie, 1972. – 486 s.
- [2] Jakubov D.Je. i dr. Patent RUz. FAP 00348. - 1993. №2. *Mezhdupil'naja prokladka dlja hlopkoochistitel'nyh mashin*.
- [3] Dzhuraev A.D., i dr. Patent RUz. FAP 05747. - 1999. №3. *Mezhdupil'naja prokladka dlja hlopkoochistitel'nyh mashin*.
- [4] Artukmetov A. i dr. Patent RUz. FAP 00654. - 2010. - №4. *Mezhdupil'naja prokladka dlja hlopkoochistite'nyh mashin*.
- [5] Agzamov M.M. i dr. Patent RUz. FAP 01182. - 2017. - №2. *Mezhdupil'naja prokladka dlja hlopkoochistite'nyh mashin*.
- [6] Tjutin P.N., Melamedov R.Ju. Primenenie kalibrovki pri izgotovlenii mezhdupil'nyh dzhinno-linternyh prokladok. *Hlopkovaja promyshlennost'*. – Т., 1975. №3. - с. 14-16.
- [7] Muhammadiev D.M., Ibragimov F.H. i dr. Patent RUz № IAP 06691. - 2021. - №3. *Mezhdupil'naja prokladka dlja hlopkoochistitel'nyh mashin*. 29.12.2021.
- [8] Muhammadiev D.M., Ibragimov F.H., Rosulov R.H. Opredelenie radial'nyh kolebanij mezhdupil'nyh prokladok pil'nogo dzhina // *Uzbekskij zhurnal: Problemy tekstilja*, 2018. – № 3-4. – pp. 56-61.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Мухаммадиев Давлат Мустафаевич,
главный научный сотрудник института
механики и сейсмостойкости сооружений
Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан
e-mail: davlat_mm@mail.ru

Davlat M. Mukhammadiev, Chief
Researcher of the Institute of Mechanics and
Seismic Stability of Structures of the
Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: davlat_mm@mail.ru

Ибрагимов Фарход Хайруллоевич, старший научный сотрудник института механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан
e-mail: farkhod.ibragimov.1985@mail.ru

Farkhod Kh. Ibragimov, Senior Researcher of the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: farkhod.ibragimov.1985@mail.ru

Абзоиров Ортик Хонимкулович, младший научный сотрудник института механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан
e-mail: ortiq.abzoirov@gmail.com

Ortik Kh. Abzoirov, Junior Researcher of the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: ortiq.abzoirov@gmail.com

Жамолова Лола Юсуповна, доцент Ташкентского государственного аграрного университета, Ташкент, Узбекистан
e-mail: jamolova68@gmail.com

Lola Yu. Zhamolova, associate professor of Tashkent State Agrarian University, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: jamolova68@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 07.10.2022; одобрена после рецензирования 05.11.2022;
принята к публикации 07.11.2022.*

*The article was submitted 07.10.2022; approved after reviewing 05.11.2022; accepted for
publication 07.11.2022*