

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРАТОРА ХЛОПКА-СЫРЦА

IMPROVEMENT OF THE DESIGN AND JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE RAW COTTON SEPARATOR

О.Ж. МУРОДОВ

O.J. MURODOV

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

E-mail: baxrinjom@mail.ru

В статье приводится анализ особенностей существующих схем сепараторов хлопка, отмечены основные их недостатки. Представлена конструктивная схема и принцип работы усовершенствованной конструкции сепаратора хлопка-сырца. Получена математическая модель, описывающая колебания пластины направляющей сепаратора. Представлено аналитическое решение задачи колебаний пластины. Обоснованы параметры криволинейного направлятеля с амортизатором в зоне подачи хлопка воздушным потоком хлопка-сырца. Обоснованы значения жесткости амортизатора и криволинейности направлятеля.

The article analyzes the features of existing schemes of cotton separators, their main disadvantages are noted. The structural diagram and the principle of operation of the improved design of the raw cotton separator are presented. A mathematical model is obtained, it describes the vibrations of the separator guide plate. An analytical solution to the problem of plate vibrations is presented. The parameters of the curvilinear guide with shock absorbers in the area of cotton supply by the air flow of raw cotton have been substantiated. Values of shock absorber stiffness and guide curvature are substantiated.

Ключевые слова: усовершенствованный сепаратор, хлопок-сырец, воздушный поток, направлятель, колебания, жесткость амортизатора, диссипация, масса пластины, жесткий удар летучек, закономерности колебаний.

Keywords: advanced separator, raw cotton, air flow, guide, vibrations, shock absorber stiffness, dissipation, plate mass, hard impact of the volleys, regularities of vibrations.

Введение

Для разделения воздуха от хлопка-сырца и пользуются сепараторы хлопка-сырца [1], [2]. Приводим краткий анализ существующих схем сепараторов.

Известен сепаратор волокнистого материала, содержащий разделительную камеру, входной и выходной патрубки, сетча-

тый барабан, установленный перед выходным патрубком и вакуум-клапан, смонтированный в нижней части разделительной камеры, причем камера выполнена расширяющейся в горизонтальной плоскости от входного патрубка до сетчатого барабана, с установленной внутри нее отражательной перегородкой, разделяющей камеру на

пневмопровод, расположенный в верхней части камеры, и волокнопровод – в ее средней части. В волокнопроводе по направлению к вакуум-клапану установлены веером направляющие ребра. Последние могут быть установлены на верхней или нижней стенке волокнопровода, или на верхней и нижней стенках волокнопровода. Высота направляющих ребер составляет от 1/4 до 1/3 высоты поперечного сечения волокнопровода [3].

Недостатком известного сепаратора является низкая надежность, обусловленная жесткостью крепления ребер, что приводит к сгуживанию хлопка-сырца в центре волокнопровода и в дальнейшем – в середине вакуум-клапана. Из-за перегрузки среднего участка вакуум-клапана резиновые лопасти сильно прогибаются и образуется щель, через которую идет присос воздуха в сепарационную камеру. Это приводит к снижению скорости питания хлопка-сырца по волокнопроводу, которое приводит к снижению производительности сепаратора [4].

Другой известный сепаратор представляет собой камеру, разделенную сетчатой перегородкой на две части: хлопковую и воздушную. В хлопковой части расположен направлятель и скребок, который очищает хлопок-сырец с сетки, расположенной по боковым сторонам, и направляет его в вакуум-клапан. Вакуум-клапан предназначен для выгрузки хлопка-сырца из камеры сепаратора и создания герметичности, препятствующей подсосыванию в камеру сепаратора через выгрузочное отверстие наружного воздуха. Воздушная часть камеры ограничена сетчатой поверхностью по бокам и конусам сепаратора. Подаваемый в сепаратор воздушным потоком по патрубку хлопок-сырец ударяется о сетчатые поверхности, установленные с двух внутренних сторон хлопковой камеры сепаратора. При этом скорость воздушного потока в сепараторе резко падает, и основная часть хлопка-сырца сваливается в вакуум-клапан, а определенная часть достигает сетчатой поверхности и сбрасывается скребком в вакуум-клапан.

Существенным недостатком эксплуатируемого сепаратора является то, что смесь

хлопка-сырца и воздуха поступает по трубопроводу в сепарационную камеру со скоростью более 20 м/с и происходит удар хлопковой массы о заднюю стенку сепаратора. Это приводит к механическому повреждению хлопковых семян, быстрому износу задней стенки корпуса сепаратора и при этом значительно уменьшает срок службы сепаратора.

Нами предложена модернизация камеры сепаратора, позволяющая сохранять природные свойства хлопка-сырца за счет исключения жесткого удара летучек о заднюю стенку. При этом обеспечивается продление срока эксплуатации сепаратора [6].

Эффективная конструктивная схема сепаратора хлопка

Хлопково-воздушная смесь поступает в сепаратор через входной патрубок 2. С помощью верхнего и нижнего направителя 3 с криволинейной рабочей поверхностью хлопок-сырец и воздух направляются в зону усиленного витания хлопка-сырца, то есть на центральный участок сетчатой поверхности 5, в осевой ее части, а не на заднюю стенку 8 корпуса 1 сепаратора (рис. 1). При этом значительно минимизируются механические воздействия на хлопок. Кроме того, нижний направитель 3 предотвращает выпадение хлопка в зазор Δ между стенкой корпуса 1 и сетчатой поверхностью 5.

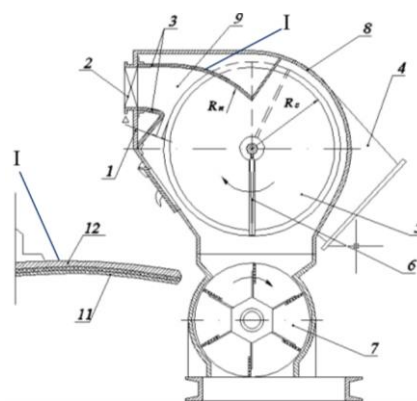


Рис. 1

Воздух отсасывается через воздушную камеру 9 и отводится через выходной патрубок 4. Для очищения отделенных летучек хлопка, приставших к перфорированным сеткам 5, скребки 6 сбрасывают их в

вакуум-клапан 7. При взаимодействии хлопка с пластмассовой наружной пластиной 11 направлятеля 3 происходит деформация резиновой прокладки 12, причем эти деформации будут наименьшими во входной зоне, а в конце (оси сетчатой поверхности 3) будут наибольшими. При этом происходят нелинейные угловые колебания наружной пластмассовой пластины 11. Движение хлопка амортизируется, и основная часть хлопка выпадает в вакуум-клапан 7. При этом значительно уменьшается поврежденность хлопка. Кроме того, фактически исключаются жесткие ударные взаимодействия хлопка с задней стенкой 8 корпуса 1 сепаратора. Повышается надежность работы сепаратора.

Анализ колебания рабочей пластины составного направлятеля сепаратора

В процессе работы сепаратора поступающий хлопок потоком воздуха ударяется о поверхность направлятеля с определенной силой. При этом за счет деформации амортизирующей резины пластинка совершает колебания. Пластинка позволяет не только смягчение удара хлопка о поверхность пластины, но и хлопок теряет скорость и выпадает в зону вакуум-клапана. Это обеспечивает эффективность работы сепаратора. При этом важным является обоснование параметров направляющей пластины, обеспе-

чивающих колебания пластины с требуемой амплитудой согласно работе [3], $(1,5...1,75) \cdot 10^{-3}$ м. На рис. 2 представлена модель направляющей пластины в виде одномассовой колебательной системы [7].

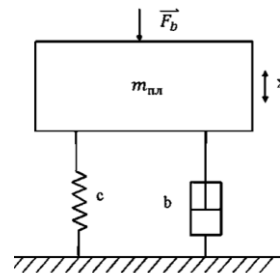


Рис. 2

Используя известный метод составления математической модели колебательной системы [8], запишем:

$$m_{плл} \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + cx = F_1 + F_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где $m_{плл}$ – масса пластины; b, c – коэффициенты диссипации и жесткости резинового амортизатора; F_1, F_0 – среднее и амплитудное значения возмущающей силы от действующего на пластину потока хлопкосырца, частота изменения возмущающей силы.

Решение уравнения (1) найдется в виде [9]:

$$x = e^{-nt} \left(x \cos \sqrt{k^2 - \omega^2} t - \frac{nx_0 + x_0}{\sqrt{k^2 - \omega^2}} \right) \sin \sqrt{k^2 - \omega^2} t - \frac{h_2 e^{-nt}}{\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}} \left[\sin(\omega t - \arctg \frac{2n\omega}{k^2 - \omega^2}) \cos \sqrt{(k^2 - \omega^2)t + \frac{\omega \cos(\omega t - \arctg \frac{2n\omega}{k^2 - \omega^2}) + n \sin(\omega t - \arctg \frac{2n\omega}{k^2 - \omega^2})}{\sqrt{k^2 - \omega^2}} \cdot \sin \sqrt{k^2 - \omega^2} t + h_1 + \frac{h_1}{(k^2 - \omega^2) + 4n^2 \omega^2} (k^2 - \omega^2) \sin(\omega t) + 2n\omega \cos(\omega t) \right], \quad (2)$$

где $n = \frac{b}{2m_{плл}}$; $k^2 = \frac{c}{m_{плл}}$.

Анализ (2) показывает, что с увеличением времени первый член стремится к нулю. Следует отметить, что сопротивление включает и случайную составляющую [10]:

$$F_c = F_1 + F_0 \sin \omega t \pm \delta F_1, \quad (3)$$

где δF_1 – случайная составляющая нагрузки от хлопка.

Решения задачи и анализ результатов

Решение задачи (1) с учетом (3) осуществляли на ПЭВМ с использованием стандартных программ и генератором случайных чисел [11], [12].

На рис. 3 представлены характер изменения колебаний x и \dot{x} пластины направлятеля сепаратора при различных значениях возмущающей силы от хлопка (а – $F_c =$

$= 1,5 \text{ Н} \pm (0,16 \div 0,18) \text{ Н}$; б – $F_c = 3,5 \text{ Н} \pm \pm(0,23 \div 0,26) \text{ Н}$; в – $F_c = 6,0 \text{ Н} \pm (0,45 \div \div 0,55) \text{ Н}$).

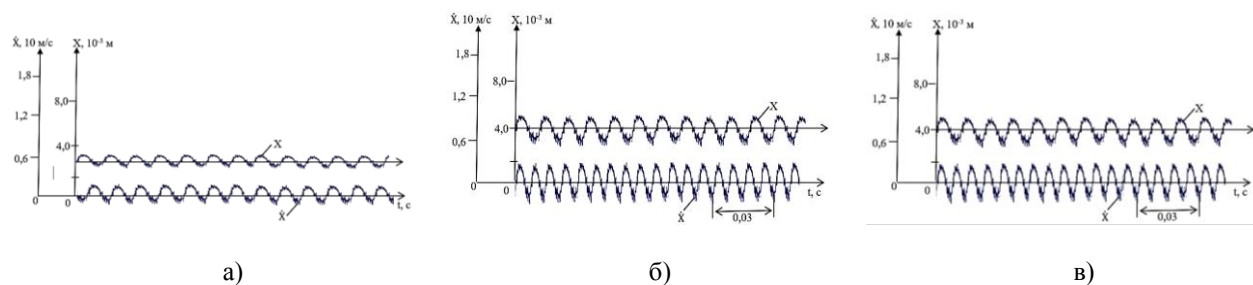


Рис. 3

При этом учитывали следующие исходные значения параметров: $m_{пл} = (2,0 \div \div 2,2) \text{ кг}$; $F_1 = (4,0 \div 5,5) \text{ Н}$; $F_0 = (0,5 \div \div 0,8) \text{ Н}$; $\delta F_1 = (0,4 \div 0,42) \text{ Н}$; $c = (3,3 \div \div 3,8) \cdot 10^3 \text{ Н/м}$; $b = (2,5 \div 3,0) \text{ Нс}$.

Построены графические зависимости параметров направлятеля сепаратора хлопка. На рис.4 представлены зависимости изменения размаха колебаний перемещений и скоростей пластины составного направлятеля хлопка (1 – $\Delta x = f(F_c) - m_{пл} = 2,4 \text{ кг}$; 2 – $\Delta x = f(F_c) - m_{пл} = = 2,0 \text{ кг}$; 3 – $\Delta \dot{x} = f(F_c) - m_{пл} = 1,6 \text{ кг}$; 4 – $\Delta \dot{x} = f(F_c) - m_{пл} = 1,2 \text{ кг}$).

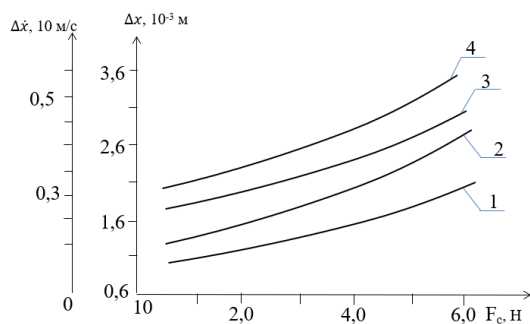


Рис. 4

Анализ графиков показывает, что с увеличением массы ударяемого на поверхность пластины хлопок приводит к снижению колебаний Δx и $\Delta \dot{x}$. Увеличение возмущающей силы от 1,1 Н до 6,0 Н приводит к увеличению размаха колебаний пластины от 0,72 мм до 2,1 мм по нелинейной закономерности а при $m_{пл} = 2,4 \text{ кг}$ Δx доходит до 2,51 мм. Соответственно увеличивается и

размах колебаний скорости пластины направлятеля сепаратора до 6,1 м/с и 7,92 м/с. Значительное увеличение Δx и $\Delta \dot{x}$ приводит к повреждению семян и волокон хлопка.

Поэтому целесообразным считается выбор системы $F_c \leq (6,0 \div 6,5) \text{ Н}$. При этом за счет случайной составляющей δF_1 отклонение графиков от средних значений не превышает $(5,0 \div 6,0) \%$.

На рис. 5 приведены построенные графики изменения Δx и $\Delta \dot{x}$ от вариации коэффициента жесткости резинового амортизатора направлятеля сепаратора (1 – $\Delta x = = f(C) - F_c = 1,5 \text{ Н} \pm (0,16 \div 0,18) \text{ Н}$; 2 – $\Delta x = f(C) - F_c = 2,5 \text{ Н} \pm (0,25 \div 0,35) \text{ Н}$; 3 – $\Delta \dot{x} = f(C) - F_c = 4,0 \text{ Н} \pm (0,45 \div 0,5) \text{ Н}$; 4 – $\Delta \dot{x} = f(C) - F_c = 6,0 \text{ Н} \pm (0,5 \div 6) \text{ Н}$).

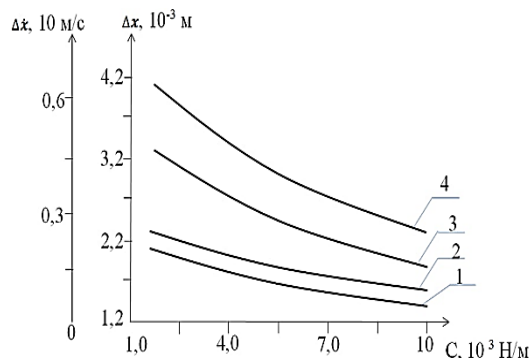


Рис. 5

Увеличение коэффициента жесткости резинового амортизатора от $1,4 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$ до $1,0 \cdot 10^2 \text{ Н/м}$ приводит к снижению $\Delta \dot{x}$ от 2,8 м/с до 1,77 м/с по нелинейной закономерности при $F_1 = 6,0 \text{ Н}$, а размах коле-

баний пластины направлятеля сепаратора снижается до $2,9 \cdot 10^{-3}$ м. При уменьшении значений F_1 размах колебаний Δx и $\Delta \dot{x}$ также уменьшаются (см. рис.5, кривые 1,3). Для обеспечения значений $\Delta x = (3,0 \div 3,5) \cdot 10^{-3}$ м и $\Delta \dot{x} = (5,5 \div 6,0)$ м/с, позволяющих достаточное разделение хлопка от воздуха, рекомендуемыми значениями являются $c = (4,1 \div 4,3) \cdot 10^3$ Н/м.

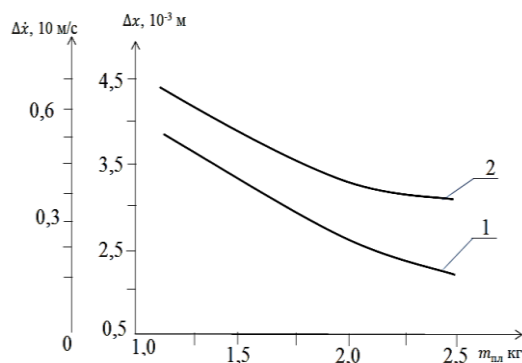


Рис. 6

Было выявлено, что увеличение массы пластины направляющей сепаратора приводит к снижению Δx и $\Delta \dot{x}$ (рис. 6 – зависимости изменения размаха колебаний Δx и $\Delta \dot{x}$ пластины от увеличения ее массы: 1 – $\Delta x = F(m_{пл})$; 2 – $\Delta \dot{x} = F(m_{пл})$; $F_1 = 2,5$ Н).

При этом возрастание $m_{пл}$ от 1,25 кг до 2,5 кг Δx уменьшается от $3,61 \cdot 10^{-3}$ м до $1,87 \cdot 10^{-3}$ м по нелинейной закономерности, а $\Delta \dot{x}$ снижается до $5,62 \frac{м}{с}$. Для обеспечения значений $\Delta x = (3,0 \div 3,5) 10^{-3}$ м и $\Delta \dot{x} = (5,5 \div 6,0)$ м/с рекомендуемыми значениями массы пластины направлятеля сепаратора хлопка являются $(1,25 \div 1,35)$ кг.

ВЫВОДЫ

1. Разработана эффективная вибрирующая конструкция направлятеля сепаратора хлопка-сырца, исключая жесткий удар летучек о заднюю сетку.

2. На основе теоретических исследований получены закономерности колебаний направляющей пластины сепаратора, построены графические зависимости параметров, согласно которым можно получать необходимые их значения.

1. *Ходжиев М.Т., Жураев А., Муродов О.Ж.* Сепаратор хлопка-сырца // РФ патент на изобретение № 2701220. 25 сентября 2019 г.

2. *Khodjiev M. T., Murodov O.J.* Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 6, Is.4, April 2019. P.8735...8738. ISSN: 2350-0328.

3. *Murodov O.J.* Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton // ICMSIT-II 2021 Journal of Physics: Conference Series 1889 (2021) 042012. IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1889/4/042012.

4. *Газиева С.А., Курбонов Б.Д., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н.* Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С.131...135.

5. *Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Шутова А.Г.* Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С.143...147.

6. *Khodjiev M.T., Murodov O.J., Eshmurodov D.* Creation of Scientific-Based Construction of the Separator with Insulation Camera // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJ-TEE). – Vol. 9, Is. 4, February 2020. ISSN: 2278-3075.

7. *Khodjiev M.T., Murodov O.J.* Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator // Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 6, Is. 4, April 2019. P.8735...8738.

8. *Khodjiev M.T., Murodov O.J., Eshmurodov D.D., Eshnazarov D.A.* Tests in the insulating cameras of the improved separator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020, 862(3), 032025.

9. *Юнусов С.З., Хайдаров А., Бобомуродов Т.Г.* Машинный агрегат с механизмом составного цилиндра технологических машин // Теория машин и рабочих процессов. – МНПК, Бишкек-2013. С. 26...27.

10. *Светлицкий В.А., Стасенко И.В.* Сборник задач по теории колебаний. – М.: Высшая школа, 1973.

11. *Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Шутова А.Г.* Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С.143...147.

12. *Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Mansurova M.A., Ganieva G.A.* The development of new types of single chain stitches with improved characteristics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, №5. P. 174...177.

REFERENCES

1. Khodzhiev M.T., Zhuraev A., Murodov O.Zh. Separator khlopka-syrtsa // RF patent na izobrenenie № 2701220. 25 sentyabrya 2019 g.
2. Khojiev M. T., Murodov O.J. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 6, Is.4, April 2019. P.8735...8738. ISSN: 2350-0328.
3. Murodov O.J. Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton // ICMSIT-II 2021 Journal of Physics: Conference Series 1889 (2021) 042012. IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1889/4/042012.
4. Gazieva S.A., Kurbonov B.D., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovskiy P.N. Izmenenie strukturnogo pokazatelya khlopka-syrtsa po tekhnologicheskim perekhodam ego pererabotki // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 131...135.
5. Korabel'nikov A.R., Lebedev D.A., Shutova A.G. Vydelenie sornykh primesey s poverkhnosti sloya voloknistogo materiala // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 4. S. 143...147.
6. Khojiev M.T., Murodov O.J., Eshmurodov D. Creation of Scientific-Based Construction of the Separator with Insulation Camera // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). – Vol. 9, Is. 4, February 2020. ISSN: 2278-3075.
7. Khojiev M.T., Murodov O.J. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator // Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 6, Is. 4, April 2019. P.8735...8738.
8. Khojiev M.T., Murodov O.J., Eshmurodov D.D., Eshnazarov D.A. Tests in the insulating cameras of the improved separator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020, 862(3), 032025.
9. Yunusov S.Z., Khaydarov A., Bobomurodov T.G. Mashinnyy agregat s mekhanizmom sostavnogo tsilindra tekhnologicheskikh mashin // Teoriya mashin i rabochikh protsessov. – MNPK, Bishkek-2013. S.26...27.
10. Svetlitskiy V.A., Stasenko I.V. Sbornik zadach po teorii kolebaniy. – M.: Vysshaya shkola, 1973.
11. Korabel'nikov A.R., Lebedev D.A., Shutova A.G. Vydelenie sornykh primesey s poverkhnosti sloya voloknistogo materiala // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 4. S. 143...147.
12. Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Mansurova M.A., Ganieva G.A. The development of new types of single chain stitches with improved characteristics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2017, №5. P. 174...177.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 29.11.21.