

УДК 677.21.022

УСТОЙЧИВОСТЬ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК ПИТАЮЩЕГО ЦИЛИНДРА В ЗОНЕ ПИТАНИЯ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН

Мирзаев Отабек Абдукаримович

Боймуратов Фаррух Хамзаевич

Назаров Асрор Алланазарович

Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан,

Карши, asror.nazarov.83@bk.ru

Аннотация: В статье приводится вывод разрешающих уравнений для расчета трехслойных цилиндрических оболочек питающего цилиндра прядильных машин при осесимметричном нагружении с учетом ползучести. Задача сводится к системе из двух обыкновенных дифференциальных уравнений. Разработана методика расчета при вращении напряженного напряженного состояния цилиндрической оболочки заполненной резиновым слоем, основанная на применении вариационного принципа механики.

Ключевые слова: трехслойные оболочки, сдвига, втулка, шерсть, зуб, рифля, лента, деформация, перемещения, слой, цилиндр, жесткость, волокна, криволинейным, прядильных, пластичность, прочность, разрывная нагрузка.

Abstract: The paper presents the derivation of the solving equations for the calculation of three-layer cylindrical shells of the feed cylinder of spinning machines under axisymmetric loading, taking into account creep. The problem is reduced to a system of two ordinary differential equations. A method for calculating the stress state of a cylindrical shell filled with a rubber layer during rotation is developed, based on the application of the variational principle of mechanics.

Keywords: three-layer shell, shear, sleeve, wool, tooth, fluting, tape, deformation, displacement, layer, cylinder, stiffness, fiber, curvilinear, spinning, ductility, strength, discharge load.

ВВЕДЕНИЯ

Пневмомеханическое прядение характеризуется тем, что питающая лента разъединяется соответствующим дискретизирующим органом на отдельные элементы (волокна). После разъединения концы отдельных волокон не имеют контакта с другими волокнами. Изучая недостатки питающего цилиндра

пневмомеханических прядильных машин предлагали новый вариант питающего цилиндра.

Такие цилиндры имеют зубчатый, который подается лента в зоне дискретизации равномерно, параллельно, но зубья барабанчики не зацепляются с волокнами один к одному. Главная цель если получить качественная пряжа детально обращать внимания этом процессе. Зная эти причины предлагаем питающий цилиндр зубья имеет криволинейный разными формами. В этом веке вместе с хлопковым волокна используется шерсть, лён, шёлк, синтетика и другие тип волокон. Каждый из них имеет свой своеобразия, например растяжимость, упругость, эластичность, пластичность, прочность, разрывная нагрузка и другие параметры. Если используется хлопковым волокна с другими типам волокнами питающий цилиндр должно подавать волоконный смеси в зоне дискретизации, по возможности сохраняя свой своеобразия. Самый универсальный путь питающий цилиндр с криволинейным зубьями с упругими оболочками. Упругие оболочки по возможности сохраняет природный и химический свойства волокон, который открывается дорога(путь) получить пряжа с требуемого качество [5-7].

Известно, достоинства резины как конструкционного материала высокая эластичность, стойкость к воздействию химических и физических факторов, высокие амортизационные способности- привлекают серьезное внимание инженеров [1].

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

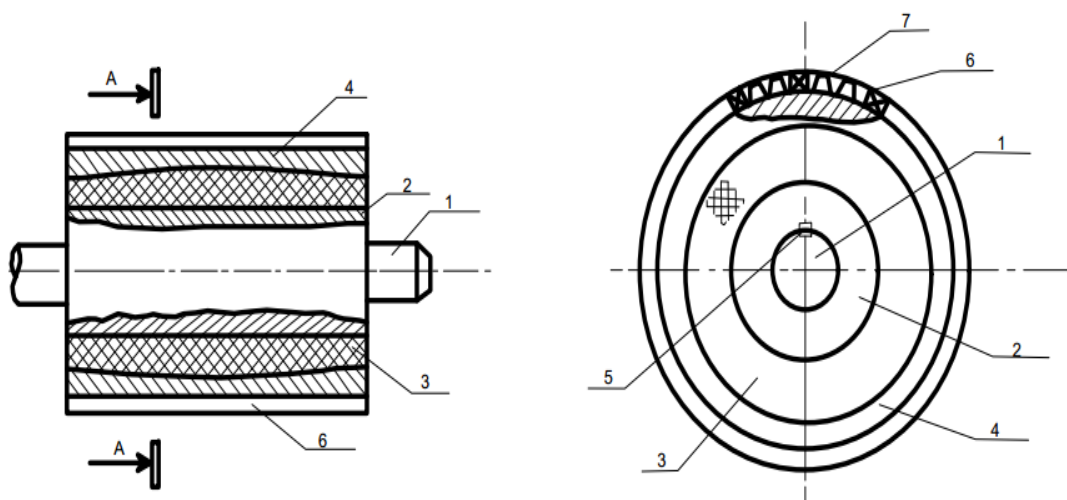
Резина стала особенно широко применяется в качестве конструкционного материала после разработки надежных и сравнительно простых методов ее крепления к металлом.

Деформируемость резины под действием разных нагрузок и ее механические свойства характеризуется определенными законами и аналитическими зависимостями, знание которых необходимо для правильного применения резины в качестве конструкционного материала.

С точки зрения конструкции детали подразделяется на резиновые и резино-металлические. Последние, в свою очередь, могут быть разъемными, если соединение резинового элемента с металлическими частями механическое, и неразъемными, если соединение резины с металлом выполнено путем вулканизации или с помощью клеем.

Поставленная задача решается совершенствованием конструкции питающего цилиндра прядильного устройства, контролируемым обеспечением волокон ленты с краем криволинейным зубом. На основе питающего цилиндра установлено упругая втулка. На рис.1 представлено схема предлагаемого питающего цилиндра прядильного устройства, фронтальный и горизонтальный разрез питающего цилиндра, на фиг.2, аксонометрическая проекция питающего цилиндра.

Процесс питания ленты в зоне дискретизации осуществляется следующим образом. Усовершенствованная конструкция питающего цилиндра прядильного устройства состоит из приводного вала 1, насаженной на него посредством шпонки 5 внутренней втулки 2, насаженной на нее резиновой втулки 3 с наружной поверхностью бочкообразной формы и надетой на нее втулки 4 с рифлями 6 и зубами 7. масса (хлопковый волокна, шерсть, лен, синтетика и др.) в виде ленты поступает через уплотнительную воронку к зоне подачи питающим цилиндром с упругими втулками 3 и зубами цилиндра имеющий криволинейными зубами. Зубы имеющие криволинейная, но порядок распределения зубья рифля 6, рифля-зуб (на рис 2 невидны), и целиком цилиндрический зуб 7. Здесь давления на ленту со стороны рифлёной втулки 4 питающего цилиндра распределяется более равномерно по его длине. Это обеспечивается за счет деформации бочкообразной упругой втулки 3. Криволинейная зубья 6 и 7 подаваемой ленты сохраняя порядок дисциплины подачи ленты в зоне дискретизации.



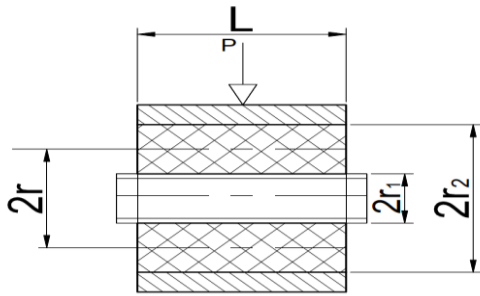


Рис.1. Питающий цилиндр прядильного устройства

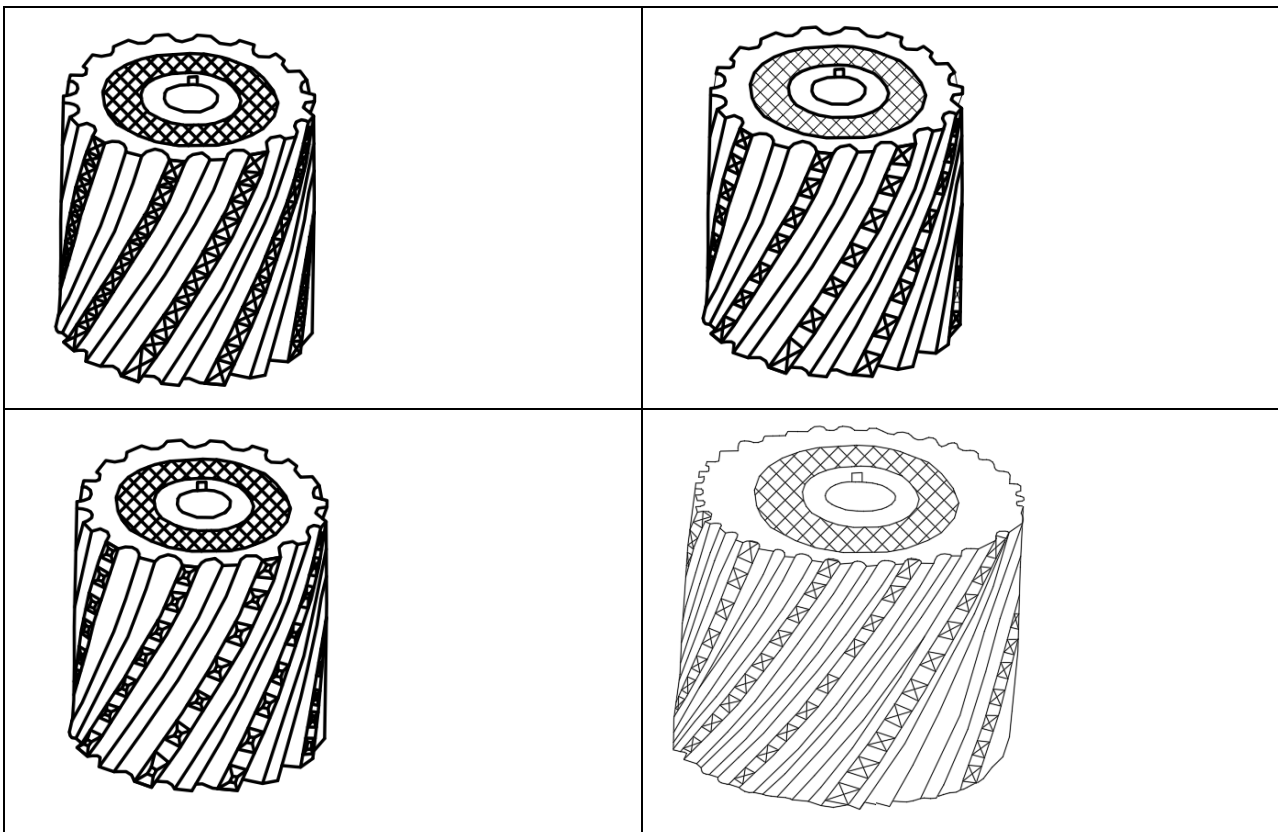


Рис.2. Разный тип предлагаемого питающих цилиндров.

Постановка задачи. Рассмотрим трехслойную цилиндрическую оболочку питающего цилиндра, находящуюся под действием радиальной силой. Геометрические уравнения получим из общих уравнений Коши в цилиндрических координатах, имеющих вид [2].

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \varepsilon_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{\omega}{r}; \varepsilon_r = \frac{\partial \omega}{\partial r}; \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \gamma_{x\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial x};$$

$$\gamma_{\theta r} = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial \theta}; \gamma_{rx} = \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r}; \quad (1)$$

Для получения геометрических уравнений цилиндрической оболочки питающего цилиндра прядильных машин в (1) следует положить $r = R + z$ и учесть, что $z \ll R$. Деформации обшивки питающего цилиндра при этом примут вид:

$$\varepsilon_x^{B(H)} = \frac{\partial u^{B(H)}}{\partial x}; \varepsilon_\theta^{B(H)} = \frac{1}{R} \frac{\partial v^{B(H)}}{\partial \theta} + \frac{\omega}{R}; \varepsilon_z = \frac{\partial \omega}{\partial z}; \gamma_{x\theta}^{B(H)} = \frac{1}{R} \frac{\partial v^{B(H)}}{\partial \theta} + \frac{\partial v^{B(H)}}{\partial x}. \quad (2)$$

Деформации сдвига питающего цилиндра среднего слоя запишутся в виде:

$$\gamma_{\theta z}^{c.p.ц.} = \frac{\partial v^{c.p.ц.}}{\partial z} - \frac{v^{c.p.ц.}}{R} + \frac{1}{R} \frac{\partial \omega}{\partial \theta}; \gamma_{zx}^{c.p.ц.} = \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial u^{c.p.ц.}}{\partial z}; \quad (3).$$

Для перемещений u среднего слоя примем линейное распределение по толщине:

$$u^c = \frac{u^B + u^H}{2} + \frac{u^H - u^B}{h} z = u + \alpha z \quad (4)$$

Перемещения при осесимметричном нагружении отсутствуют. Деформации сдвига заполнителя из (3) и (4) запишутся в виде:

$$\gamma_{\theta z}^{c.p.ц.} = \alpha + \frac{\partial \omega}{\partial \theta}; \quad (5).$$

Касательные напряжения в заполнителе с учетом ползучести составного питающего цилиндра определяются следующим образом:

$$\tau_{zx}^{c.p.ц.} = G_3 (\gamma_{zx}^{c.p.ц.} - \gamma^o) = G_3 (\alpha + \frac{\partial \omega}{\partial \theta} - \gamma^o); \quad (6).$$

где γ^o – деформации ползучести среднего слоя, G_3 – деформации сдвига заполнителя.

Деформации обшивки трехслойного питающего цилиндра при осесимметричном нагружении запишутся в виде:

$$\varepsilon_x^{B(H)} = \frac{du^{B(H)}}{\partial x}; \varepsilon_\theta^{B(H)} = \frac{\omega}{R}. \quad (7)$$

Принимая гипотезу о равномерном распределении касательных напряжений по толщине заполнителя питающего цилиндра, поперечную силу Q_x запишем следующим образом:

$$Q_x = \tau_{zx}^{c.n.c.} h = G_s h \left(\alpha + \frac{\partial \omega}{\partial x} - \gamma^o \right); \quad (8)$$

Связь между напряжениями и деформациями для обшивок запишется в виде:

$$\sigma_x^{B(H)} = \frac{E}{1-\nu^2} \left(\varepsilon_x^{B(H)} + \nu \varepsilon_\theta^{B(H)} \right); \sigma_\theta^{B(H)} = \frac{E}{1-\nu^2} \left(\varepsilon_\theta^{B(H)} + \nu \varepsilon_x^{B(H)} \right). \quad (9)$$

Принимая, что изгибающий момент M_x полностью воспринимается обшивками, представим его в виде:

$$M_x = \delta (\sigma_x^H - \sigma_x^B) \frac{h}{2} = \frac{E\delta h}{2(1-\nu^2)} (\varepsilon_x^H - \varepsilon_x^B + \nu(\varepsilon_\theta^H - \varepsilon_\theta^B)) = D \frac{d\alpha}{dx}, \quad (10)$$

где $D = \frac{E\delta h}{2(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость трехслойной оболочки питающего цилиндра.

Осевые усилия N_x и N_θ также полностью воспринимаются обшивками питающего цилиндра прядильных машин:

$$N_x = (\sigma_x^B - \sigma_x^H) \delta = \frac{E\delta h}{1-\nu^2} (\varepsilon_x^B + \nu \varepsilon_\theta^B + \varepsilon_x^H + \nu \varepsilon_\theta^H) = \frac{E\delta h}{1-\nu^2} \left(\frac{d(u^B + u^H)}{dx} + 2\nu \frac{\omega}{R} \right). \quad (11)$$

$$N_\theta = \frac{E\delta h}{1-\nu^2} (\varepsilon_\theta^B + \nu \varepsilon_x^B + \varepsilon_\theta^H + \nu \varepsilon_x^H) = \frac{E\delta h}{1-\nu^2} \left(2\frac{\omega}{R} + \nu \frac{d(u^H + u^B)}{dx} \right). \quad (12)$$

Приравняв усилие N_x к нулю и выражая величину $\frac{d(u^H + u^B)}{dx}$

через прогиб, получим следующую формулу для N_θ :

$$N_{\theta} = \frac{2E\delta\omega}{R}. \quad (13)$$

Уравнения равновесия при осесимметричном нагружении запишутся в виде [2]:

$$\frac{dM_x}{dx} = Q_x; \quad \frac{dQ_x}{dx} - \frac{N_{\theta}}{R} + q = 0 \quad (14)$$

$$\frac{dM_x}{dx} = Q_x; \quad \frac{dQ_x}{dx} - \frac{N_{\theta}}{R} + q = 0. \quad (14)$$

Нагрузка q в случае действия радиального давления определяется по формуле:

$$q = \gamma(l - x) \quad (15)$$

Где γ – удельный вес требуемого резины.

Подставляя (10) и (8) в первое уравнение равновесия в (14), получим:

$$D \frac{d^2\alpha}{dx^2} = G_3 h \left(\alpha + \frac{d\omega}{dx} - \gamma^0 \right). \quad (16)$$

Подставив (8) и (13) во второе уравнение равновесия в (14), получим:

$$\frac{d^2\omega}{dx^2} + \frac{d\alpha}{dx} - \frac{d\gamma^0}{dx} - \frac{1}{G_3 h} \frac{2E\delta\omega}{R^2} + \frac{q}{G_3 h} = 0 \quad (17)$$

Таким образом, задача расчета трехслойной цилиндрической оболочки питающего цилиндра прядильных машин при

осесимметричном нагружении свелась к системе из двух дифференциальных уравнений (16) и (17) относительно функций α и ω .

Для жестко заземленной в основании оболочки питающего цилиндра граничные условия имеют вид:

При $x = 0: \alpha = 0, \omega = 0;$

$$x = l: M_x = 0 \rightarrow \frac{d\alpha}{dx} = 0, Q_x = 0 \rightarrow \alpha + \frac{d\omega}{dx} = 0 \quad (18)$$

Решение системы уравнений (16) и (17) может быть выполнено численно методом конечных разностей в сочетании с методом Эйлера для определения деформаций ползучести [3].

Был выполнен расчет оболочки с пенополиуретановым наполнителем при следующих исходных данных: $l = 21\text{мм}$, $R = 10.5\text{мм}$, $\nu = 0.3$, $\delta = 4\text{ мм}$. В качестве закона ползучести использовалось нелинейное уравнение Максвелла-Гуревича, имеющее вид [4]:

$$\frac{\partial \varepsilon_{zx}^0}{\partial t} = \left(\frac{3}{2} \tau_{zx} - E_{\infty} \varepsilon_{zx}^0 \right) \frac{1}{\eta^0}, \quad (19)$$

Где $\varepsilon_{zx}^0 = \frac{1}{2} \gamma^0$, E_{∞} – модуль высокоэластичности, η^0 – релаксационная вязкость,

которая нелинейно зависит от напряжения:

$$\frac{1}{\eta^0} = \frac{1}{\eta_0^0} \exp\left(\frac{|f^0|}{m^0}\right), \quad (20)$$

Где η_0^0 – начальная релаксационная вязкость, m^0 – модуль скорости,

$f^0 = \frac{3}{2} \tau_{zx} - E_{\infty} \varepsilon_{zx}^0$ – функция напряжений составного питающего цилиндра .

На рис. 3 приведен полученный в результате расчета график распределение радиального перемещения оболочки вдоль оси цилиндра для двух значениях оборота цилиндра n .

$$n = 8.5 \leq \div 10 \times \geq 85 \text{об/мин}$$

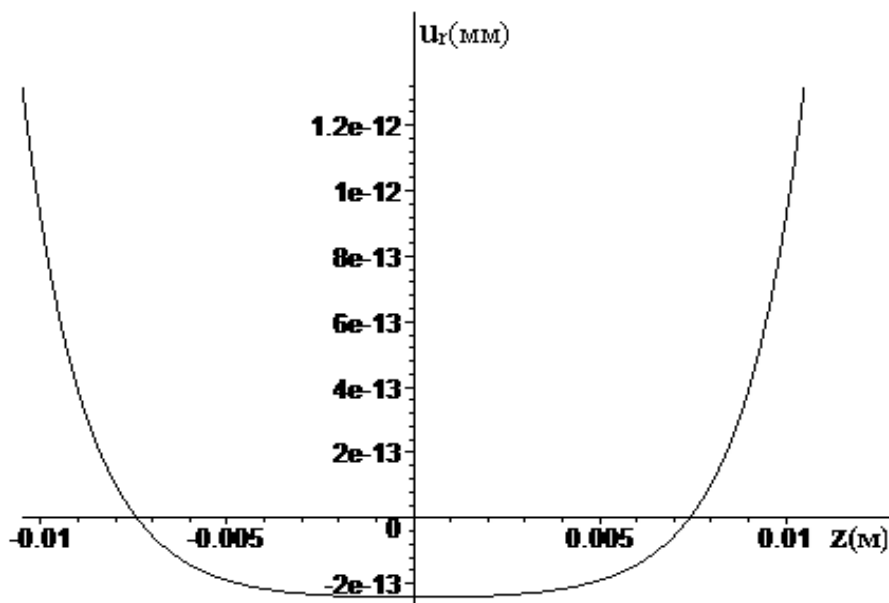
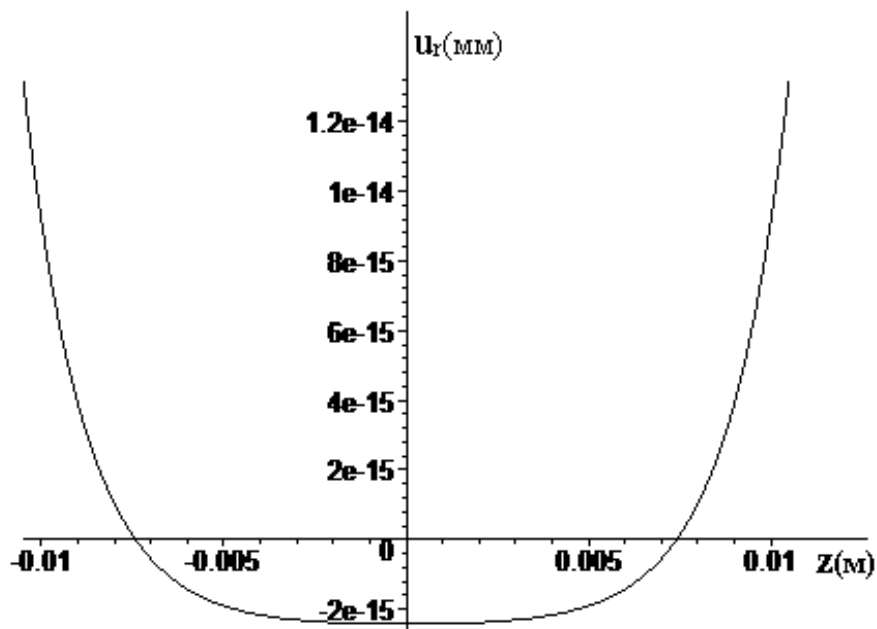


Рис.3. Распределение радиального перемещения оболочки вдоль оси цилиндра для двух значений оборота цилиндра n .

ВЫВОДЫ

Все это позволяет увеличить качество получаемого пряжи в пневмомеханических прядильных машинах. Таким образом, обеспечивается равномерность плотности волокон по ширине ленты, тем самым и равномерность подачи ленты, а также снижение поврежденности волокон.

Поставленная задача отличается от обычной задачи устойчивости изотропной оболочки тем, что сплошной наполнитель оказывает определенное сопротивление перемещением отдельных элементов оболочки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- 1.Потураев В.Н. Резиновые и резинометаллические детали машин. М: Машиностроения,1984 г, 12 с.
2. Григолюк Э.И.,Чулков П.П. Устойчивость и колебания трехслойных оболочек.М., Машиностроения,1983,стр.173.
- 3.Кан.С.Н. Строительная механика оболочек, М., “Машиностроения”,1966.стр.330-341.
- 4.Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек. Изд.5-е,переработ.и доп. Учеб.пособие для втузов. М.,Высшая школа,г.1989,стр.176.
5. A.Nazarov and others. Methods for Conducting a Course Project on Machine Parts / TEST INGeineering management./ https://ejmcm.com/article_3873.html *May – June 2020. ISSN: 0193-4120 Page No. 26595 – 26598.*
6. Nazarov A. A. Principles of education that develop an innovative approach to engineering professional activities. / European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences. Vol.8No.8,2020 ISSN 2056-5852. / <https://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2020/07/Full-PaperPRINCIPLES-OF-EDUCATION-THAT-DEVELOP-AN-INNOVATIVEAPPROACH-TO-ENGINEERING-PROFESSIONAL.pdf>.
- 7.Nazarov A.A., Nurova O.S. Interaction of Materials Resistance Science With Other General-Military Disciplines In Engineering Specialties // <http://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/5789>