

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИИ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.997
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2020 Issue: 06 Volume: 86

Published: 30.06.2020 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



A.B. Karshiev

Samarkand branch of the Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khorezmi
Head of the Department " Software engineering»

abduvalikarshiyev@gmail.com

A.A. Kayumov

Samarkand branch of the Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khorezmi
Assistant of the Department " Software engineering»

kayumov3732@gmail.com

INVESTIGATION OF VIBRATIONS OF REINFORCED CONCRETE RIBBED SHELLS

Abstract: The Study of vibrational movements and transients in deformable shells is of great practical importance. Structures in the form of plates and shells interacting with the elastic medium are widely used in engineering and construction. The article studies the stress-strain state (SSS) of flat reinforced concrete ribbed shells under the action of short-term and long-term loads. It is assumed that the rheological properties of reinforced concrete obey the linear theory of hereditary creep. The analysis of the results of testing the strength and stability of shells, supported by ribs, and their comparison with similar results of the calculation of smooth shells, both for linear-elastic deformation and creep problems. It is shown that the study of reinforced concrete shells can not take into account factors such as geometric nonlinearity and transverse shifts.

Key words: flat reinforced concrete shells, ribs, creep, strength, stability, permissible load.

Language: Russian

Citation: Karshiev, A. B., & Kayumov, A. A. (2020). Investigation of vibrations of reinforced concrete ribbed shells. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 06 (86), 512-516.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-06-86-96> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2020.06.86.96>

Scopus ASCC: 2200.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕБРИСТЫХ ОБОЛОЧЕК

Аннотация: Исследование колебательных движений и переходных процессов в деформируемых оболочках имеет большое практическое значение. Конструкции в виде пластин и оболочек, взаимодействующих с упругой средой, нашли широкое применение в технике и строительстве. В статье проведено исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) пологих железобетонных ребристых оболочек при действии кратковременных и длительных нагрузок. Допускается, что реологические свойства железобетона подчиняются линейной теории наследственной ползучести. Проведен анализ результатов проверки прочности и устойчивости оболочек, подкрепленных ребрами, и выполнено их сравнение с аналогичными результатами расчета гладких оболочек, как для задач линейно-упругого деформирования, так и задач ползучести. Показано, что при исследовании железобетонных оболочек можно не учитывать такие факторы как геометрическая нелинейность и поперечные сдвиги.

Ключевые слова: пологие железобетонные оболочки, ребра жесткости, ползучесть, прочность, устойчивость, допускаемая нагрузка.

Введение

Изучение колебательных процессов имеет большое значение для современной техники.

Развитие ее связано с ростом скоростей движения, давлений, температур, с непрерывным возрастанием мощности и быстроходности машин

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.997
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

и механизмов, увеличением аэродинамического воздействия потока протекающей среды. Вместе с тем, наблюдается стремление к лучшему использованию несущей способности конструкций и уменьшению их веса. Это влечет за собой увеличение воздействия динамических нагрузок на элементы машин и сооружений.

Развитие современной техники все больше базируется на достижениях фундаментальных и прикладных научных исследований. Инженерные сооружения и конструкции усложняются, поэтому их проектирование трудно представить без предварительного подробного расчета поведения этих конструкций или их элементов в тех или иных условиях.

На исследование различных видов колебаний во всем мире затрачиваются большие средства. Основной целью этих исследований является выяснение вопроса о роли колебательных процессов для проектируемого объекта. В случаях, когда колебания желательны, исследования ведутся с целью их регулирования. В случаях, когда они нежелательны, задача состоит в выяснении причин колебаний и их предотвращении. Один из важных технических вопросов - это вопрос определения срока и частот свободных колебаний конструкций.

1. Математические модели и алгоритмы исследования оболочек. Как известно, математическая модель деформирования любой оболочки состоит из геометрических и физических соотношений, а также уравнений равновесия или функционала полной энергии деформаций оболочки. Решение таких систем уравнений представляет собой сложную математическую задачу. Достаточно подробно математические модели и алгоритмы исследования пологих оболочек (в т. ч., ребристых и железобетонных) представлены в работах [1,3].

При исследовании железобетонных оболочек значительную сложность представляет собой задание жесткостных и деформационных характеристик оболочки. Железобетон является композитным материалом, поведение которого, как и поведение обычного бетона, можно описывать при определенных условиях формулами упруго-ползучей однородной среды. Допускается, что реологические свойства железобетона подчиняются линейной теории наследственной ползучести. Деформационные характеристики железобетона оболочек вводятся модулем упругости бетона E_b и двумя мерами ползучести железобетона C_N, C_M .

В соответствии с формулами линейной механики симметрично-армированного упруго-

ползучего материала (железобетона) расчетные формулы принимают вид

$$\varepsilon_0(t) = \frac{N}{A} \left[\frac{1}{E_b} + C_N(t, \tau) \right]$$

$$\omega(t) = \frac{M}{I} \left[\frac{1}{E_b} + C_M(t, \tau) \right]$$

$$C_N(t, \tau) = C(t, \tau) + \int_{\tau}^t R_N(t, \theta) \left[\frac{1}{E_b} + C(\theta, \tau) \right] d\theta$$

$$C_M(t, \tau) = C(t, \tau) + \int_{\tau}^t R_M(t, \theta) \left[\frac{1}{E_b} + C(\theta, \tau) \right] d\theta$$

где $R_N(t, \tau)$ - резольвента ядра $\frac{A_{s, red}}{A} E_b \frac{\partial C(t, \theta)}{\partial \theta}$;

$R_M(t, \tau)$ - резольвента ядра $\frac{I_{s, red}}{I} E_b \frac{\partial C(t, \theta)}{\partial \theta}$; N, M

- внутренние усилия в сечениях конструкции; E_b - модуль упругости бетона; $A_{s, red}, I_{s, red}$ - приведенные площадь сечения и момент инерции арматуры; C_N, C_M - деформационные характеристики железобетона (две меры ползучести железобетона); θ - момент времени, соответствующий возрасту бетона.

2. Анализ результатов расчета пологих оболочек. С использованием разработанного программного комплекса *PologObolochka* выполнены расчеты пологих железобетонных оболочек, имеющих шарнирно-неподвижное опирание по контуру и находящихся под действием равномерно-распределенных нагрузок. Основные параметры рассматриваемых оболочек: $a = b = 54$ м; $R_1 = R_2 = 135,9$ м; $h = 0,09$ м; оболочки изготовлены из бетона класса В40. Исследуются гладкие (без ребер) оболочки и оболочки, подкрепленные 18-ю регулярно расположенными ребрами жесткости высотой $3h$ и шириной $2h$, направленными параллельно осям координат.

На рис. 1 представлены зависимости «нагрузка \bar{P} - прогиб \bar{W} » для гладкой оболочки при ее линейно-упругом деформировании. Все решения проводятся в безразмерных параметрах. Значения $\bar{P}, \bar{W}, \bar{\sigma}$ определяются по формулам:

$$\bar{P} = \frac{a^4 q}{E h^4}; \quad \bar{W} = \frac{W}{h}; \quad \bar{\sigma} = \frac{a^2 \sigma}{h^2 E}.$$

При оценке прочности бетона оболочек применяется критерий Кулона - Мора. Ниже в качестве иллюстрации результатов расчета представлены функции распределения напряжений $\bar{\sigma}_g = \bar{\sigma}_1 - \frac{R_{bt}}{R_b} \bar{\sigma}_3$ по полю оболочек при разных нагрузках \bar{P} . Здесь $\bar{\sigma}_1 < \bar{\sigma}_2 < \bar{\sigma}_3$ - главные напряжения, которые определяются из решения уравнения

$$\bar{\sigma}^3 - (\bar{\sigma}_x + \bar{\sigma}_y) \bar{\sigma}^2 + (\bar{\sigma}_x \bar{\sigma}_y - \bar{\tau}_{xy}^2 - \bar{\tau}_{xz}^2 - \bar{\tau}_{yz}^2) \bar{\sigma} - (2\bar{\tau}_{yz} \bar{\tau}_{xz} \bar{\tau}_{xy} - \bar{\tau}_x \bar{\tau}_{yz}^2 - \bar{\tau}_y \bar{\tau}_{xz}^2) = 0$$

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.997
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Безразмерные напряжения $\bar{\sigma}_x$, $\bar{\sigma}_y$, $\bar{\tau}_{xy}$, $\bar{\tau}_{xz}$, $\bar{\tau}_{yz}$ определяются на верхней поверхности оболочек.

Гладкая оболочка при ее линейно-упругом деформировании теряет устойчивость при

нагрузке, равной $\bar{P}_{кр} = 70100$ ($q_{кр} = 19,47 \times 10^{-3}$ МПа). Допускаемая нагрузка на оболочку – $\bar{P}_{доп} = 13920$ ($q_{доп} = 3,87 \times 10^{-3}$ МПа).

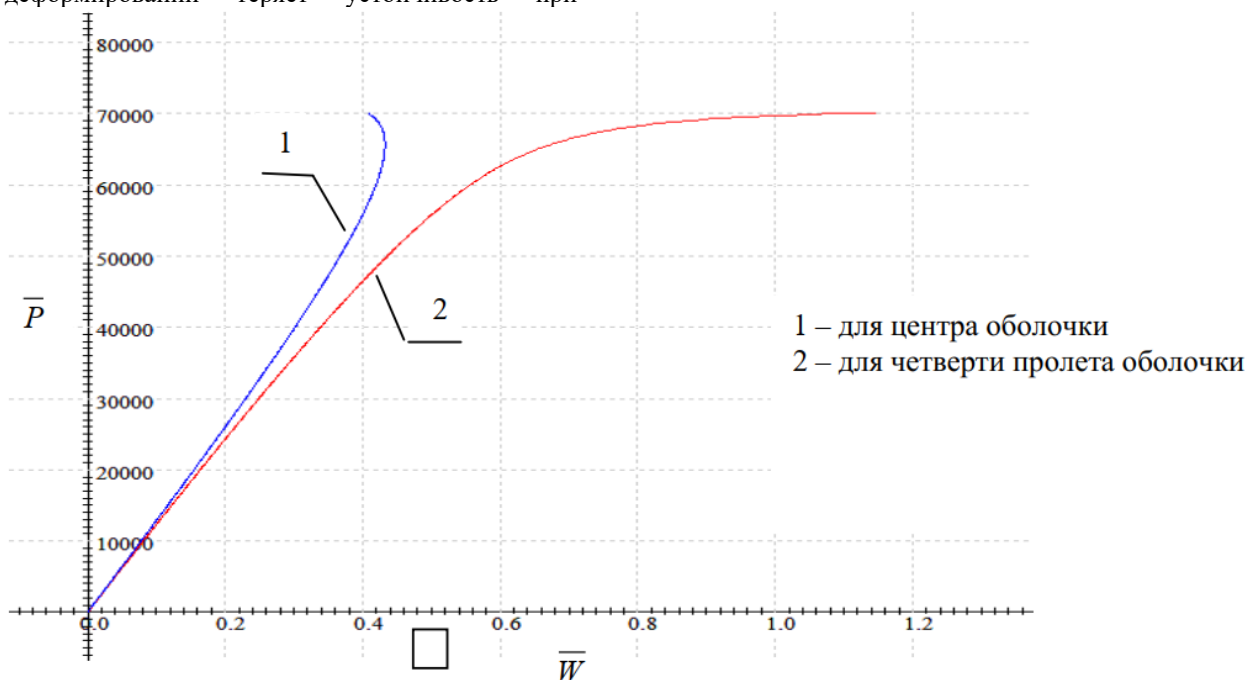


Рис. 1. Зависимость « \bar{P} - \bar{W} » для гладкой оболочки.

На рис. 2 представлена зависимость «нагрузка \bar{P} - прогиб \bar{W} » для аналогичной

оболочки, подкрепленной 18-ю ребрами, при ее линейно-упругом деформировании.

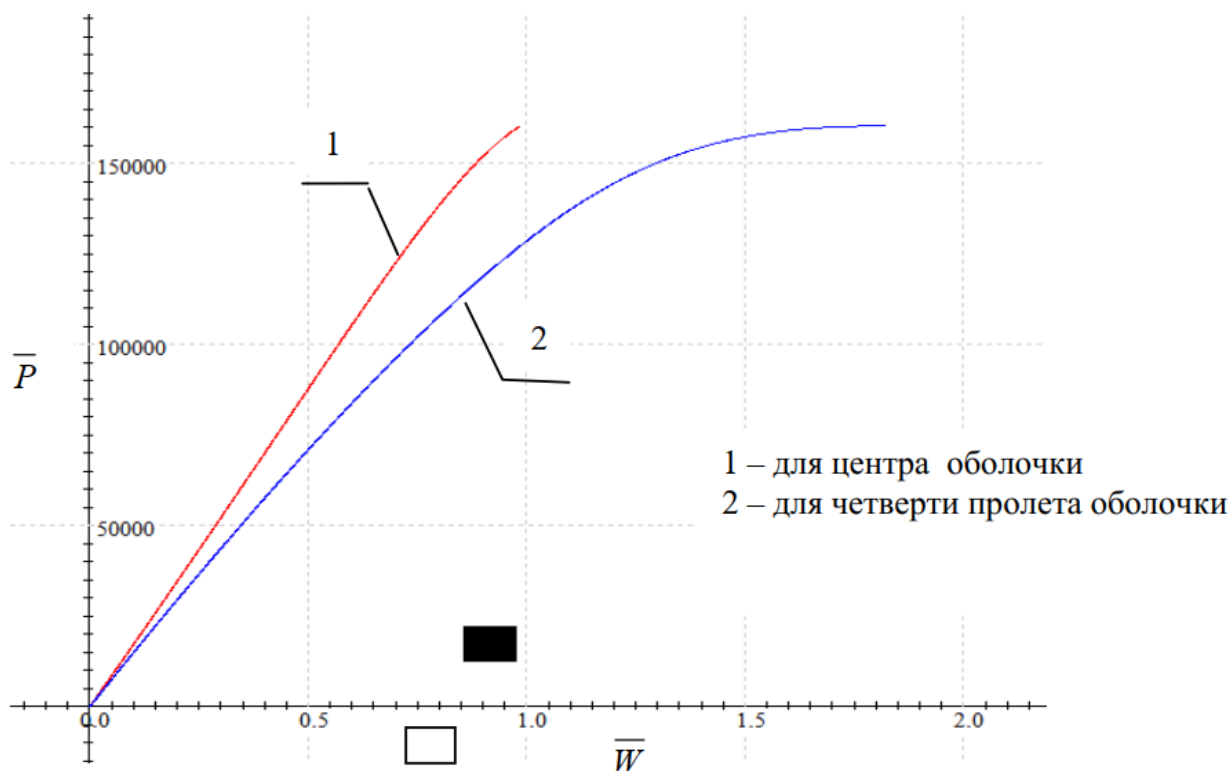


Рис. 2. Зависимость « \bar{P} - \bar{W} » для оболочки, подкрепленной 18-ю ребрами

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.997
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

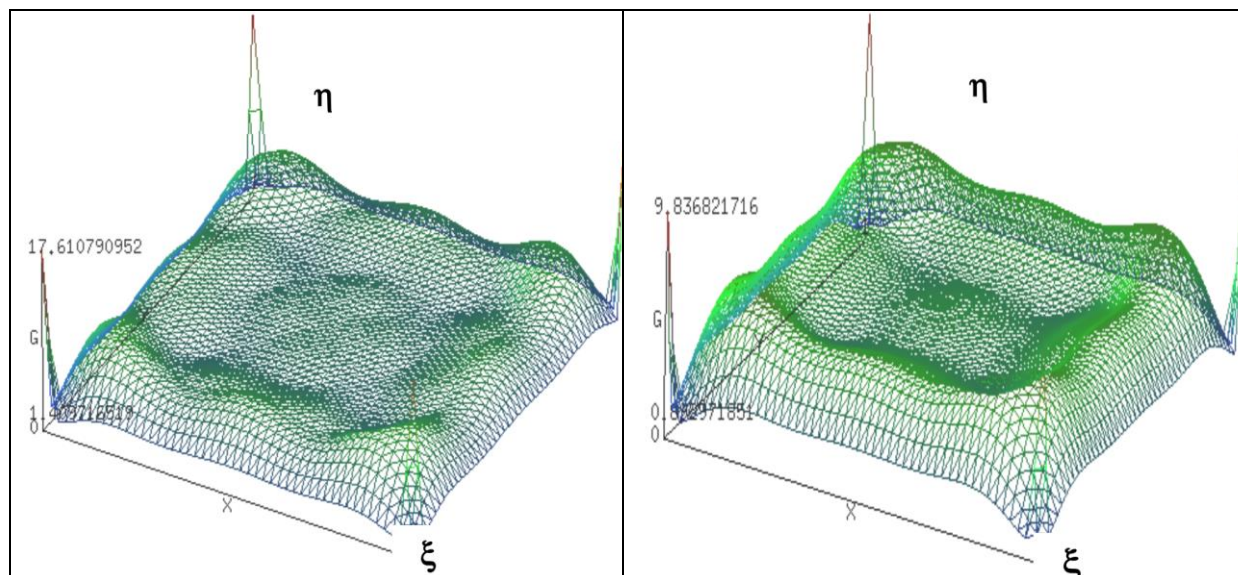


Рис. 3. Поля напряжений σ_g для гладкой (3,а) и ребристой (3,б) оболочек.

Рис. 3,а. Напряжения σ_g при $P = 35000$

Рис. 3,б. Напряжения σ_g при $P = 35000$

На рисунке 3 приняты следующие обозначения, $\xi = \frac{x}{a}$, $\eta = \frac{y}{b}$

Подкрепленная ребрами оболочка при линейно-упругом деформировании теряет устойчивость при $\bar{P}_{кр} = 160500$ ($q_{кр} = 44,58 \times 10^{-3}$ МПа). Допускаемая нагрузка на них (из условия прочности) $\bar{P}_{доп} = 25000$ ($q_{доп} = 6,94 \times 10^{-3}$ МПа).

Расчеты оболочек проведены, в том числе, с учетом развития деформаций ползучести. В

таблице приведена небольшая выборка величин критического времени $t_{кр}$, соответствующих потере устойчивости оболочек от ползучести (для иллюстрации динамики изменения величин $t_{кр}$ в зависимости от изменения величин действующих нагрузок). В первом цифровом столбце таблицы – величины допускаемых нагрузок на оболочки и соответствующее им время $t_{кр}$.

Таблица 1. Критическое время $t_{кр}$, соответствующее потере устойчивости оболочки от ползучести

Тип оболочки	Критическое время $t_{кр}$ при действующих нагрузках, сут.			
	\bar{P}	13920	20000	40000
Гладкая оболочка	$t_{кр}$	335	250	55
	\bar{P}	25000	50000	120000
Ребристая оболочка	$t_{кр}$	280	12S	20

Заключение.

Исследование устойчивости гладких и ребристых железобетонных оболочек при действии кратковременных нагрузок показало, что величины допускаемых нагрузок (из условия обеспечения прочности бетона) составляют 16-20% от критических нагрузок. Критическое время, при котором происходит потеря устойчивости оболочек от ползучести, снижается при увеличении действующих длительных нагрузок. Критические нагрузки, соответствующие этому времени, не превышают величин допускаемых

нагрузок на оболочки, работающие в условиях линейно-упругого деформирования. При действии длительных нагрузок, вследствие развития деформаций ползучести, наблюдается рост и перераспределение напряжений по полю оболочек. Наибольшие напряжения возникают в угловых зонах оболочек (см. рис. 3). Показано, что при исследовании пологих железобетонных ребристых оболочек можно не учитывать такие факторы, как геометрическая нелинейность и поперечные сдвиги.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHII (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.997	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

References:

1. Karpov, V.V. (2010). *Prochnost` i ustojchivost` podkreplennyh obolochek vrashhenija*. (p.288). Moscow: Fizmatlit.
2. Harlab, V.D. (1966). Mery polzuchesti zhelezobetona. Issledovanija po mehanike sterzhnevnyh sistem i sploshnyh sred. *Trudy LISI*. Vyp. 49 / LISI, L., pp. 84-92.
3. Mikishev, G.N., & Rabinovich, B.I. (1971). *Dinamika tonkostennyh konstrukcij s otsekami, sodержashhimi zhidkost`*. (p.564). Moscow: Mashinostroenie.
4. Shkljarchuk, F.N. (1965). O priblizhennom metode rascheta osesimmetrichnyh kolebanij obolochek vrashhenija s zhidkim napolnieniem. *Izv. AN SSSR. Mehanika*, № 6, pp.123-129.
5. Shkljarchuk, F.N. (1966). *O variacionnyh metodah rascheta osesimmetrichnyh kolebanij obolochek vrashhenija, chastichno zapolnennyh zhidkost`u*. Tr. 6j Vses. konf. po teorii obolochek i plastin. (pp. 835-840). Moscow: Nauka.
6. Averbuh, A.Z., Vecman, R.I., & Genkin, M.D. (1987). *Kolebanija jelementov konstrukcii v zhidkosti*. (p.158). Moskva: Nauka.
7. Bogomolov, V.G. (2010). *Dinamicheskaja zadacha vzaimodejstvija uprugoj obolochечноj konstrukcii s akusticheskoj sredoj. Sovremennye metody teorii kraevykh zadach*. Materialy Voronezhskoj vesennej matematicheskoj shkoly «Pontrjaginskie chtenija — XXI». (pp.38-39). VGU, MGU, MI RAN.
8. Samarskij, A.A. (1977). *Teorija raznostnyh shem*. (p.764). Moscow: Nauka.
9. Latifov, F. S., & Aliev, A. A. (2009). Svobodnye kolebanija rebristykh cilindricheskih obolochek, zapolnennyh zhidkost`u, pri osevom szhatii [Tekst]. *Mehanika Mashin, Mehanizmov i Materialov*, № 2, pp. 61-62.
10. Latifov, F. S., & Dzhaferova, I. M. (2009). Svobodnye kolebanija podkreplennyh perekrestnoj sistemoj reber cilindricheskih obolochek c zapolnitelem, pri osevom szhatii i s uchetom trenija. [Tekst]. *Estestvennye nauki i tehniki*, № 5(43), pp. 38-44.
11. Latifov, F. S., & Calmanov, O. Sh. (2008). Zadacha o vynuzhdennyh osesimmetrichnyh kolebanijah podkreplenoj i nagruzennoj oseвыми szhimaushhimi silami cilindricheskoj obolochki, zapolnennoj zhidkost`u [Tekst]. *Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal*, № 4(5), pp. 45-48.