

МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ****PHYSICO-MATHEMATICAL AND TECHNICAL SCIENCES**

DOI 10.47649/vau.2020.v59.i4.17

MPHTI 67.11.35

ӘОЖ 539.4.014: 624.074.433

Н.Ж.Жаңабай¹, А.Б.Утелбаева¹, Х.А.Абшенов¹¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

Шымкент қ., Қазақстан Республикасы

mako_01-777@mail.ru**ҚЫСЫММЕН ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН ЖӘНЕ ТЕМПЕРАТУРА ӘСЕРІН ЕСКЕРЕ
ОТЫРЫП, ЖОҒАРЫ БЕРІК ОРАМАМЕН КҮШЕЙТІЛГЕН ЦИЛИНДРЛІК
ҚАБЫҚТАРДЫҢ БЕРІКТІГІН ЕСЕПТЕУ**

Мақалада алдын ала кернеуленген цилиндрлік қабықша қабырғасының температура әсерін ескеріп кернеуленген-деформацияланған күйі қарастырылған. Алдын ала кернеуленген цилиндрлік қабықшаны температура өзгеруіне байланысты есептеу реті келтірілген.

Зерттеу жұмысының нәтижелері алдын-ала кернеулі қабықтардың жұмысы мен есебі туралы бұрыннан белгілі деректерді едәуір толықтырады және алдын-ала кернеу параметрлерін ескере отырып, цилиндрлік қабықтың алдын-ала кернеулі орамасы арқылы қабырғаның кернеулі күйін анықтауға мүмкіндік береді. Жұмыс нәтижелері алдын-ала кернеу параметрлерін оңтайлы таңдау арқылы қабық қабырғасының кернеулі күйін реттеу мүмкіндігін ғылыми растауға мүмкіндік берді. Алғаш рет құрылымның мойынтірек қабілетін толық пайдалану шарттарынан алдын-ала кернеулі цилиндрлік қабықтарды инженерлік есептеу және ұтымды жобалау әдісі ұсынылды.

Жұмыс заманауи құралдарды, жабдықтар мен жабдықтарды қолдана отырып жүргізілді және оның нәтижелері қабық құрылымдарын жобалау мен есептеудің классикалық теорияларына қанағаттанарлық сәйкес келеді.

Алдын ала кернеулі цилиндрлік қабықтарды есептеу әдістемесін әр түрлі салалардағы жобалау ұйымдарының инженерлік-техникалық қызметкерлері жаңа немесе қолданыстағы ыдыстар мен қысым аппараттарын, резервуарларды, құбырларды, газгольдерлерді және басқа цилиндрлік қабықтарды жобалау кезінде, сондай-ақ бірқатар техникалық пәндерді оқыту кезінде университеттерде қолдана алады.

Негізгі сөздер: Алдын ала кернеу, қабықша, орама, сым, температура, қысым.

Үздіксіз цилиндрлік қабықшалар түріндегі құрылымдар-резервуарлар, газ өткізгіштер, Құбырлар, ыдыстар және қысым аппараттары әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады, құрылымдық, технологиялық шешімдердің кең спектріне ие және өте жауапты құрылымдарға жатады, олардың бұзылуы мен апаттары елеулі экологиялық салдарға және материалдық шығындарға әкелуі мүмкін.

Өнеркәсіп дамуының қазіргі кезеңінде ішкі қысыммен жұмыс істейтін қабықтарды есептеудің құрылымдық шешімдері мен әдістерін жетілдіруге бағытталған зерттеулер үлкен ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады.

Мақалада зерттеу нысаны жоғары беріктігі бар және ішкі қысыммен жұмыс істейтін цилиндрлік қабықшалар болып табылатындығына байланысты және жұмыстың мақсаты

алдын-ала кернеу параметрлерінің цилиндрлік қабықтың кернеулі күйіне әсерін бағалау және осындай дизайнды инженерлік есептеу әдістемесін жасау болып табылады. зерттеу тақырыбы өте өзекті бағытқа ие.

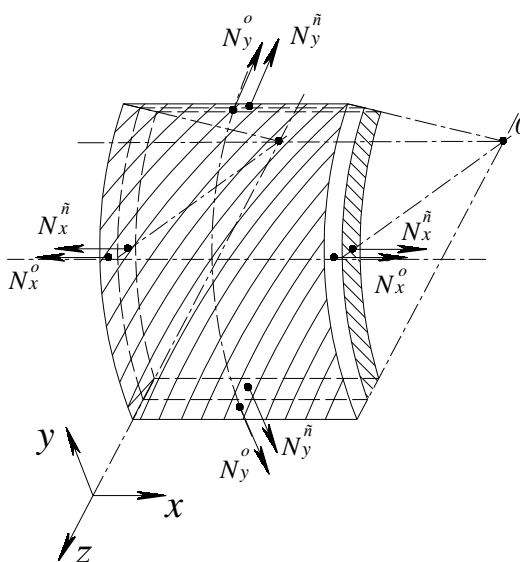
Техниканың әр түрлі салаларында артық ішкі қысымға ұшырайтын қабықтардың беріктігін арттыру үшін жоғары берік профильді немесе сымды қабық корпусына орау арқылы күшейту қолданылады [1,2,3,4,5,6,7,8,9].

Мұндай аралас қабықтың негізгі мәні-орау үшін жоғары берік сымды қолдана отырып, жұмыс жүктемесінің бір бөлігін сым орамасына өткізіп, қабықтың қабырғасын аз берік, кейбір жағдайларда қымбат материалдан жартылай босату.

Сонымен қатар, қабықтың қабырғасында сым жіптерін алдын ала тарту кезінде жұмысшылармен белгі бойынша кері алдын ала кернеу жасалады, бұл қабықтың көтергіш қабілетінің қосымша резервін жасайды.

Температураның мүмкін өзгеруін ескере отырып, ұзын , жабық цилиндрлік қабықтың радиусымен , ішкі қысымдағы қабырға қалыңдығымен қарастырайық.

1,2 суреттерге сәйкес, сым бойлық осіне бұрышпен қабыққа оралған. Ораманың келтірілген қалыңдығы ораманың жіптерін орау қадамына сымның көлденең қимасының қатынасына тең.



Сурет 1. Сым жіптерін бұрышпен орайтын қабық элементі α .



Сурет 2. Қабықтың корпусына ораманың схемасы

Қиғаш платформадағы кернеу формулаларына сүйене отырып, Орамалық қабаттағы күштер N_x мен Орамалық жіптің N_y осі бойымен салыстырмалы деформациялар арасындағы байланысты анықтаймыз:

$$\begin{aligned} N_x^o &= E^o \varepsilon^o \delta^o \cos^2 \alpha, \\ N_y^o &= E^o \varepsilon^o \delta^o \sin^2 \alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

мұнда E^o - ораманың материалдық серпімділік модулі, ε^o - салыстырмалы деформация (ұзару).

Орама элементінің температураның өзгеруін ескере отырып x және y осьтері бойымен салыстырмалы деформациясы, мына түрде көрсетіледі:

$$\varepsilon^o = \varepsilon_x \cos^2 \alpha + \varepsilon_y \sin^2 \alpha - \alpha^o t^o, \quad (2)$$

мұнда $\alpha^o t^o$ - орамдағы температура әсерінен деформациялар.

2-ші теңдеуді в 1-ші теңдеуге қоя отырып, орам элементінің шекаралары мен деформациялар арасындағы байланыс теңдеулерін аламыз

$$\begin{aligned} N_x^o &= E^o \delta^o \cos^2 \alpha (\varepsilon_x \cos^2 \alpha + \varepsilon_y \sin^2 \alpha - \alpha^o t^o) \\ N_y^o &= E^o \delta^o \sin^2 \alpha (\varepsilon_x \cos^2 \alpha + \varepsilon_y \sin^2 \alpha - \alpha^o t^o) \end{aligned} \quad (3)$$

Ораманың симметрия екенің ескере отырып элементтің шекарадағы жанама күштерді нөлге тең деп қабылдаймыз. Сондағы $\varepsilon_x = \varepsilon_x^c = \varepsilon_x^o$, $\varepsilon_y = \varepsilon_y^c = \varepsilon_y^o$.

Қабықшадағы кернеу, тарту күші және деформация арасындағы тәуелділік төмендегідей болады:

$$\begin{aligned} N_x^c &= \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} (\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y) - \frac{E^c \delta^c \alpha^c t^c}{1 - \mu}, \\ N_y^c &= \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} (\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x) - \frac{E^c \delta^c \alpha^c t^c}{1 - \mu}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^c &= \frac{1}{E^c} (\sigma_x^c - \mu \sigma_y^c) + \alpha^c t^c, \\ \varepsilon_y^c &= \frac{1}{E^c} (\sigma_y^c - \mu \sigma_x^c) + \alpha^c t^c,\end{aligned}\quad (5)$$

мұнда $\alpha^c t^c$ - қабықша дуалындағы температура әсерінен деформациялар, σ_x^c, σ_y^c - қабықша дуалындағы бойлық және сақиналы кернеулер.

Қабықшаның бетіне қабықшаның өзі және орама бірдей температурада оралғанын ескере отырып кейіннен олардың температурасы t^o и t^c өзгергенін ескерсек, онда тепе теңдік шарты келесі түрде көрсетіледі:

$$N_x = N_x^c + N_x^o = \frac{pR}{2} + \frac{P_x}{2\pi R}, \quad (6)$$

$$N_y = N_y^c + N_y^o = pR,$$

Мұнда P_x - бойлық созу күші..

6-шы өрнекті 3 және 4 өрнектерге біріктіре отырып деформациялар ε_x және ε_y :жүйесін анықтайтын өрнекті аламыз:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x \left(E^o \delta^o \cos^4 \alpha + \frac{E^o \delta^o}{1 - \mu^2} \right) + \varepsilon_y \left(E^o \delta^o \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha + \mu \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} \right) &= \\ = \frac{pR}{2} + \frac{P_x}{2\pi R} + \frac{E^c \delta^c \alpha^c t^c}{1 - \mu} + E^o \delta^o \alpha^o t^o \cos^2 \alpha; \\ \varepsilon_x \left(E^o \delta^o \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \mu \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} \right) + \varepsilon_y \left(\frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} + E^o \delta^o \sin^4 \alpha \right) &= \\ = pR + \frac{E^c \delta^c \alpha^c t^c}{1 - \mu} + E^o \delta^o \alpha^o t^o \sin^2 \alpha.\end{aligned}\quad (7)$$

Мына көрсеткішті енгізгенде:

$$A = \frac{pR}{2} + \frac{P_x}{2\pi R} + \frac{E^c \delta^c \alpha^c t^c}{1 - \mu} + E^o \delta^o \alpha^o t^o \cos^2 \alpha,$$

$$B = pR + \frac{E^c \delta^c \alpha^c t^c}{1 - \mu} + E^o \delta^o \alpha^o t^o \sin^2 \alpha.$$

Кейіннен теңдеулер жүйесін анықтаймыз (7) ε_x и ε_y байланысты:

$$\varepsilon_x = \frac{A \left(E^o \delta^o \sin^4 \alpha + \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} \right) - B \left(E^o \delta^o \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \mu \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} \right)}{\frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} [E^o \delta^o (\cos^4 \alpha + \sin^4 \alpha - 2\mu \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha) + E^c \delta^c]}; \quad (8)$$

$$\varepsilon_y = \frac{B \left(E^o \delta^o \cos^4 \alpha + \frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} \right) - A \left(E^o \delta^o \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \mu \frac{E^o \delta^o}{1 - \mu^2} \right)}{\frac{E^c \delta^c}{1 - \mu^2} \left[E^o \delta^o (\cos^4 \alpha + \sin^4 \alpha - 2\mu \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha) + E^c \delta^c \right]}. \quad (9)$$

Кернеуді төмендегі теңдеуден анықтаймыз

$$\sigma_x^c = \frac{E^c}{1 - \mu^2} (\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y) - \frac{E^c \alpha^c t^c}{1 - \mu}; \quad (10)$$

$$\sigma_y^c = \frac{E^c}{1 - \mu^2} (\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x) - \frac{E^c \alpha^c t^c}{1 - \mu}; \quad (11)$$

$$\sigma^o = E^o (\varepsilon_x \cos^2 \alpha + \varepsilon_y \sin^2 \alpha - \alpha^o t^o). \quad (12)$$

10, 11 және 12 өрнектерді 8 және 9 өрнектерімен байланыстырсақ орамдағы кернеуді анықтайтын жайылған өрнекті аламыз:

$$\sigma_x^c = \frac{\frac{P_x}{2\pi R} \left[\sin^4 \alpha - \mu \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right] + \frac{pR}{2} \left[\sin^4 \alpha + 2\mu \cos^4 \alpha - \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha (2 + \mu) + \right.}{\delta^c \left(\sin^4 \alpha + \cos^4 \alpha - 2\mu \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right)} \quad (13)$$

$$\left. + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right] + E^c \delta^c \cos^2 \alpha (\alpha^o t^o - \alpha^c t^c)};$$

$$\sigma_y^c = \frac{\frac{P_x}{2\pi R} \sin^4 \alpha [\mu \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha] + \frac{pR}{2} [2 \cos^4 \alpha + \mu \sin^4 \alpha - \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha (2\mu + 1) + \right.}{\delta^c \left(\sin^4 \alpha + \cos^4 \alpha - 2\mu \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right)} \quad (14)$$

$$\left. + 2 \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right] + E^c \delta^c \sin^2 \alpha (\alpha^o t^o - \alpha^c t^c)};$$

$$\sigma^o = \frac{\frac{P_x}{2\pi R} (\cos^2 \alpha - \mu \sin^2 \alpha) + \frac{pR}{2} [(1 - 2\mu) \cos^2 \alpha + (2 - \mu) \sin^2 \alpha] - E^c \delta^c (\alpha^o t^o - \alpha^c t^c)}{\delta^c \left[\sin^4 \alpha + \cos^4 \alpha - 2\mu \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right]}; \quad (15)$$

Бұрышпен орау кезінде сыммен оралған цилиндрлік қабықтарды жобалауда жақсы нәтижелерге қабық пен орам материалдарының параметрлерін таңдау арқылы қол жеткізуге болады, өйткені серпімді модульдердің, коэффициенттердің α^c және α^o беріктік пен аққыштық арақатынасы біріктірілген қабықтың көтергіштігі мен салмағына айтарлықтай әсер етеді.

Есептеу формулалары сақиналы орамдағы қабық пен орамадағы кернеу компонентін ($\alpha = 90^\circ$) формулалардың ерекше жағдайы ретінде алуға болады (13), (14) және (15). Сонда:

$$\sigma_x^c = \frac{1}{2\delta^c} \left(pR + \frac{P_x}{\pi R} \right); \quad (16)$$

$$\sigma_y^c = \frac{pR \left(\frac{\mu}{2} + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right) + \frac{\mu P_x}{2\pi R} + E^c \delta^c (\alpha^o t^o - \alpha^c t^c)}{\delta^c \left(1 + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right)}; \quad (17)$$

$$\sigma^o = \frac{pR \left(1 - \frac{\mu}{2} \right) + \frac{\mu P_x}{2\pi R} - E^c \delta^c (\alpha^o t^o - \alpha^c t^c)}{\delta^c \left(1 + \frac{E^c \delta^c}{E^o \delta^o} \right)}. \quad (18)$$

Орау қабатының қалыңдығын және алдын ала кернеу дәрежесін өзгерту арқылы бұрышпен $\alpha = 90^\circ$ орау кезінде қабықты бойлық кернеулермен теңестіру σ_x^c және құрылымдардың тең беріктігіне қол жеткізу үшін сақиналы кернеулерден σ_y^c босатуға болады. Қысымның жоғарылауымен қабықтың бұзылуы көлденең бағытта жүреді, ал қабықтың қалыңдығының қосымша ұлғаюы беріктіктің өсуіне әкелмейді [1,2,3,4,5,6,9].

Жоғары беріктігі бар орамамен күшейтілген цилиндрлік қабықтарды есептеудің алынған формулалары температуралық кернеулерді ескере отырып, қабық пен сым орамасының әртүрлі құрылымдық параметрлері бар қабық қабырғасы мен орамасындағы сақиналы және бойлық кернеулерді анықтауға мүмкіндік береді.

Жұмыс заманауи құралдарды, жабдықтар мен жабдықтарды қолдана отырып жүргізілді және оның нәтижелері қабық құрылымдарын жобалау мен есептеудің классикалық теорияларына қанағаттанарлық сәйкес келеді.

Алдын ала кернеулі цилиндрлік қабықтарды есептеу әдістемесін әр түрлі салалардағы жобалау ұйымдарының инженерлік-техникалық қызметкерлері жаңа немесе қолданыстағы ыдыстар мен қысым аппараттарын, резервуарларды, құбырларды, газгольдерлерді және басқа цилиндрлік қабықтарды жобалау кезінде, сондай-ақ бірқатар техникалық пәндерді оқыту кезінде университеттерде қолдануға мүмкіндік береді.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы материалдың параметрлерін де, алдын-ала кернеудің құрылымдық параметрлерін де толық ескеруге мүмкіндік беретін, сонымен қатар құрылымның кернеулі күйін тұтастай реттеуге мүмкіндік беретін алдын-ала кернеулі қабықтарды есептеу және ұтымды жобалаудың инженерлік әдісі болып табылады. Ұсынылған есептеу әдісін әртүрлі салалардың инженерлері осындай құрылымдарды жобалау кезінде қолдана алады.

Әдебиеттер тізімі

1 Беленя Е.И., Астряб С.М., Рамазанов Э.Б. Предварительно напряженные металлические листовые конструкции. – М.: Стройиздат, 1979. – 192 с.

2 Воеводин А.А. Предварительно напряженные системы элементов конструкций. – М.: Стройиздат, 1989. 298 с.

3 Жанабай Н. Ж. ғылым кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмыс, "Конструкциялық параметрлерді есепке ала отырып, алдын ала кернеулі цилиндрлік қабықшаның кернеулі күйін бағалау" 2007, Шымкент қ.

4 Айнабеков А.И., Сулейменов У.С., Жанабай Н.Ж., Айнабеков Б.А. Моделирование потери устойчивости тонкостенного трубопровода при аффинном соответствии модели и натуры //IV межд. научно-практ. конф. «Эффективные строительные конструкции: теория и практика». –Пенза. –2005.–С.122-125.

5 Айнабеков А.И., Сулейменов У.С., Жанабай Н.Ж., Укибаев М.К. Моделирование потери устойчивости корпуса магистрального трубопровода при сжатии в пределах упругости //Современные строительные материалы, технологии и методы проектирования //Мат. межд. научно-практ. конф., посв. 25-летию КазГАСА.–2005.–С.147-151.

6 Zhangabay N., Utebayeva A., F.R. Salimov The calculation of strength of preliminary-stressed gas-oil pipelines of great diameter, working under the pressure with the regard to the influence of external temperature environment// Вестник «Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д.Серикбаева». №3/2019г. Усть-Каменогорск. С.94-98.

7 Duissenbekov B., Tokmuratov A., Zhangabay N., Orazbayev Z., Yerimbetov B., Aldiyarov Z. Finite-difference equation of quasistatic motion of the shallow concrete shells in nonlinear setting// Curved and layered structures. Volume 7, Issue 1, January 2020, pages 48-55.

8 Borodin K., Zhangabay N.Z. Mechanical characteristics, as well as physical and chemical properties of the slag – filled concretes, and investigation of the predictive power of the metaheuristic approach// Curved and layered structures. Volume 6, Issue 1, January 2019, pages 236-244.

9 Жанабай Н.Ж., Утебаева А.Б., Салимов Ф.Р., Куандыкова Э.Т. Экономическая эффективность при строительстве предварительно напряженных газопроводов и нефтепроводов большого диаметра с учетом экономии материала из стали// Вестник «Атырауского государственного университета имени Х.Досмухамедова». №1(53)/март 2019 г. Атырау. С 121-125.

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК, УСИЛЕННЫХ ВЫСОКОПРОЧНОЙ ОБМОТКОЙ, С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

В данной статье рассматривается состояние стенки ранее интенсивных цилиндрических сред напряженно - деформировано с учетом температурного воздействия. Приведена методика учета ранее интенсивных цилиндрических сред с учетом изменения температуры.

Результаты научно-исследовательской работы значительно дополняют ранее известные данные о работе и расчете предварительно напряженных оболочек и позволяют выявить напряженное состояние стенки предварительно напряженной обмоткой цилиндрической оболочки с учетом параметров предварительного напряжения. Результаты работы позволили научно подтвердить возможность регулирования напряженного состояния стенки оболочки оптимальным выбором параметров предварительного напряжения. Впервые предложена методика инженерного расчета и рационального проектирования предварительно напряженных цилиндрических оболочек из условий полного использования несущей способности конструкции.

Работа проведена с использованием современных приборов, оборудования и аппаратуры, а результаты ее удовлетворительно согласуются с классическими теориями проектирования и расчета оболочечных конструкций.

Методика расчета предварительно напряженных цилиндрических оболочек могут быть использованы инженерно-техническими работниками проектных организаций различных отраслей промышленности при проектировании новых или усилении существующих сосудов и аппаратов давления, резервуаров, трубопроводов, газгольдеров и других цилиндрических оболочек, а также в вузах при преподавании ряда технических дисциплин.

Ключевые слова: Предварительное напряжение, оболочка, обмотка, провод, температура, давление.

THE CALCULATION OF STRENGTH CYLINDRICAL SHELLS REINFORCED WITH HIGH-STRENGTH WINDING, TAKING INTO ACCOUNT THE EFFECTS OF PRESSURE AND TEMPERATURE

In given clause the condition of a wall previously of intense cylindrical environments is considered is intense - is deformed in view of temperature influence. The technique of account previously of intense cylindrical environments is given in view of change of temperature.

The results of the research work significantly Supplement the previously known data on the operation and calculation of prestressed shells and allow us to identify the stress state of the wall of a prestressed cylindrical shell winding, taking into account the prestressed parameters. The results of the work allowed us to scientifically confirm the possibility of regulating the stress state of the shell wall by an optimal choice of pre-stress parameters. For the first time, a method of engineering calculation and rational design of prestressed cylindrical shells based on the conditions of full use of the load-bearing capacity of the structure is proposed.

The work was carried out using modern instruments, equipment and equipment, and the results are in satisfactory agreement with the classical theories of design and calculation of shell structures.

The method of calculating prestressed cylindrical shells can be used by engineering and technical employees of design organizations in various industries when designing new or strengthening existing pressure vessels and devices, tanks, pipelines, gas tanks and other cylindrical shells, as well as in higher education institutions when teaching a number of technical disciplines.

Key words: Pre-voltage, shell, winding, wire, temperature, pressure.

References

- 1 Belenia E.I., Astriab S.M., Ramazanov E.B. Predvaritelno napriajennye metallicheskie listovye konstrýktsii. – M.: Stroiizdat, 1979.– 192 s.
- 2 Voevodin A.A. Predvaritelno napriajennye sistemy elementov konstrýktsii. – M.: Stroiizdat, 1989. 298 s.
- 3 Janabai N. J. gylym kandidaty gylymý dárejesin alý úshin dissertatsialyq jumys, "Konstrýktsialyq parametrlerdı esepke ala otyryp, aldın ala kerneyli tsilindrlik qabyqshanyń kerneyli kúin baǵalaı" 2007, Shymkent q.
- 4 Ainabekov A.I., Sýleimenov Ý.S., Janabai N.J., Ainabekov B.A. Modelirovanie poteri ýstoichivosti tonkostennogo trýboprovoda pri affinnom sootvetstviı modeli i natýry //IV mejd. naýchno-prakt. konf. «Effektivnye stroitelnye konstrýktsii: teoriya i praktika». –Penza. –2005.–S.122-125.
- 5 Ainabekov A.I., Sýleimenov Ý.S., Janabai N.J., Ýkibaev M.K. Modelirovanie poteri ýstoichivosti korpýsa magistralnogo trýboprovoda pri sjatı v predelakh ýprýgosti //Sovremennye stroitelnye materialy, tehnologii i metody proektirovaniya //Mat. mejd. naýchno-prakt. konf., posv. 25-letıy KazGASA.–2005.–S.147-151.
- 6 Zhangabay N., Utelbayeva A., F.R. Salimov The calculation of strength of preliminary-stressed gas-oil pipelines of great diameter, working under the pressure with the regard to the influence of external temperature environment// Vestnik «Vostochno-KazahstanskogogosýdarstvennogotekhnicheskogoýniversitetaimeniD. Serikbaeva». №3/2019g. Ýst-Kamenogorsk. S.94-98.
- 7 Duissenbekov B., Tokmuratov A., Zhangabay N., Orazbayev Z., Yerimbetov B., Aldiyarov Z. Finite-difference equation of quasistatic motion of the shallow concrete shells in nonlinear setting// Curved and layered structures. Volume 7, Issue 1, January 2020, pages 48-55.
- 8 Borodin K., Zhangabay N.Z. Mechanical characteristics, as well as physical and chemical properties of the slag – filled concretes, and investigation of the predictive power of the metaheuristic approach// Curved and layered structures. Volume 6, Issue 1, January 2019, pages 236-244.
- 9 Janabai N.J., Ýtelbaeva A.B., Salimov F.R., Kýandykova E.T. Ekonomicheskaya effektivnost pri stroitelstve predvaritelno napriajennyh gazoprovodov i nefteprovodov bolshogo diametra s ýchetom ekonomii materiala iz stali// Vestnik «Atyraýskogo gosýdarstvennogo ýniversiteta imeni Kh.Dosmýhamedova». №1(53)/mart 2019 g. Atyraý. S 121-125.

Information about authors:

Nurlan Zhangabay, Candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Industrial, civil and road construction M. Auezov South Kazakhstan university Kazakhstan, Shymkent, nurlan.zhanabay777@mail.ru

Akmaral Utelbayeva, Doctor of chemical Sciences, associate Professor of the Department of Chemistry M. Auezov South Kazakhstan University Kazakhstan, Shymkent, mako_01-777@mail.ru
Khasen Abshenov, Candidate of technical Sciences, Head of Department M. Auezov SKU

DOI 10.47649/vau.2020.v59.i4.18

МРНТИ 27.23.17

УДК517.927.2

Е.С.Жақатай¹, Н. К. Шаждекеева¹, А.Б.Раисов¹

¹Х.Досмухамедов атындағы Атырау университеті
Атырау қ., Қазақстан Республикасы
j.y.s.96@mail.ru

ГРАФТАҒЫ ШЕТТІК ЕСЕПТІ ЖҮЙЕ ҮШІН ШЕТТІК ЕСЕПКЕ ТҮРЛЕНДІРУ

Әр түрлі қолданбаларда кездесетін дифференциалдық теңдеулерді графтардағы теңдеулер ретінде түсіндіруге болады. Мұндай теңдеулер теориясының кең ауқымды қолданылуы мүмкін, графтың қасиеттерін осындай теңдеулер мен оларды шешудің әдістерінің сапалы теориясын құру үшін қолдануға болады деп айтуға толық негіз бар. Графтардың қарапайым қасиеттерін пайдала отырып, дифференциалдық теңдеулердің шешімдерінің әрекетін зерттеуге болады.

Алғашқы графтық модель химияда қолданылған. Графтардағы дифференциалдық операторлар теориясының дамуы жақында, осы саладағы зерттеулердің көпшілігі соңғы екі онжылдықта жүргізілді. Графтардағы дифференциалдық операторлар химия, физика және техникада (нанотехнология) пайда болды және олар математикалық жағынан қызықты. Графтардағы дифференциалдық операторлардың қолданулары арасында химиядағы конъюгацияланған молекулалардың еркін электронды теориясы, кванттық сымдар мен кванттық хаос, шашырау теориясы мен фотондық кристалдар бар.

Графтарда көптеген функциялар кеңістігі анықталады. Осы функциялар кеңістігі мен дифференциалдық жүйелер арқылы графтарда шеттік есептер анықтаймыз. Бұл жұмыста графтың шеттік есепті дифференциалдық жүйе үшін шеттік есепке түрлендіруді қарастырамыз. Ол үшін графтың әрбір қырын $(0, 1)$ интервалына түрлендіріп, графтың дифференциалдық теңдеуді қайта анықтадық. Одан кейін шекаралық шарттарды да интервалға сәйкес түрлендіріп, бастапқы шеттік есеп пен жаңадан алынған шеттік есеп арасында байланыс орнаттық.

Негізгі сөздер: граф, дифференциалдық теңдеу, шеттік есеп, дифференциалдық оператор, өз-өзіне түйіндес оператор, меншікті мән.

Кіріспе

G қырларының ұзындығы ақырлы және олардың саны ақырлы K болатын граф болсын. Қырларды e_i , $i = 1, \dots, K$ және олардың ұзындықтарын сәйкесінше l_i , $i = 1, \dots, K$ деп белгілейік. G графында екінші ретті дифференциалдық оператор қарастырамыз:

$$ly := -\frac{d^2 y}{dx^2} + q(x)y = \lambda y, \quad (1)$$

мұндағы $q(x)$ (алдағы уақытта да) G -да анықталған нақты функция.

Атап айтқанда (1) теңдеу арқылы біз келесі теңдеулер жүйесін айтамыз: