

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку
Київського національного
університету будівництва і архітектури



Олександр КОВАЛЬЧУК

2024 р.

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
Подворного Андрія Володимировича «Деформування, динаміка та стійкість
конструктивно анізотропних циліндричних оболонок в просторовій
постановці» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.23.17 «Будівельна механіка»**

У відповідності до п. 11 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, на кафедрі будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури (12 лютого 2024 р.) було проведено фаховий міжкафедральний семінар для апробації докторської дисертації Подворного Андрія Володимировича на тему «Деформування, динаміка та стійкість конструктивно анізотропних циліндричних оболонок в просторовій постановці» (науковий консультант – доктор технічних наук, професор Трач Володимир Мирославович). Тема дисертаційної роботи затверджена на засіданні Вченої ради КНУБА (протокол №15 від 24 листопада 2023 р.)

Рецензенти розглянувши докторську дисертацію, наукові публікації в яких висвітлені основні наукові положення, а також за результатами фахового семінару проведеного на засіданні кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури ухвалили надати здобувачу Подворному Андрію Володимировичу такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації.

1. Дисертаційна робота «Деформування, динаміка та стійкість конструктивно анізотропних циліндричних оболонок в просторовій постановці» полягає у створенні на основі лінійної просторової теорії пружності розрахункових моделей, підходів до визначення параметрів напружено-деформованого стану та вільних коливань товстостінних і стійкості нетонких пружних шаруватих анізотропних циліндричних оболонок із волокнистих композитів та функціонально-градієнтних матеріалів, що знаходяться в полі різноманітних силових та температурних дій. Робота виконана у відповідності з тематикою та загальними планами досліджень кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства

освіти і науки України. Тема дисертаційної роботи є актуальною, яка має важливе як наукове, так і прикладне значення.

2. Дисертація є науковою працею автора, в якій ним особисто одержано такі результати:

1. Вперше розроблено підхід до побудови системи з шести диференціальних рівнянь руху просторової лінійної теорії пружності для товстостінних циліндричних анізотропних оболонок. Підхід ґрунтується на модифікації варіаційного принципу Ху-Васідзу, що дозволяє записувати відповідні рівнянням в тривимірній постановці граничні умови та співвідношення закону Гука. За використанням отриманої системи і відповідних їй граничних умов можуть бути встановлені величини напружень і переміщень від силової та температурної дій, в просторовій постановці при різних видах граничних умов на торцях товстостінної шаруватої композитної анізотропної циліндричної оболонки також з ФГМ.

2. На основі модифікованого варіаційного принципу Ху-Васідзу вперше розроблено підхід до побудови системи з шести однорідних диференціальних рівнянь стійкості просторової теорії пружності для нетонких циліндричних анізотропних оболонок.

3. Вперше представлено підхід, що базується на використанні процедури аналітичного методу Бубнова-Гальоркіна, щодо зменшення розмірності тривимірної системи диференціальних рівнянь рівноваги, отриманих з просторової системи рівнянь руху шляхом нехтування доданками, що враховують температурну дію та частоту вільних коливань. У випадку дії на оболонки розподіленого бокового тиску, в пропонованому підході, використано розкладення функцій напружень і переміщень в подвійні тригонометричні ряди Фур'є за коловим напрямком та уздовж твірної циліндричної оболонки так, щоб вони задовольняли умовам на торцях. Отримана нормального виду Коші одновимірна система рівнянь дозволяє визначати компоненти напружено-деформованого стану від силової дії на товстостінні анізотропні шаруваті циліндричні оболонкові конструкції. При чому, в залежності від типу граничних умов на торцях оболонки, розв'язуюча одновимірна система НДС може бути шостого або дванадцятого порядків. Для випадків осьового тиску та розподіленого по торцях зсувного навантаження (кручення) запропоновано підхід до зменшення розмірності тривимірної системи рівнянь рівноваги, отриманих з системи рівнянь руху, що включає в себе припущення про незмінність параметрів НДС циліндричної оболонки в коловому напрямку та використання методу прямих уздовж твірної зазначеної конструкції.

4. Вперше, при використанні аналітичного методу Бубнова-Гальоркіна, представлено підхід щодо зменшення розмірності тривимірної системи диференціальних рівнянь рівноваги, отриманих з просторової системи рівнянь руху шляхом нехтування доданками, що враховують частоту вільних коливань, у випадку температурної та термосилової дії. Отримана нормального виду одновимірна система рівнянь дозволяє визначати компоненти напружено-деформованого стану від температурної та термосилової дії товстостінних анізотропних циліндричних оболонок.

5. На основі просторової системи рівнянь руху, що виведена за використанням модифікованого варіаційного принципу Ху-Васідзу, з використанням аналітичного

методу Бубнова-Гальоркіна, представлено підхід до отримання нескінченної одновимірної системи диференціальних рівнянь, що дозволяє визначати частоти вільних коливань товстостінних шаруватих анізотропних циліндричних оболонкових конструкцій.

6. Вперше, при використанні метода Бубнова-Гальоркіна, викладений підхід стосовно приведення тривимірної системи диференціальних рівнянь стійкості до одновимірної в нормальній формі Коші. У відповідності до нього, функції напружень і переміщень розкладено в подвійні тригонометричні ряди Фур'є вздовж твірної оболонки та врахована їх періодичність за коловим напрямком. Для встановлення напружень, що описують докритичний НДС при осьовому тиску та розподіленому торцевому зсувному навантаженні (крученні), використано чисельний метод прямих із процедурою аналітичного методу Бубнова-Гальоркіна, а також метод дискретних перетворень Фур'є.

7. Для реалізації одновимірних розв'язуючих систем диференціальних рівнянь про напружено-деформований стан від силового та температурного впливів, а також вільних коливань товстостінних анізотропних циліндричних оболонок за радіальним напрямком використано чисельний метод дискретної ортогоналізації, який було відповідним чином адаптовано. На цій основі, створено програмні комплекси для персональних комп'ютерів (ПК), що дозволяють розв'язати нові задачі щодо встановлення параметрів напружено-деформованого стану від силового, температурного і термосилового впливу, а також вільних коливань товстостінних анізотропних композитних циліндричних оболонок.

8. За використанням розроблених комп'ютерних програм, в яких реалізовано пропонувані підходи, вперше проведені дослідження в просторовій постановці напружено-деформованого стану товстостінних конструктивно анізотропних циліндричних оболонок з волокнистих композитів. Анізотропія характеризується наявністю однієї площини пружної симетрії. Оболонки знаходяться під дією: розподіленого бокового, осьового тисків та розподіленого по торцю зсувного навантаження (кручення) та мають різні типи граничних умов на торцях. Отримано та проаналізовано результати дослідження НДС, від вище зазначених дій, в точках уздовж твірної та за товщиною оболонки в залежності від кількості перехресно-укладених шарів. Показано, що всупереч уявленню про те, що збільшення кількості укладених шарів до семи – восьми веде до можливості розрахунку анізотропної оболонки згідно ортотропного підходу, анізотропні складові НДС не зникають і це повинно бути враховано при оцінці несучої здатності конструкцій.

9. Спираючись на розроблений підхід, вперше проведені дослідження та проаналізовано напружено-деформований стан від температурної та термосилової дії в просторовій постановці товстостінної анізотропної циліндричної оболонки виготовленої з композитного матеріалу, який захищений з боку високотемпературного поля шаром кераміко-металевого або нанокерамічного функціонально-градієнтного матеріалу (ФГМ). При цьому, вперше розглянуто випадок зміни кута орієнтації армуючих кераміку нанотрубок відносно твірної, що веде до утворення шару ФГМ з однією площиною пружної симетрії паралельною серединній поверхні оболонки.

10. На основі розробленого підходу, проведено розрахунки та здійснено аналіз результатів визначення частот вільних коливань в просторовій постановці

товстостінних анізотропних циліндричних оболонок з волокнистих композитів та з функціонально-градієнтних матеріалів, які також можуть проявляти анізотропні властивості в осях криволінійної системи координат циліндрів, при різних типах граничних умов на торцях, схемах їх армування, конфігурації пакету шарів і геометрії конструкцій.

11. При використанні чисельного методу дискретної ортогоналізації розроблено алгоритм та складено комп'ютерний програмний комплекс для ПК, в якому вперше в єдиному обчислювальному процесі поєднано встановлення параметрів докритичного напружено-деформованого стану та розв'язку нових задач стійкості нетонких анізотропних циліндричних оболонок в просторовій постановці.

12. Використовуючи розроблений пакет комп'ютерних програм, вперше досліджено в просторовій постановці стійкість нетонких анізотропних циліндричних оболонок, виготовлених з волокнистих композитних і функціонально-градієнтних матеріалів, які також можуть проявляти анізотропні властивості в осях криволінійної системи координат циліндрів.

В публікаціях і роботах, підготовлених самостійно і у співавторстві, викладені такі результати, що належать автору:

в [4, 5, 7, 8, 9, 21, 22, 24, 25, 32, 34, 35, 38], при використанні варіаційного принципу Ху-Васідзу, описано виведення просторової системи рівнянь рівноваги анізотропних товстостінних циліндричних оболонок від силового та температурного впливів, представлено підхід зменшення їх розмірності з використанням аналітичного методу Бубнова-Гальоркіна, визначено параметри напружено-деформованого стану при розподіленому боковому, осьовому тиску та крученні; в [1-6, 9-12, 14-18, 23, 26, 27, 29-31, 36-38], на основі варіаційного принципу Ху-Васідзу, приведено підходи до отримання тривимірної системи рівнянь стійкості та до зменшення її розмірності при використанні аналітичного методу Бубнова-Гальоркіна, представлені результати визначення величин критичних навантажень зовнішнього розподіленого бокового тиску, осьового тиску та кручення пружних нетонких анізотропних шаруватих циліндричних оболонок; в [19, 20, 28, 33], при використанні варіаційного принципу Ху-Васідзу, представлено підходи до отримання та розв'язку з використанням аналітичного методу Бубнова-Гальоркіна та чисельного дискретної ортогоналізації системи рівнянь руху товстостінних анізотропних шаруватих циліндричних оболонок в просторовій постановці.

3. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечена: математичною коректністю постановки задач; співставленням отриманих результатів розв'язку задач з даними, що приведені в науковій літературі; застосуванням надійних і детально апробованих методів аналітичного та чисельного інтегрування при розв'язку однорідних і неоднорідних систем диференціальних рівнянь; збіжністю отриманих результатів при використанні чисельних методів та контролем їх точності.

4. Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні розрахункової моделі та проведенні дослідження напружено-деформованого стану (від силового, температурного й термосилового впливу) та параметрів вільних коливань товстостінних і стійкості нетонких анізотропних циліндричних композитних шаруватих оболонок, матеріал яких має одну площину пружної симетрії паралельну серединній поверхні. При цьому:

Уперше:

- модифіковано варіаційний принцип Ху-Васідзу стосовно виведення тривимірних диференціальних рівнянь в частинних похідних, що в рамках лінійної теорії пружності анізотропного тіла, описують деформування та динаміку товстостінних і стійкість нетонких анізотропних композитних циліндричних оболонок;

- приведення тривимірних систем диференціальних рівнянь до одновимірних здійснено при використанні процедури методу Бубнова-Гальоркіна, за яким всі функції напружень й переміщень розкладаються у подвійні тригонометричні ряди за коловим напрямком і вздовж твірної циліндричної оболонки;

- за використанням розроблених алгоритмів і створених програмних комплексів для персональних комп'ютерів (ПК), розв'язано нові задачі щодо встановлення параметрів напружено-деформованого стану товстостінних шаруватих анізотропних композитних циліндричних оболонок від зовнішньої силової дії;

- реалізовано використання розроблених алгоритмів і створених на їх основі комп'ютерних програмних комплексів для ПК щодо встановлення параметрів напружено-деформованого стану товстостінних анізотропних циліндричних оболонок виготовлених з композитного матеріалу, який захищений з боку високого температурного поля шаром функціонального градієнтного матеріалу;

- розроблений алгоритм і створений, при використанні числового методу дискретної ортогоналізації, комп'ютерний програмний комплекс для ПК, в якому в єдиному процесі поєднані встановлення параметрів докритичного напружено-деформованого стану та розв'язку нових задач стійкості нетонких шаруватих анізотропних циліндричних оболонок;

- за використанням розроблених алгоритмів і створених на їх основі комп'ютерних програмних комплексів для ПК, отримані нові дані щодо впливу анізотропії, лінійного деформування на втрату стійкості нетонких анізотропних циліндричних оболонок з волокнистих та функціонально градієнтних матеріалів;

- за допомогою числових досліджень отримано нові дані про вплив кута повороту головних напрямків пружності матеріалу відносно координатних осей конструкції, при різних граничних умовах, геометрії та структурній будові оболонки, на її стійкість при дії осьового тиску, зовнішнього бокового тиску, дотичного зусилля, рівномірно розподіленого на торцях оболонки (кручення);

- встановлено, що при стиску шаруватих оболонок з косоперехресним армуванням розрахункові критичні навантаження для нетонких анізотропних циліндричних оболонок можуть бути суттєво завищеними, якщо користуватись традиційною для оболонок із композитів моделлю ортотропного тіла;

- розроблені нові методики чисельного розрахунку стосовно деформування, стійкості дозволяють проводити структурну оптимізацію параметрів анізотропних циліндричних оболонок і в той же час отримувати дані, що не викликають ніяких сумнівів стосовно їх достовірності.

Удосконалено:

- при використанні складених алгоритмів програмні комплекси для персональних комп'ютерів щодо розв'язання задач з встановлення параметрів вільних коливань товстостінних шаруватих анізотропних циліндричних оболонок з волокнистих та функціонально градієнтних матеріалів.

Набули подальшого розвитку:

підходи щодо дослідження в просторовій постановці впливу анізотропії, структурної будови за товщиною, умов закріплення на параметри вільних коливань товстостінних анізотропних циліндричних оболонок з функціонально градієнтних матеріалів.

5. Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що отримані результати роботи суттєво розширюють можливості використання підходів будівельної механіки при впровадженні розробленого розрахункового підходу для розв'язку просторових задач теорії анізотропних оболонкових конструкцій. Практичне значення представленої роботи в розробці підходів і відповідних алгоритмів на основі тривимірних співвідношень лінійної теорії пружності, що представлені в обчислювальних програмних комплексах для ПК і використовуються для чисельних розрахунків задач деформування, динаміки та стійкості шаруватих циліндричних оболонок із матеріалів з однією площиною пружної симетрії від дії статичного навантаження та температурного впливу. При цьому оцінено вплив на напружено-деформований стан, стійкість та частоти вільних коливань анізотропії композитного матеріалу, різних умов закріплення торців, шаруватості та геометрії циліндричних оболонок. Підходи та алгоритми, що реалізовані в програмних обчислювальних комплексах для ПК, впроваджені в ДП «Антонов» м. Київ, в Київському національному університеті будівництва і архітектури, в Національному університеті водного господарства та природокористування (м. Рівне) при виконанні держбюджетних тем згідно замовлень МОН України. Дані з досліджень цієї роботи були використані при підготовці монографії, навчального посібника та підручника «Опір матеріалів». Спеціальний курс» для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія», а також під час проведення науково-практичних конференцій викладацького складу, аспірантів і студентів. Також результати цієї роботи були використані при виконанні магістерських робіт студентами, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Мости і транспортні тунелі». Здобуті в дисертаційній роботі результати можливо використати під час проектування анізотропних циліндричних оболонкових конструкцій в науково-дослідних, виробничих закладах і установах.

6. Основні наукові результати дисертаційної роботи відображені у таких публікаціях:

(статті, що включені до наукових періодичних видань інших держав, та у

а) наукових фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз (фахові видання категорії А):

1. Трач В.М., Подворний А.В., Жукова Н.Б. Стійкість нетонких анізотропних циліндричних оболонок в просторовій постановці під розподіленим боковим тиском. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки. 2023. Вип. 2. С. 152-155.
2. Семенюк М.П., Трач В.М., Подворний А.В. До розрахунку на стійкість пружних анізотропних оболонок обертання в тривимірній постановці при осьовому стисканні. Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. 2017. Vol. 14, Issue 132. P. 89-92.
3. **Podvorny A.V.** The stability of anisotropic cylindrical shells under torsion in spatial

- position. Acta Sci. Pol. Architectura. 2020. Vol. 19, № 1. P.103-109.
4. **Podvornyi A.V.**, Semenyuk N.P., Trach V.M. Stability of Inhomogeneous Cylindrical Shell under Distributed External Pressure in the Spatial Statement. International Applied Mechanics. 2017. Vol. 53, № 6. P. 623-638.
 5. Semenyuk N.P., Trach V.M., **Podvornyi A.V.** Spatial Stability of Layered Anisotropic Cylindrical Shells Under Compressive Loads. International Applied Mechanics. 2019. Vol. 55, № 2. P. 211-221.
 6. Semenyuk N.P., Trach V.M., **Podvornyi A.V.** Stability of cylindrical shells made of fibrous composites with one symmetry plane. International Applied Mechanics. 2005. Vol. 41, №6. P. 682-688.
 7. Semenyuk M.P., Trach V.M., **Podvornyi A.V.** Stress–strain state of a thick-walled anisotropic cylindrical shell. International Applied Mechanics. 2023. Vol. 59, № 1. P. 79-89.
 8. Semenyuk M.P., Trach V.M., **Podvornyi A.V.** Stress-strain state of thick-walled anisotropic cylindrical shells under thermal power load, protected by the functionally graded material. Збірник наукових праць Опір матеріалів і теорія споруд/Strength of Materials and Theory of Structures. КНУБА. 2020. №105. С. 165-178.
 9. Trach V.M., **Podvornyi A.V.** Stability of cylindrical anisotropic composite shells under torsion in a three-dimensional formulation. Збірник наукових праць Опір матеріалів і теорія споруд/Strength of Materials and Theory of Structures. КНУБА. 2023. №111. P. 74-86. (**Web of Science**)
 10. Trach V., Semenuk M., **Podvornyi A.** Stability of anisotropic cylindrical shells in three-dimensional state under axial compression. Acta Sci. Pol. Architectura. 2016. Vol. 15, № 4. P.169-183.
- б) статті в наукових фахових виданнях України (фахові видання категорії Б):**
11. **Подворний А.В.** До питання стійкості шаруватих оболонок несиметричної структури. Збірник наукових праць Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Рівне. 2008. Вип. 4 (44). С. 128-133.
 12. **Подворний А.В.** До стійкості шаруватих оболонок обертання із матеріалу з однією площиною пружної симетрії. Збірник наукових праць Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Рівне. 2010. Вип. 2 (50). С. 149-154.
 13. **Подворний А.В.**, Трач В.М. Вплив шаруватості на напружено-деформований стан анізотропних циліндричних оболонок під осьовим тиском в просторовій постановці. Міжвузівський збірник Наукові нотатки. Луцьк. 2023. Вип. 75. С. 240-245.
 14. **Подворний А.В.**, Хоружий М.М. Стійкість шаруватих оболонок обертання із матеріалів з однією площиною пружної симетрії за використанням варіанту уточненої теорії. Збірник наукових праць Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Рівне. 2012. Вип. 3 (55). С. 159-164.
 15. Семенюк М.П., Трач В.М., **Подворний А.В.** Стійкість циліндричних анізотропних оболонок під дією зсувного напруження в тривимірній постановці. Вісник Київського національного університету імені Тараса

- Шевченка. Серія фізико-математичні науки. Київ. 2017. Вип. 3 (39). С. 209-213.
16. Семенюк Н.П., Трач В.М., **Подворний А.В.** Устойчивость слоистых оболочек из материалов с одной плоскостью симметрии в пространственной постановке. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне. 2014. Вип. 28. С. 405-421.
 17. Трач В.М., **Подворний А.В.** Використання 3D методики до розрахунку на стійкість товстих анізотропних оболонок під дією кручення. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне. 2018. Вип. 36. С. 295-301.
 18. Трач В.М., **Подворний А.В.** Просторові рівняння стійкості анізотропних товстих циліндричних оболонок під дією осьового тиску. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2022. Вип. 41. С. 197-212.
 19. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Бондарський О.Г. Варіаційний принцип стосовно встановлення параметрів вільних коливань товстостінної пружної анізотропної циліндричної оболонки. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2021. Вип. 40. С. 197-212.
 20. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Бондарський О.Г. Вільні коливання анізотропних оболонок обертання нульової гаусової кривини із матеріалу з однією площиною пружної симетрії. Міжвузівський збірник Наукові нотатки. Луцьк: ЛДТУ. 2007. Вип. 20, №2. С. 222-226.
 21. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Мерзлюк В.В. Напружено-деформований стан товстих анізотропних композитних циліндричних оболонок, захищених функціонально-градієнтним матеріалом, під термосиловою дією. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Випуск 39. – НУВГП.- Рівне – 2021.- С.197-212.
 22. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Хоружий М.М. Потенціальна енергія деформації пружних анізотропних нетонких оболонок. Міжвузівський збірник Наукові нотатки. Луцьк: ЛДТУ. 2011. Вип. 33. С. 272-276.
 23. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Хоружий М.М. Про один варіант рівнянь стійкості анізотропних оболонок обертання із волокнистих композитів. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне. 2010. Вип. 20. С.112-119.
 24. Трач В.М., Семенюк М.П., **Подворний А.В.** Використання 3D методики до розрахунку напруженого стану шаруватих анізотропних циліндричних оболонок під дією бокового тиску. Збірник наукових праць Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне. 2019. Вип. 37. С. 296-306.
 25. Трач В.М., Семенюк М.П., **Подворний А.В.** До напруженого стану товстих анізотропних циліндричних оболонок під дією бокового тиску в просторовій постановці. Збірник наукових праць Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса. 2018. Вип. 72. С. 68-76.
 26. Semenyuk M.P., Trach V.M., **Podvornyi A.V.** Stability of cylindrical anisotropic shells under axial pressure in three-dimensional statement. Збірник наукових праць Опір матеріалів і теорія споруд. КНУБА. 2015. №94. С. 126-138.

- в) публікації по доповідях на міжнародних та вітчизняних конференціях:**
27. Трач В.М., **Подворний А.В.** Стійкість оболонок обертання виготовлених з матеріалу несиметричної структури. International Conference, Dynamical system modeling and stability investigation: thesis of conference reports. Kiev, 2005. С. 339. *очна участь*
 28. Трач В.М., **Подворний А.В.** Вільні коливання циліндричних оболонок із матеріалу з однією площиною пружної симетрії. Збірник наукових праць VII міжнародної науково-технічної конференції «ABIA-2007». Київ, 2007. С. 14.62-14.65. *очна участь*
 29. Трач В.М., **Подворний А.В.** Стійкість циліндричних анізотропних оболонок при крученні в тривимірній постановці. Математичні проблеми механіки неоднорідних структур. Львів: Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2014. С. 191-193. *очна участь*
 30. Trach V., Semeniuk M., **Podworny A.**, Zhukova N. On the Method of Calculation of Buckling and Postbuckling Behavior of Laminated Shells with Small Arbitrary Imperfections. 3rd int. Conference on Buckling and Postbuckling Behavior of Composite Laminated Shell Structures with DESICOS. Braunschweig, Germany. 2015. P. 23-28. *очна участь*
 31. Семенюк М.П., Трач В.М., **Подворний А.В.** Стійкість циліндричних анізотропних оболонок під дією зсувного напруження в тривимірній постановці. IV Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми механіки». Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2017. С. 93. *очна участь*
 32. Трач В.М., Семенюк М.П., **Подворний А.В.** До напруженого стану товстих анізотропних циліндричних оболонок під дією бокового тиску в просторовій постановці. V Міжнародна конференція «Актуальні проблеми інженерної механіки». Одеса. 2018. С. 184-186. *очна участь*
 33. Семенюк М.П., Трач В.М., **Подворний А.В.** Вільні коливання циліндричних анізотропних оболонок в просторовій постановці. Актуальні проблеми інженерної механіки: тези доп. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. 2021. Одеса: ОДАБА. С. 350-353. *дистанційна участь*
 34. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Мерзлюк В.В. 3D-модель напруженого стану товстостінної анізотропної циліндричної оболонки при крученні. Міжнародна конференція «Впровадження інноваційних матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури в рамках програми «Велике будівництво». Київ. НТУ. 2022. С. 171-176. *дистанційна участь*
 35. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Бондарський О.Г. Деформування нетонких анізотропних циліндричних оболонок, захищених функціонально-градієнтним матеріалом, за термосилової дії. Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми механіки та математики – 2023». Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. Львів. 2023. С. 97-98. *очна участь*
 36. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Жукова Н.Б. Стійкість нетонких анізотропних циліндричних оболонок в просторовій постановці під розподіленим боковим тиском. VII Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми механіки».

До 160-річчя з дня заснування кафедри механіки Київський національний університет імені Тараса Шевченка. 2023. С. 57. *дистанційна участь*

37. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Жукова Н.Б. Тривимірні стійкість нетонких анізотропних циліндричних оболонок під осьовим тиском. XXIII Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» в рамках ФОРУМУ ІНЖЕНЕРІВ МЕХАНІКІВ, присвяченого 125-річчю заснування КПІ ім. Ігоря Сікорського навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту. 2023. С. 33-36. *дистанційна участь*
- г) **опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**
38. Трач В.М., **Подворний А.В.**, Хоружий М.М. Деформування та стійкість нетонких анізотропних оболонок: монографія. К.: Каравела, 2019. 274 с.

7. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях:

- VII Міжнародній науково-технічній конференції «АВІА-2007», НАУ (Україна, Київ, 2007 р.);
- IX Міжнародній науковій конференції «Математичні проблеми механіки неоднорідних структур», Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України (Україна, Львів, 2014 р.);
- 3rd int. Conference on Buckling and Postbuckling Behavior of Composite Laminated Shell Structures with DESICOS¹ (Germany, Braunschweig, 2015);
- IV Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми механіки», КНУ ім. Т. Шевченка (Україна, Київ, 2017 р.);
- V Міжнародній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки», ОДАБА (Україна, Одеса, 2018 р.);
- VIII Міжнародній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки», ОДАБА (Україна, Одеса, 2021 р.);
- Міжнародній конференції «Впровадження інноваційних матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури в рамках програми «Велике будівництво», НТУ (Україна, Київ, 2022 р.);
- Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми механіки та математики – 2023», Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України (Україна, Львів, 2023 р.);
- Міжнародній науково-технічній конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», яка проходила в рамках форуму інженерів-механіків, присвяченого 125-річчю заснування КПІ ім. Ігоря Сікорського та навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту, (Україна, Київ, 2023 р.);
- VII міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми механіки», КНУ ім. Т. Шевченка, (Україна, Київ, 2023 р.);
- науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, 2006–2023 рр.).

8. Дисертаційна робота містить нові наукові результати, що здобуті в рамках просторових співвідношень лінійної теорії пружності, які пов'язані з створенням алгоритмів, розрахункових моделей, комп'ютерних програмних продуктів і проведення на цій основі досліджень:

- конструктивно анізотропних композитних товстостінних циліндричних оболонок, що знаходяться в полі дії силових факторів (розподіленого бокового, осьового тиску, дотичного зсувного зусилля, рівномірно розподіленого на торцю (кручення), а також температурних впливів стосовно встановлення параметрів, які описують їх напружено-деформований стан;
- знаходження параметрів, що характеризують коливання товстостінних шаруватих анізотропних композитних циліндричних оболонкових конструкцій при урахуванні різноманітних умов закріплення їх торців і структурній будові за товщиною;
- встановлення параметрів докритичного напружено-деформованого стану та стійкості нетонких конструктивно анізотропних композитних циліндричних оболонок, що знаходяться в полі дії: розподіленого бокового, осьового тиску, дотичного зсувного зусилля, рівномірно розподіленого на торцю.

9. Беручи до уваги актуальність теми, результати проведених досліджень, наукову новизну та практичну цінність роботи вважаємо, що робота є актуальною, виконаною здобувачем наукового ступеня доктора наук особисто і являє собою повністю завершену наукову працю, під час підготовки якої застосовувались сучасні методи досліджень, має наукову новизну, практичне значення, містить науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, розв'язання нової актуальної науково-технічної проблеми, що пов'язана з дослідженням параметрів напружено-деформованого стану, вільних коливань товстостінних, а також стійкості нетонких шаруватих конструктивно анізотропних циліндричних оболонок в рамках просторових співвідношень лінійної теорії пружності. У роботі відсутні порушення академічної доброчесності. Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам, передбаченим п. 7 та п. 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, які висуваються до докторських дисертацій, і рекомендується до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – Будівельна механіка.

Висновок підготували рецензенти:

Д.т.н., професор

Ю.В. Максим'юк

Д.т.н., професор

І.І. Солодей

Д.т.н., професор

С.О. Пискунов

Голова засідання,
Д.т.н., професор

П.П. Лізунов