

В. Кузьменко

Доцент, канд. техн. наук,
Донбаський державний
технічний університет,
м. Алчевськ

УДК 621.876.212

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ З'ЄДНАНЬ КОНВЕЄРНИХ СТРІЧОК

І догати пєр-аїтєо аєаї аїоа аїпєаааїт іаї доааїт-ааоїдї іааї еє пòаї с'òаїаїу еїїаа°дї еò пòд³-їє. І одеї аї³ адо³-ї³ сàеааїтпò³ іїдї аеїї еò³ аїòе-їєò іаї доааїт а аєаї аїоаò с'òаїаїу іòе іòеєаааїт³ дїсòуаòаеїїт аї іаааїòаааїт у. І дїааааї еє іїò³аїрàаеїїеє аїає³ç іаї доааїт-ааоїдї іааї іаї пòаїò с'òаїаїу д³çїїї аї³дїеò еїїпòòеò³е.

стрічкові конвеєри, гумовотканинні стрічки, вулканізовані з'єднання, напружено-деформований стан, метод скінченних елементів

Як відомо, найслабкішою ланкою в конструкції стрічкового конвеєра, що визначає ефективність його експлуатації, є тяговий і вантажонесучий орган — стрічка. Технічний стан стрічки істотно залежить від міцності і терміну служби з'єднань її кінців. Сьогодні найміцнішими та найдовговічнішими є з'єднання, що зроблені з використанням технології холодної чи гарячої вулканізації. Однак міцність з'єднань східчастої конструкції (напусткового й напівнапусткового типів), що найширше застосовуються у світовій практиці стиковкування, складає 70 — 75 % міцності цілої стрічки, а відносна довговічність — 35 — 60 %. Тому питання, що пов'язане з розробленням конструкцій з'єднань конвеєрних стрічок з більш високими показниками міцності й довговічності є актуальним.

Відомі праці [1 — 3], що присвячені дослідженню напружено-деформованого стану з'єднань конвеєрних стрічок, в яких розглядаються східчасті конструкції з'єднань напусткового й напівнапусткового типів. Авторами розв'язана плоска задача теорії пружності з розрізаною тканевою прокладкою в одному перерізі, що не дає змоги врахувати весь спектр діючих в елементах з'єднань напружень і впливу на напружений стан з'єднання в цілому розрізних тканинних прокладок по довжині стику.

Мета цієї праці — встановити характер розподілу напружень в елементах стиків при прикладанні розтягувальних навантажень та зробити порівняльну оцінку напруженого стану різноманітних конструкцій з'єднань при розв'язанні об'ємної задачі теорії пружності.

Розв'язати проблему створення високоміцних з'єднань конвеєрних стрічок з тканинним каркасом можна на підставі розроблення нових технічних рішень з їхнім науковим обґрунтуванням. Комплекс технічних рішень, на базі яких можливе створення високоміцних з'єднань, викладено в [4 — 6].

Їх основою є оброблення з'єднань кінців конвеєрних стрічок з тканевим каркасом у вигляді зубців, що чергуються по ширині стрічки зі зрізаними гранями під кутом до площини стрічки. Таким чином, поверхні, що в подальшому з'єднуються між собою через зв'язуючий шар, утворені зрізом ниток основи і ниток підткання тканинних прокладок, між якими знаходяться шари гумового прошарку. Для підвищення міцності з'єднань та захисту його основного зв'язуючого шару від зовнішніх впливів по площі стику укладають силові пружні накладки, які з'єднуються з гумовотканинним каркасом стрічки через зв'язуючий шар.

Теоретичні дослідження напружено-деформованого стану з'єднань проведені з використанням обчислювального комплексу „Ліра” методом скінченно-елементного моделювання. В якості бази була розглянута дев'ятишарова модель стрічки, що містить чотири шари — тканинні прокладки, три шари — гумові прошарки, які знаходяться між ними, два шари — обкладинкова гума.

Розв'язана об'ємна задача теорії пружності для одного виду навантаження — розтягу, в пружній постановці з використанням енергетичної теорії міцності для оцінки напруженого стану. Для розрахунку були прийняті такі механічні властивості шарів: для тканинної прокладки модуль пружності $E=1000$ МПа, коефіцієнт Пуасона $\mu=0,275$; для гумового прошарку модуль пружності $E=10$ МПа, коефіцієнт Пуасона $\mu=0,4$. Товщина зв'язуючого шару прийнята рівною 1 мм. Кут зрізу бокових граней $\alpha=45^\circ$.

Розтягувальне навантаження прикладене в торцевих перерізах стрічки до тканинних прокладок з рівномірним розподілом по їхній площі. Інтенсивність навантаження $q=1$ МПа. Для того, щоб можливо було провести порівняльну оцінку напружено-деформованого стану з'єднань для всіх випадків, які розглядаються, прийняті однаковими: тип і параметри стрічки, довжина з'єднань, вид навантаження та його параметри.

Розрахункові схеми з'єднань та їхні параметри подані на рис. 1 — рис. 4.

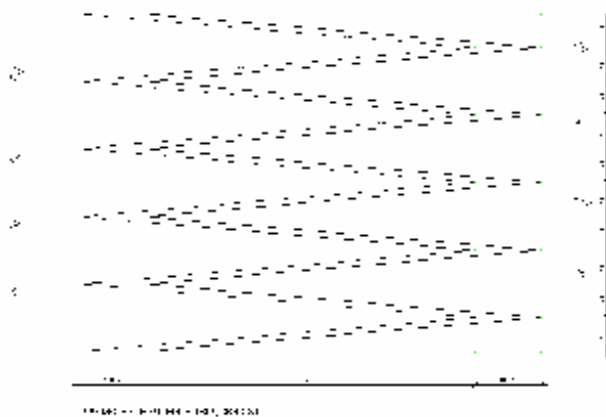


Рис. 1. Фрагмент стрічки поблизу зубчастого стику (вид зверху)

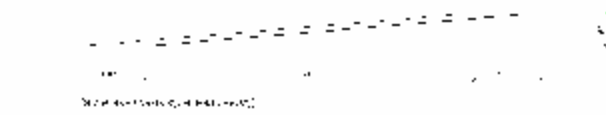


Рис. 2. Розрахункова схема зубчастого з'єднання (вид зверху)

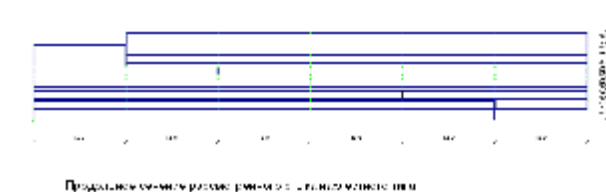


Рис. 3. Поздовжній переріз східчастого стику напусткового типу

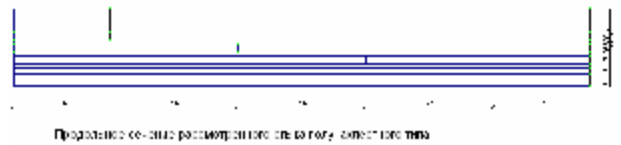


Рис. 4. Поздовжній переріз східчастого стику напівнапусткового типу

У результаті досліджень напружено-деформованого стану з'єднань зубчастої конструкції (без накладок, з однією та двома накладками) і східчастої конструкції (напусткового й напівнапусткового типів) отримані значення нормальних і дотичних напружень, що діють в різноманітних перерізах елементів стиків, а також розрахункові напруження, які обчислені відповідно до енергетичної теорії міцності.

На рис. 5 — рис. 8 подані графічні залежності зміни розрахункових напружень у зв'язуючому шарі за шарами стрічки в з'єднанні зубчастої конструкції без накладок (рис. 5), у з'єднанні з однією верхньою накладкою (рис. 6, рис. 7) та з верхньою і нижньою накладками (рис. 8). Аналіз отриманих результатів показує, що напруження в зв'язувальному прошарку розподіляються практично рівномірно по всій площі поверхонь, що з'єднуються між собою.

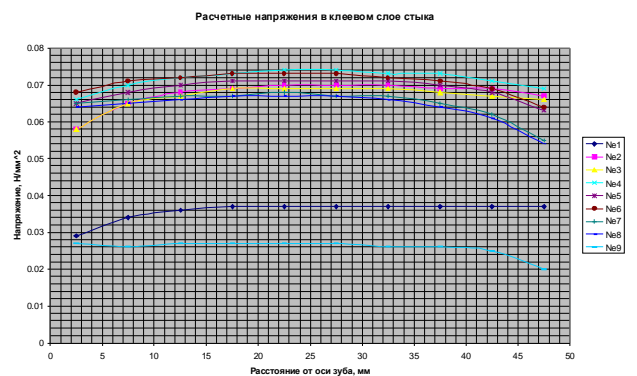


Рис. 5. Розрахункові напруження в зв'язувальному шарі зубчастого стику без накладок

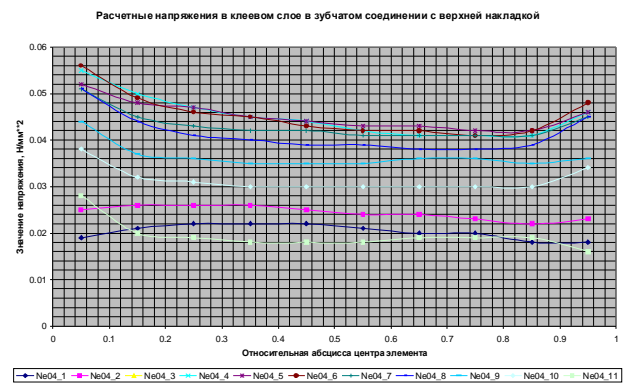


Рис. 6. Розрахункові напруження в зв'язувальному шарі зубчастого стику з верхньою накладкою

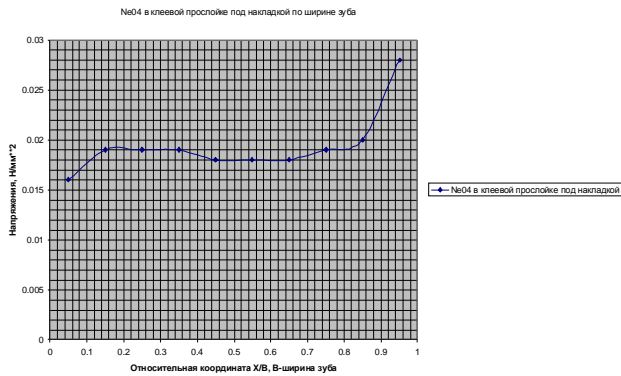


Рис. 7. Розрахункові напруження в зв'язувальному шарі під накладкою

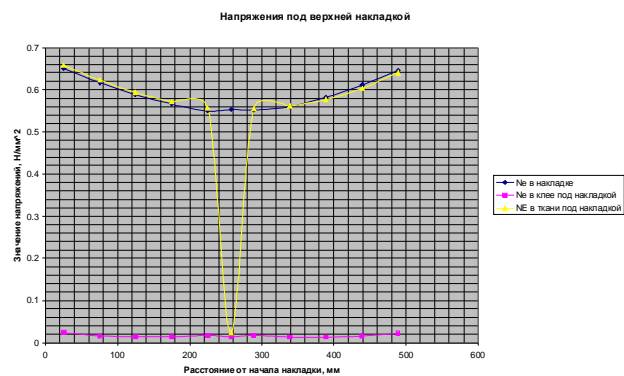


Рис. 9. Розрахункові напруження вздовж з'єднання у верхній накладці, зв'язувальному шарі і тканинній прокладці

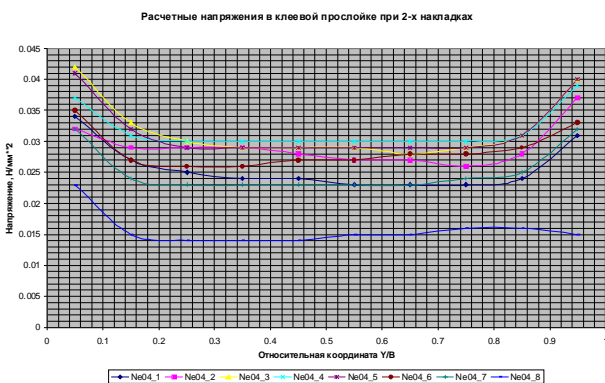


Рис. 8 Розрахункові напруження в зв'язувальному шарі зубчастого стику з накладкою з обох сторін

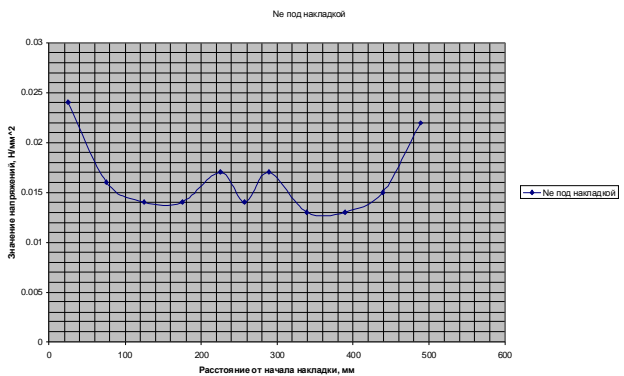


Рис. 10. Розрахункові напруження вздовж з'єднання в зв'язувальному шарі під накладкою

Порівнюючи величини розрахункових напружень у зв'язувальному шарі в центрі зуба (наприклад у 4-му шарі — Ne4) можна зазначити, що напруження в з'єднанні без накладок дорівнюють 0,074 МПа, в з'єднанні з однією накладкою ця величина складає 0,044 МПа, а у випадку з верхньою та нижньою накладками — 0,03 МПа. Зменшення величини розрахункових напружень відповідно в 1,68 і 2,46 рази свідчить про те, що частину навантаження сприймають силові пружні накладки і зв'язувальний шар, що знаходиться під ними. При цьому розрахункові напруження в зв'язувальному шарі під накладкою по всій її довжині розподіляються також практично рівномірно з невеликим підвищенням по кромках накладок (рис. 7). Для з'єднань з верхніми і нижніми накладками графіки зміни розрахункових напружень вздовж з'єднання у верхній накладці, зв'язувальному шарі під нею і верхній тканинній прокладці подані на рис. 9.

Аналіз графічних залежностей показує, що напруження в накладці і тканинній прокладці змінюються по довжині стику практично за однаковою залежністю. При цьому на краях ця величина дорівнюється 0,65 МПа, а до середини зменшується до величини 0,56 МПа в накладці і до нуля в тканинній прокладці, що має порушення цілісності. Графічна залежність зміни розрахункових

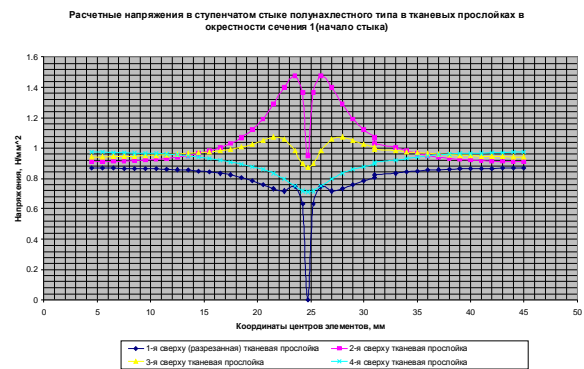


Рис. 11. Розрахункові напруження в сідчастому з'єднанні напівнапусткового типу в тканинних прокладках біля перерізу 1 (початок стику)

напружень уздовж стику в зв'язувальному шарі під накладкою (рис. 10) показує, що на основній довжині величина напружень знаходиться в межах 0,014 — 0,017 МПа, а по краях накладок напруження неістотно підвищуються в межах 0,022 — 0,24 МПа.

Результати досліджень напружено-деформованого стану з'єднань сідчастої конструкції напівнапусткового типу подані на рис. 11— рис. 17. На рис. 11 подані графічні залежності зміни розрахункових напружень у

тканинних прокладках поблизу перерізу 1 східчастого з'єднання напівнапусткового типу. Їх аналіз показує, що поблизу перерізу 1 найбільша концентрація напружень спостерігається у тканинній прокладці, яка знаходиться під розрізаною і напруження в ній сягають 1,5 МПа.

Розрахункові напруження в гумових прошарках східчастого стику поблизу перерізу 1 подані на рис. 12. Їх аналіз показує, що максимальне значення напружень спостерігається в зв'язувальному шарі під розрізаною тканинною прокладкою і дорівнює 0,4 МПа.

Порівнюючи отримані дані з обчисленими за формулами раніше проведених досліджень [4], встановлено, що напруження в зв'язувальному шарі під розрізаною тканинною прокладкою складають усього 0,11 МПа.

Графічні залежності зміни напружень у гумових прошарках під розрізаною тканинною прокладкою, що подані на рис. 13, показують, що істотно на напружений стан з'єднань впливають нормальні напруження в гумовому прошарку, величина яких дорівнює 1,6 МПа, і так звані „віддираючі” нормальні напруження, величина яких дорівнює 1,2 МПа. При цьому величина дотичних напружень поблизу цього перерізу складає усього 0,12 МПа.

Крім цього, порівнюючи ізополі дотичних і нормальних напружень біля перерізу 1 (рис. 14 і рис. 15) з аналогічними напруженнями поблизу перерізу 2 (рис. 16

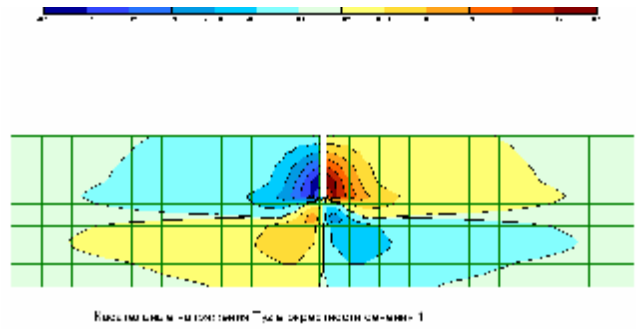


Рис. 14. Дотичні напруження T_{uz} біля перерізу 1

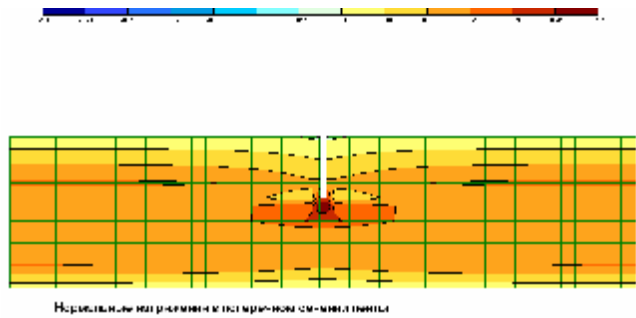


Рис. 15. Нормальні напруження в поперечному перерізі стрічки

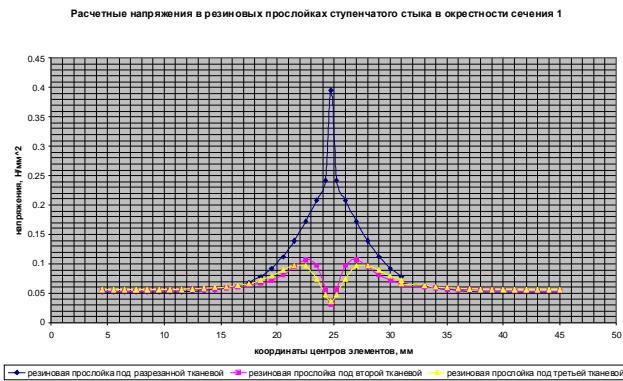


Рис. 12. Розрахункові напруження в гумових прошарках східчастого з'єднання напівнапусткового типу



Рис. 13. Напруження в зв'язувальному шарі під розрізаними тканинними прокладками

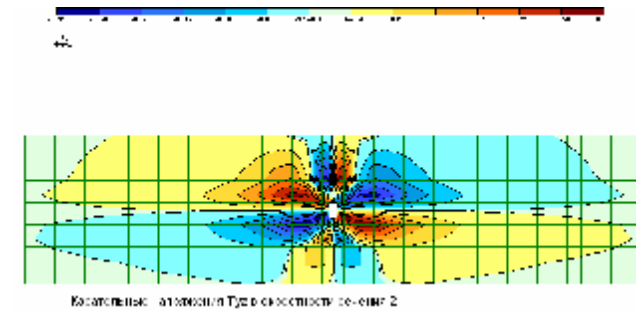


Рис. 16. Дотичні напруження T_{uz} біля перерізу 2

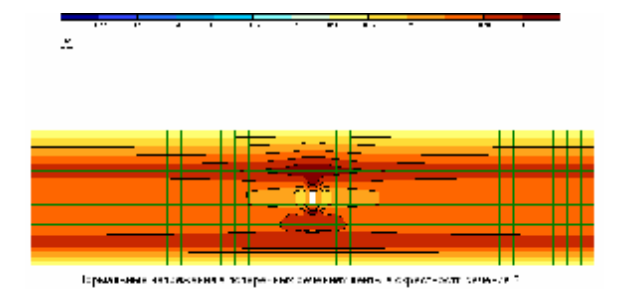


Рис. 17. Нормальні напруження в поперечних перерізах стрічки біля перерізу 2

і рис. 17), встановлено, що найбільша концентрація напружень спостерігається біля перерізу 2, хоча до цього вважали, що напруженішим є переріз 1.

Аналогічні результати досліджень отримані і для з'єднань напусткового типу.

Висновки. 1. Застосування методу скінчних елементів і обчислювального комплексу „Ліра” дало змогу наочно встановити розподіл напружень, які виникають в елементах різноманітних конструкцій з'єднань конвеєрних стрічок при прикладанні розтягувального навантаження.

2. Визначені параметри напружено-деформованого стану з'єднань зубчастої і східчастої конструкцій.

3. Встановлено, що в з'єднаннях зубчастої конструкції напруження в елементах стиків розподілені по всій площі зв'язувальних шарів і силових пружних накладок практично рівномірно. З'ясовано, що застосування силових пружних накладок у зубчастих конструкціях стиків дає змогу розвантажити основний зв'язувальний шар по зрізаних гранях зубців.

4. Встановлено, що у зв'язувальному шарі з'єднань східчастих конструкцій поблизу розрізаних тканинних прокладок спостерігаються істотні за величиною нормальні напруження „відриву”.

5. Визначено, що концентрація напружень поблизу другої сходинки стику більша, ніж концентрація напружень поблизу початку з'єднання.

Література

1. *Завгородний Е.Х., Ярцев Ю.П., Кузьменко В.И.* Напряженное состояние соединений нахлестного типа многослойных конвейерных лент // Изв. вузов. Горный журнал. — 1985. — №1. — С. 48—51.

2. *Реутов А.А.* Расчет напряжений сдвига в вулканизированных соединениях резинотканевых конвейерных лент // Изв. вузов. Машиностроение. — 1996. — №7—9. — С. 92—96.

3. *Танцура А.И.* Определение напряженного состояния стыковых соединений лент конвейера с учетом условий их нагружения // Підійомно-транспортна техніка. — 2003. — №4. — С. 70—80.

4. *Кузьменко В.И.* К вопросу повышения эффективности эксплуатации ленточных конвейеров / В.И. Кузьменко // Подъемно-транспортная техника. — Днепропетровск, 2004. — Вып. 3. — С. 13—22.

5. *Способ соединения конвейерных лент:* пат. 41552А Украины / Кузьменко В.И., Доброногова В.Ю. — Оpubл. 2001, Бюл. № 8.

6. *Способ соединения конвейерных лент:* пат. 514229 А Украина / Кузьменко В.И., Доброногова В.Ю. — Оpubл. 2002, Бюл. №11.

Отримана 14.09.07

V. Kuzmenko

Comparative estimation of deflected mode of junction in conveyor belts

Donbass State Technical University, Alchevsk

Belt conveyors, rubber-fabric belts, vulcanizing junctions, deflected mode, method of finite elements (FEA). Using the FEA it was investigated the deflected mode of junctions of conveyor belts. The graphic dependences of direct and tangential stress in junction elements at their loading by tensile loads were obtained. The comparative analysis of deflected mode was presented for junctions of various structures.

21 01 01 2008

ХІІ Міжнародна науково-технічна конференція **ГЕРМЕТИЧНІСТЬ, ВІБРОНАДІЙНІСТЬ І ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАСОСНОГО І КОМПРЕСОРНОГО УСТАТКУВАННЯ**

9 — 12 вересня 2008 р. м. Перемешель, Польща

Тематика:

Проблеми зменшення життєвого циклу насосного і компресорного устаткування.
Питання динаміки систем “ротор — опори — ущільнення” відцентрових машин.
Зменшення шуму і вібрації насосів і компресорів, вібродіагностика і прогнозування залишкового ресурсу.
Підвищення надійності й ефективності ущільнювальних пристроїв насосів і компресорів.
Питання трибології і метрології опор та ущільнень.
Екологічно безпечна експлуатація насосного і компресорного устаткування, проблеми енерго- і ресурсоощадності.

Адреса Оргкомітету:

Оргкомітет Конференції “ГЕРВІКОН-2008”
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2,
м. Суми, 40007, Україна.

Тел./факс: +38(0542) 33-35-94
E-mail: marts@omdm.sumdu.edu.ua

Politechnika Świętokrzyska
Al. 1000-lecia PP 7
25-314, Kielce, Poland.
E-mail: kundera@tu.kielce.pl