

Conclusions

In the task automation sessile drop method evaluated the relative error in the determination of the surface tension caused by the ellipsoidal drop in the plan. Compiled a table showing the limits of the necessary measurement accuracy drops (h and l) to achieve the overall relative error. This allowed the full automation of calculations to obtain the value of the surface tension of the melt with a high degree of accuracy, the relative error $\pm 0,5\%$ (previously 2-3%).

Bibliography:

1. Real time pendant drop tensiometer using image processing with interfacial area and interfacial tension control capabilities / G. Faour, M. Grimaldi, J. Richou, A. Bois // J. Colloid and Interface Sci. – 1996. – V. 181. – №1. – P. 385-392.
2. Rotenberg Y. Determination of surface tension and contact angle from the shapes of axisymmetric fluid interfaces / Y. Rotenberg, L. Boruvka, A.W. Neumann // Journal of Colloid and Interface Science. – 1993. – № 1. – P. 169-183.
3. Levitskaya T.A. Application of information technology to automate the calculation of the thermodynamic characteristics of the surface layer / T.A. Levitskaya // Reporter of the Priazovskyi state technical university : Collection of scientific works / SHEE «PSTU». – Mariupol, 2014. – Issue 29. – P. 199-205. (Rus.)
4. Emelyanenko A.M. The role of discretization at the video image processing in sessile and pendant drop methods / A.M. Emelyanenko, L.B. Boinovich // Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2001. – V. 189. – P. 197-202.
5. Physical and chemical research methods metallurgical processes / S.I. Phillippe, P.P. Arsentev, V.V. Yakovlev, M.G. Krasheninnikov. – M. : Metallurgiya, 1986. – 550 p. (Rus.)
6. The algorithm for calculating the density and surface tension melts by a large drop in the formation of a digital image / D.J. Anikin, M.R. Filonov, S.V. Ivanov, Y.B. Levin. // Proceedings of the universities. Iron and steel. – 2003. – №7. – P. 10-13. (Rus.)

Reviewer: V.P. Grankin
dr. tech. of sciences, prof., «Priazovskyi State Technical University»

Received 20.04.2015

УДК 536.2

© Троханяк В.І.¹, Богдан Ю.О.²

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ПОБУДОВІ СІТКИ В ANSYS MESHING ДЛЯ CFD МОДЕЛЕЙ

Розроблено методика та здійснено аналіз побудови 2D сітки, використовуючи метод кінцевих елементів в ANSYS Meshing для теплообмінників з коридорним розташуванням труб в пучках та з криволінійним їх розташуванням в компактних пучках труб нової конструкції. Розглянуто особливості та розроблений алгоритм побудови сітки для задач гідро-газодинаміки і тепло-масопереносу. Вибрано найбільш оптимальні та якісні сітки для CFD моделей.

Ключові слова: метод кінцевих елементів, прикордонний шар, загальна товщина, плавний перехід, гібридна сітка, чотирикутна сітка.

Троханяк В.І., Богдан Ю.А. Применение метода конечных элементов при построении сетки в ANSYS Meshing для CFD моделей. Разработана методика и

¹ аспірант, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, y1kt0r_t@ukr.net

² ст. викладач, Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, м. Київ, bogdan_yura@mail.ru

осуществлен анализ построения 2D сетки, используя метод конечных элементов в ANSYS Meshing для теплообменников с коридорным расположением труб в пучках и с криволинейным их расположением в компактных пучках труб новой конструкции. Рассмотрены особенности и разработан алгоритм построения сетки для задач гидро- газодинамики и тепло- массопереноса. Выбрано наиболее оптимальные и качественные сетки для CFD моделей.

Ключевые слова: метод конечных элементов, пограничный слой, общая толщина, плавный переход, гибридная сетка, четырехугольная сетка.

V.I. Trokhanyak, Yu.O. Bogdan. The finite element method in making up meshes in ANSYS Meshing for CFD models. Method of finite elements (FEM) is used in calculating tasks of hydrodynamics and heat transfer tasks. The essence of the method consists in the approximate solution of a variational task. To formulate this task a functional concept is used. The type of a functional is different for different tasks and is selected through a special choice. Currently FEM is widely used in calculating the strength and in solving tasks of heat transfer in solids. However, it can be applied in calculating the flow of liquids and gases. There are also methods that combine elements of the finite volumes and finite elements methods. The combination of these methods make it possible to use a wide range of computational meshes (tetragonal meshes, pyramidal meshes, prismatic meshes, polyhedral meshes) what is necessary for solving tasks with complex geometry. This approach is used by CFD packages Ansys CFX, Ansys Fluent, Star-CD, Star-CCM +, Comsol and others. The method and the analysis of 2D mesh were carried out, using a method of final elements in ANSYS Meshing for heat exchangers with an inline arrangement of tubes in banks and with their curvilinear arrangement in compact banks of tubes of a new design. Particular features were considered and the algorithm of making up a mesh was developed for tasks of hydraulic and gas dynamics and thermal mass transfer. The most optimum and qualitative meshes for CFD models were chosen.

Keywords: finite elements method, boundary layer, total thickness, smooth transition, hybrid mesh, quadrilateral mesh.

Постановка проблеми. В літературі розглянуто багато робіт із застосуванням методу кінцевих елементів та методу кінцевих об'ємів. Однак надзвичайно мало робіт, де вивчались би побудови сітки в програмному комплексі ANSYS Meshing для CFD моделей, спираючись на їх якість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При чисельному розрахунку задач гідродинаміки і теплопереносу використовується метод кінцевих елементів (МКЕ). В англomовній літературі його називають Finite Elements Method (FEM). Суть методу полягає в наближеному вирішенні варіаційної задачі. Для формулювання цього завдання використовуємо поняття функціоналу. Оператор $I[f(x)]$ називається функціоналом, який заданий на деякій множині функцій, якщо для кожної функції $f(x)$ ставиться у відповідність певне числове значення $I[f(x)]$ [1]. Іншими словами, функціонал є як би «функцією від функції». Часто функціонали мають вигляд інтегралів. Варіаційна задача полягає у знаходженні такої функції $f(x)$, яка б відповідала мінімальному значенню функціоналу $I[f(x)]$. Вигляд цього функціоналу є різним для різних завдань та підбирається спеціальним вибором.

В даний час МКЕ знайшов широке застосування при вирішенні задач теплопровідності в твердих тілах і при розрахунках на міцність. Однак він може бути застосований і при розрахунку течій рідин і газів [2]. Відомі також методи, які поєднують у собі елементи методу кінцевих об'ємів і методу кінцевих елементів [3, 4]. Поєднання цих методів дозволяє використовувати більш широкий ряд розрахункових сіток (тетрагональні сітки, пірамідальні, призматичні, полідральні), що необхідно при вирішенні завдань зі складною геометрією. Цей підхід використовують CFD пакети Ansys CFX, Ansys Fluent, Star-CD, Star-CCM +, Comsol та ін.

Пакет ANSYS має безліч застосувань практично для всіх галузей сучасної науки і техніки, в тому числі в сільськогосподарській галузі. При цьому слід враховувати, що різні фізичні завдання вимагають різних підходів при моделюванні і створенні розрахункової сітки. Розглянемо деякі особливості побудови сітки для задач гідро- газодинаміки, тепло- масопереносу –

створення її в ANSYS Meshing, зокрема 2D. ANSYS Meshing відмінно підходить для створення сітки для CFD додатків ANSYS - CFX або FLUENT, проте слід враховувати, що загальну логіку побудови сітки можна переносити і для інших програм, в тому числі для програм, які не використовуються в ANSYS.

Створення сіткової моделі є невід'ємною частиною процесу комп'ютерного інженерного моделювання. Якість сітки впливає на точність, збіжність і швидкість отримання рішення. Крім того, час, необхідний для створення сітки, часто займає значну частину загального часу виконання комп'ютерного інженерного розрахунку. Чим гущіша сітка, тим точніший результат, особливо на ділянках найбільш важливих для досліджень. Велика кількість елементів сітки вимагає великих комп'ютерних ресурсів (оперативної пам'яті/процесорного часу). При цьому необхідно дотримуватися балансу точності моделювання з часом розрахунку. Тому якісні і більш автоматизовані інструменти побудови сітки дають кращий результат. Побудова сітки проводилася в сіткогенераторі ANSYS Meshing на базі платформи Workbench.

Існує багато методів для оцінки якості сітки. Основними критеріями якості елементів (осередків) для Fluent є Orthogonal Quality і Skewness, які наведені в табл. 1. Рекомендується використовувати сіткові моделі, для яких мінімальне значення Orthogonal Quality > 0.1 або максимальне значення Skewness «перекіс» < 0.95 [5]. «Перекіс» – це міра зміни елемента в порівнянні з початковою його формою, яка лежить в діапазоні від 0 (Відмінна) до 1 (Неприпустима).

Таблиця 1

Діапазон показника якості сітки Orthogonal Quality та Skewness

Якість сітки	Відмінна	Дуже гарна	Гарна	Задовольняє	Погана	Не задовольняє
Orthogonal Quality	0,95–1,00	0,70–0,95	0,20–0,70	0,10–0,20	0,001–0,10	0,00–0,001
Skewness	0,00–0,25	0,25–0,50	0,50–0,80	0,80–0,95	0,95–0,98	0,98–1,00

Виходити за ці межі можна у випадках відносно простих течій, а також в зонах з незначними градієнтами змінних. При імпорті розрахункової сітки в ANSYS Fluent, може повідомити про від'ємні об'єми осередків. Це вказує на погану якість розрахункової сітки. В областях складної геометрії великі елементи можуть спотворювати свою форму. Елементи низької якості можуть привести до неточних результатів, або в деяких випадках рішення може не зійтися!

Мета статті – створення методики побудови 2D сітки МКЕ таким чином, щоб проаналізувати область обтікання трубок у відповідних точках та поверхнях (температура, теплові та гідродинамічні потоки, тиск), щоб визначитись з похибкою не більше 5% при бажаній точності ~ 1%.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо кожухотрубний теплообмінник із кожухом прямокутного перерізу при поперечному обтіканні пучків труб. Геометрія розташування труб з діаметром $d = 10$ мм показана на рис. 1, що відрізняється від традиційних шахових і коридорних пучків їх компактним розміщенням.

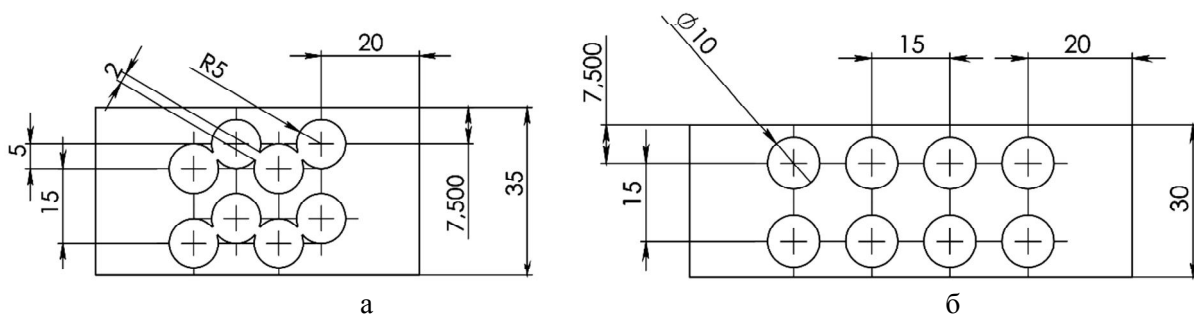


Рис. 1 – Розташування труб в пучку (вигляд зверху): а – зі зміщенням труб на 5 мм; б – традиційне коридорне розташування

Сусідні труби в таких тісних пучках можуть бути зміщені одна відносно другої на деяку відстань, причому розглянуто два типи конструкції пучка, в яких є зміщення труб у поперечному напрямку на 5 мм, що дотикаються, та традиційне коридорне розташування $a \times b(1,5 \times 1,5)$. Робоча область ANSYS Meshing Application використовує підхід ділення. Різний "Метод розбивки" може бути застосований до кожної частини геометрії. Сітки в окремих тілах можуть бути несумісними. Спільні сітки створюються в одному тілі. Всі сітки зберігаються в центральній базі даних. Доступно багато методів для 3D і 2D геометрії [5]. В ANSYS Meshing Application існують наступні методи розбивки для 3D геометрії:

- Автоматичний (Automatic);
- Методи побудови тетраедральної сітки (Tetrahedrons):
 - на основі поверхневої сітки (Patch Conforming);
 - незалежно від поверхонь (Patch Independent);
 - CFX-Mesh;
- Методи побудови гексаедральної сітки:
 - протяжкою (Sweep);
 - протяжкою для оболонкових тіл (Thin sweep);
 - багатозональний (Multi Zone);
 - багатозональний (на основі блочної сітки ICEM CFD);
 - з переважанням гексаєдрів (Hex Dominant).

Нині у програмних пакетах використовуються декілька основних видів сітки для 3D: тетраедральна, декартова і гексаедральна. Тетраедральна сітка дозволяє створювати осередки, близькі за формою до границь розрахункової області і до зон з великими градієнтами швидкостей і температур, що дозволяє добре моделювати приграничні шари. У той же час, створення тетраедральної сітки є дуже трудомістким. За допомогою декартової сітки можна створювати тільки прямокутні осередки, що може призвести до погіршення розв'язків рівнянь приграничного шару, проте декартова сітка є більш простою при її створенні. Існує ряд способів, що дозволяють вирішувати рівняння переносу в області приграничних шарів за наявності високих градієнтів параметрів потоку.

Гексаедральна сітка, для вирішення завдання з тією ж точністю, міститиме більш ніж в 2 рази менше вузлів в порівнянні з тетраедральною сіткою. Необхідно менше кількість елементів для вирішення завдання CFD.

Анізотропні елементи можуть бути суміщені з анізотропною геометрією (прикордонні шари, області з великою кривизною і довгими кінцевими елементами). Для довільних конфігурацій гексаедральна сітка вимагає багато підготовчих операцій, однак це призводить до більш якісного результату. Для багатьох більш простих конфігурацій за допомогою протяжки сітки, її можна створювати простіше і швидше за допомогою розгортки (Sweep) і мультизональної (Multi Zone) побудови.

В ANSYS Meshing Platform для 2D геометрії є наступні методи побудови сітки, які можуть бути застосовані для поверхневих тіл або оболонок:

- автоматичний метод (Automatic Method) побудови сітки з елементами у вигляді чотирикутників (Quadrilateral Dominant) чи поєднання три- і чотирикутників (Quad / Tri), чи тільки трикутників (All Triangles);
- метод рівномірної побудови сітки з елементами у вигляді чотирикутників (Quadrilateral Dominant) чи поєднання три- і чотирикутників (Quad / Tri), чи тільки трикутників (All Triangles).

Для побудови 2D сіток міжтрубного простору теплообмінного апарата використовувались різні настройки. Використовувався контроль росту і розподілення сітки в значущих областях з великою кривизною (K) і безпосередньою близькістю (B) поверхні. Функція K визначає розміри країв та поверхонь, являється максимальним кутом між нормальними сусідніх граней. Чим більша величина кута, тим краще буде побудована поверхнева сітка. Функція B управляє сітковим розширенням на близько розташованих регіонах в моделі та вставляє визначене число елементів у звуженій області. В даних розрахунках було поєднано ефект розмірних функцій B і K, що, в свою чергу, потребує більшого розрахункового часу для їх комбінування.

Результати досліджень. При побудові сітки для теплообмінного апарату використовувалися

лось локальне управління сіткою. Створювались постійні шари в пограничному шарі (ПШ) при різній кількості шарів (див. табл. 2.) для отримання повної товщини, тобто товщини першого шару ($2 \cdot 10^{-4}$ м), а для кожного наступного шару товщина вибиралась постійною.

Для всіх геометрій та видів побудови сітки вибиралися однакові параметри, а саме:

- Мінімальний розмір елемента $5 \cdot 10^{-4}$ м;
- Максимальний розмір грані $1 \cdot 10^{-3}$ м;
- Кривизна кута 45° .

Таблиця 2

Параметри побудови сітки 2D методом кінцевих елементів для теплообмінного апарата з традиційним коридорним розташуванням труб в пучках

Показчик якості сітки (orthogonal quality)	0,68	0,64	0,58	0,63	0,7	0,75
Показчик якості сітки (Skewness)	0,49	0,53	0,70	0,65	0,63	0,4
Кількість елементів, шт	22354	17452	10771	10504	8098	16460
Кількість вузлів, шт	14676	10209	11232	10963	8569	8705
Пограничний шар, шт	12	4	4	3	-	-
Товщина першого шару, м	$2 \cdot 10^{-4}$	-	-	$2 \cdot 10^{-4}$	-	-
Метод побудови сітки	гібридна	гібридна	квадратна	квадратна	квадратна	гібридна
Метод побудови прикордонного шару	загальна товщина	плавний перехід	плавний перехід	загальна товщина	-	-

Традиційне коридорне розташування труб в пучку. На рис. 2 видно, що застосовується гібридна сітка: в області навколо поверхні трубок використовується чотирикутна сітка і трикутна сітка у всій іншій області. Чотирикутна сітка забезпечує більшу точність градієнтів в'язкості поблизу поверхні труб.

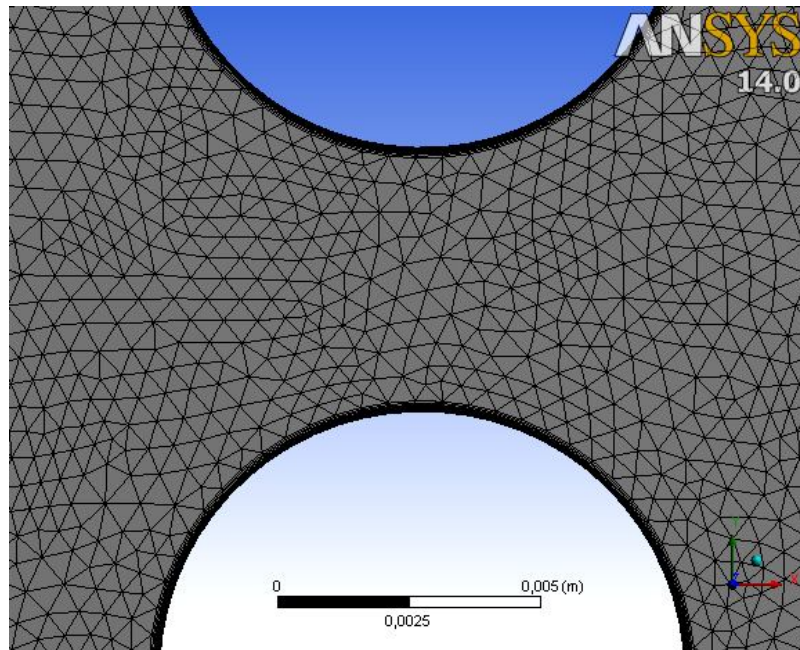


Рис. 2 – Гібридна сітка з методом прикордонного шару 3Т в кількості 12 шарів з початковою товщиною $2 \cdot 10^{-4}$ м

При побудові гібридної сітки було виявлено, що використовуючи побудову прикордон-

ного шару методом загальної товщини (ЗТ) (Total Thickness), товщиною першого шару $2 \cdot 10^{-4}$ м при кількості від 3 до 12 шарів, якість сітки по двом параметрам залишається незмінною і лежить в межах Orthogonal Quality 0,68, Skewness 0,49 (див. табл. 2). Моделюючи гідродинаміку обтікання трубок, вибір кількості шарів має велике значення для аналізу відривних зон. Тому рекомендується задавати максимальну кількість шарів в межах до 12 шарів (рис. 2). Така побудова вимагає велику кількість елементів порівняно з квадратною сіткою. З використанням метода плавного переходу (ПП) (Smooth Transition) найбільш якісною сіткою буде сітка, що містить 4 шари (Orthogonal Quality 0,64, Skewness 0,53). При збільшенні або зменшенні кількості шарів якість розрахунку суттєво падає.

Побудова квадратних елементів сітки займає значно більше розрахункового часу та не дає бажаного результату для даної геометрії. Найбільш якісною сіткою буде використання метода побудови прикордонного шару ЗТ (рис. 3), який становить Orthogonal Quality 0,63, Skewness 0,65.

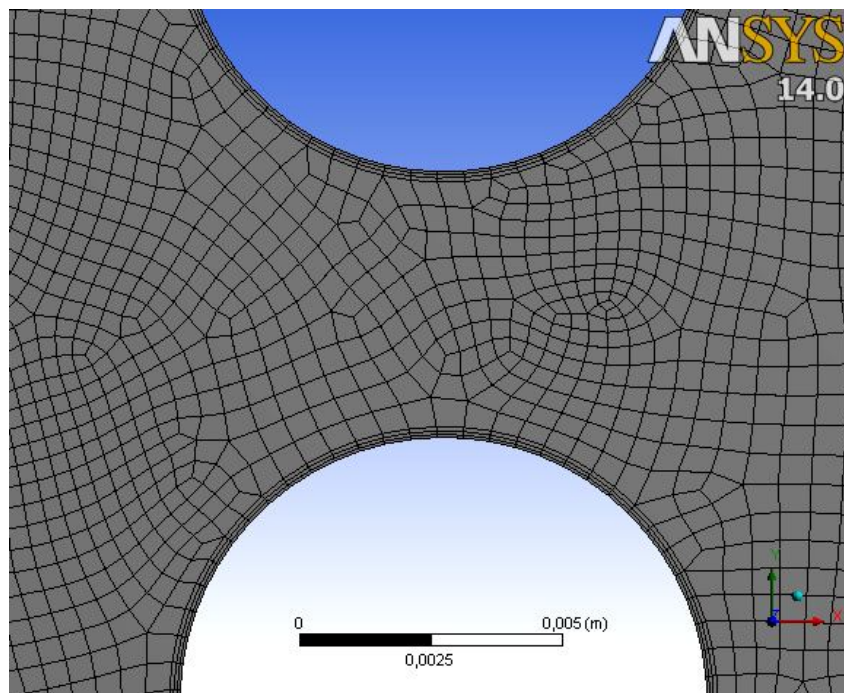


Рис. 3 – Чотирикутна сітка з методом прикордонного шару ЗТ в кількості 3 шари з початковою товщиною $3 \cdot 10^{-5}$ м

Запропоноване криволінійне розташування труб в пучку. При моделюванні сітки для компактного трубного пучка необхідно вирішити проблему побудови прикордонного шару в точках дотику сусідніх труб. Оскільки сусідні трубки дотикаються, то геометрія сітки в точці дотику наближається до нуля. Виходячи із цього, складність геометрії в точках дотику викликає необхідність у її видозміні (див. рис. 1а). Створивши зазор в точці дотику трубок по 1 мм з кожної сторони, який не впливає на гідродинаміку, при розрахунках вибрана геометрія дає можливість для побудови прикордонного шару за умови зменшення мінімального розміру елемента до $3 \cdot 10^{-4}$ м та максимального розміру грані $6 \cdot 10^{-4}$ м.

Використовуючи метод ПП при побудові гібридної сітки в прикордонному шарі в кількості 3 шарів (рис. 4), якість сітки стає найвищою (табл. 3). В області стику труб необхідно використовувати елементи трикутної сітки з дуже великими кутами (рис. 4), що знижує її якість. При виборі кількості шарів від 4 і більше побудова прикордонного шару даним методом стає неможливою.

Із рисунка 6 витікає, що найбільш якісною сіткою є сітка з використанням метода побудови прикордонного шару ЗТ з шаром, що має початкову товщину $3 \cdot 10^{-5}$ при виборі 4 шарів (рис. 5). При збільшенні кількості шарів якість сітки падає не в залежності від початкової тов-

щини. При товщині першого шару $5 \cdot 10^{-5}$ при кількості шарів від 3 до 7 спостерігається практично незмінна якість сітки, яка лежить в межах 0,56. Для всіх приведених результатів на рис. 6 якість сітки по Skewness залишається абсолютно незмінною і становить 0,59. Без використання прикордонного шару якість частково підвищується (див. табл. 3.).

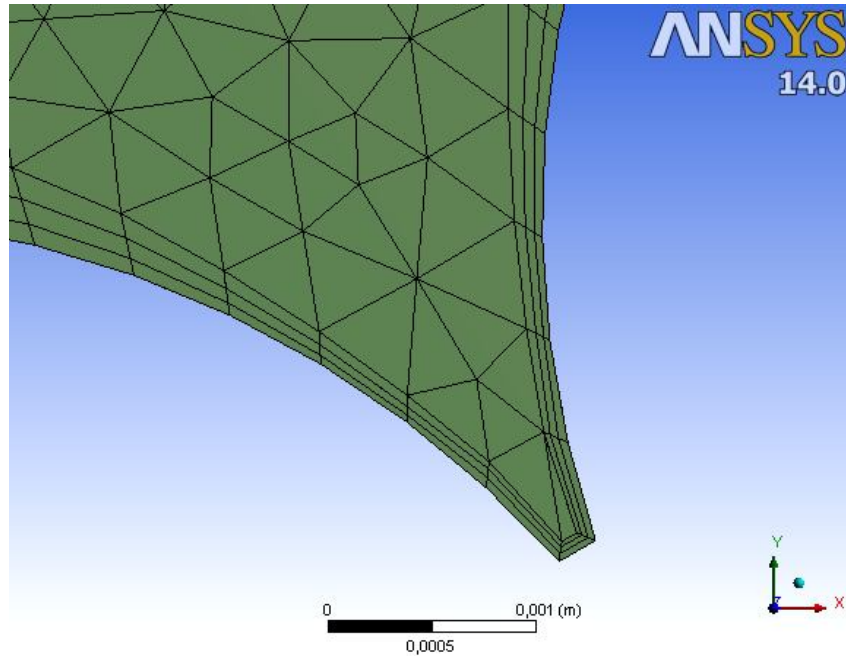


Рис. 4 – Гібридна сітка з методом прикордонного шару ПП в кількості 3 шари

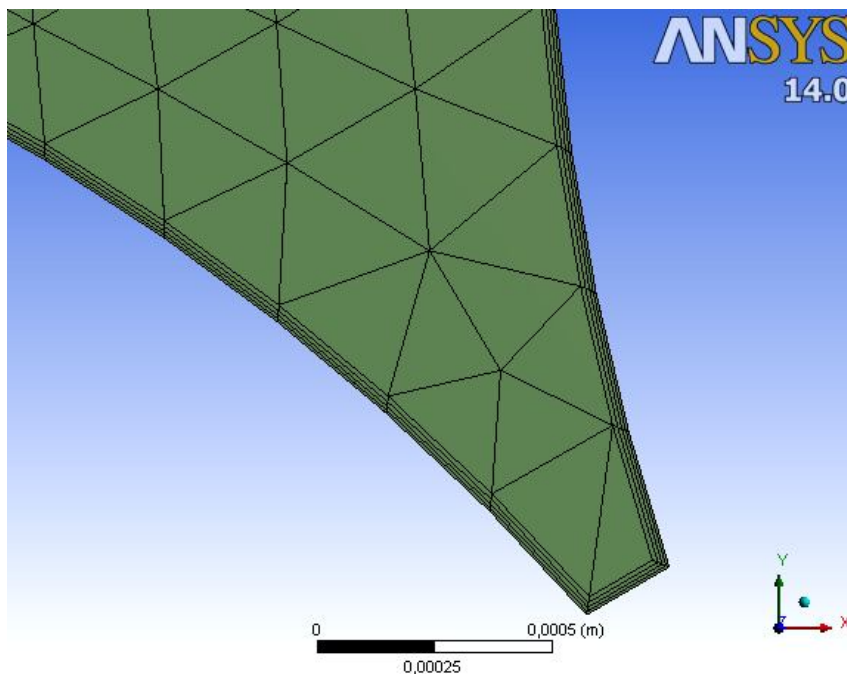


Рис. 5 – Гібридна сітка з методом прикордонного шару ЗТ при наявності 4 шарів з початковою товщиною шару $3 \cdot 10^{-5}$

Для сітки чотирикутної форми при побудові прикордонного шару найбільш прийнятною є сітка з 4 шарами при товщині шару $3 \cdot 10^{-5}$ м (табл. 3). При цьому якість розрахунку не є суттєво вищою у випадку гібридної сітки. Проте при цьому кількість елементів сітки зменшується у

2 рази. Використовуючи метод ПП при збільшенні кількості шарів до 4 і більше, побудова сітки стає неможливою.

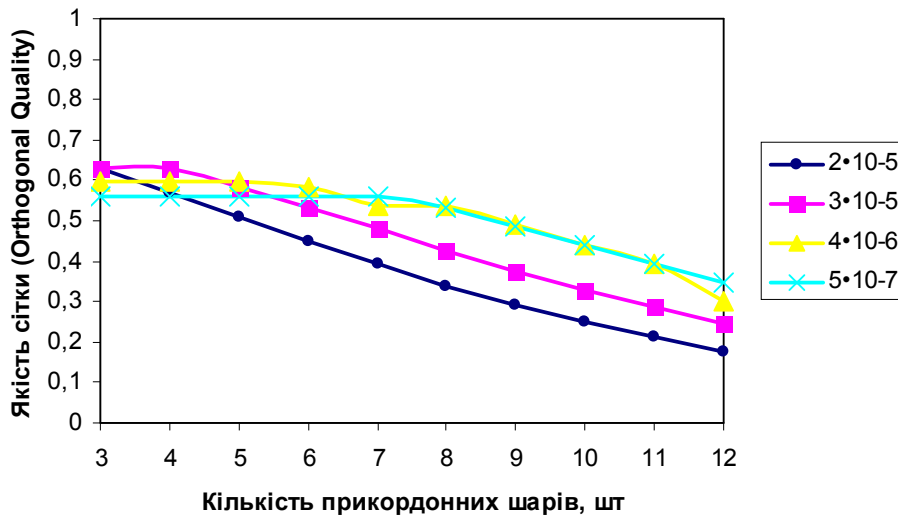


Рис. 6 – Графік залежності якості гібридної сітки від кількості прикордонних шарів в межах товщини першого шару від $2 \cdot 10^{-5}$ м до $5 \cdot 10^{-5}$ м

Таблиця 3

Параметри побудови сітки 2D МКЕ для теплообмінного апарата з компактним розташуванням труб у пучку

Показчик якості сітки (orthogonal quality)	0,63	0,27	0,45	0,67	0,66	0,76
Показчик якості сітки (Skewness)	0,59	0,78	0,82	0,67	0,49	0,68
Кількість елементів, шт	42450	40740	23504	22852	39194	19279
Кількість вузлів, шт	23601	22338	24222	23586	20341	19995
Пограничний шар, шт	4	3	3	4	-	-
Товщина першого шару, м	$3 \cdot 10^{-5}$	-	-	$3 \cdot 10^{-5}$	-	-
Метод побудови сітки	гібридна	гібридна	квадратна	квадратна	гібридна	квадратна
Метод побудови прикордонного шару	загальна товщина	плавний перехід	плавний перехід	загальна товщина	-	-

Розроблені алгоритми та методики побудови оптимальних сіток були використані при тепловому та гідравлічному розрахунку теплообмінних апаратів різного призначення – теплообмінників для охолодження вентиляційного повітря у пташниках, теплообмінників для утилізації теплоти відпрацьованих газів когенераційних установок та інших теплообмінних апаратів.

Висновки

1. Створено методику та проаналізовано побудову 2D сітки МКЕ в ANSYS Meshing для традиційного пучка з коридорним розташуванням труб та для запропонованого компактного пучка труб нової конструкції.

2. Розглянуто особливості побудови сітки для задач гідро- газодинаміки і тепло- масопереносу при поперечному обтіканні трубних пучків з різною конфігурацією розташування в них труб.

3. В результаті розробленого підходу вибрано найбільш оптимальні та якісні сітки для CFD моделей, що дає змогу отримати достовірні та точні результати (з похибкою не більше 3%) розрахунку теплообмінників різного призначення.

Список використаних джерел:

1. Дульнев Г.Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена / Г.Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. – М. : Высшая школа, 1990. – 207 с.
2. Власова Е.А. Приближенные методы математической физики / Е.А. Власова, В.С. Зарубин, Г.Н. Кувыркин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 700 с.
3. Ferziger J.H. Computational Methods for Fluid Dynamics / J.H. Ferziger, M. Perić. – 3., rev. ed. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2002. – 423 p.
4. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С.В. Патанкар. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с.
5. ANSYS Meshing User's Guide. Release 15. ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2013. – 492 p.

Bibliography:

1. Dulnev G.N. Application of computer for the decision of tasks of heat exchange / G.N. Dulnev, V.G. Parfenov, A.V. Sigalov. – M. : Higher school, 1990. – 207 p. (Rus.)
2. Vlasova E.A. Approximate methods of mathematical physics / E.A. Vlasova, V.S. Zarubin, G.N. Kuvyrkin. – M. : Publishing house Bauman MSTU, 2001. – 700 p. (Rus.)
3. Ferziger J.H. Computational Methods for Fluid Dynamics / J.H. Ferziger, M. Perić. – 3., rev. ed. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2002. – 423 p.
4. Patankar S.V. Numerical methods of the decision of tasks of heat exchange and fluid flow / S.V. Patankar. – M. : Energoatomizdat, 1984. – 150 p. (Rus.)
5. ANSYS Meshing User's Guide. Release 15. ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2013. – 492 p.

Рецензент: Ф.О. Кривошей

д-р техн. наук, проф., Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного

Стаття надійшла 03.04.2015

УДК 681.5.004.3

© Бурмистров С.В.¹, Панаско Е.Н.²

**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ
БАЗИСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА K КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД
МИНИМИЗАЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ**

В статье описан альтернативный метод минимизации булевых функций с большим числом аргументов на основе параллельной декомпозиции булевых функций путем убывания значения базисного коэффициента K . Данный метод дает возможность разбить минимизацию булевой функции на существенные слагаемые части, и за счет этого, используя многопроцессорные системы путем параллельного вычисления и получения оптимального значения базисного коэффициента K , ускорить весь процесс минимизации во времени.

Ключевые слова: базисный коэффициент K , оптимальное значение базисного коэффициента K , параллельная декомпозиция булевых функций, базисная часть Φ , информационная часть Q , булевы функции.

¹ аспирант, Черкасский государственный технологический университет, Черкасский государственный бизнес-колледж, г. Черкассы, sergijburmistrov@yandex.ua

² канд. техн. наук, доцент, Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, elena.pa26@mail.ru