

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗГІННИХ ТЕЧІЙ В МІКРОКАНАЛАХ МЕТОДОМ ГРАТ БОЛЬЦМАНА

Тирінов А.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

03057, м Київ, вул. Желябова, 2а

т: (044) 456-90-49, E-mail: atyrinov@ittf.kiev.ua

Особливістю течій в мікросистемах є наявність ефекту проковзування середовища на стінках. Для кращого розуміння теплообмінних та гідродинамічних процесів, що відбуваються в мікромасштабних каналах, проведено чисельне моделювання гідродинаміки й теплообміну в мікроканалах з використанням моделі ґрат Больцмана. Були промодельовані розгінні течії (тобто течії з стрибкоподібним наростанням швидкості) в мікроканалі між двома паралельними пластинами, а також у мікроканалах з круглим та прямокутним перерізами. Плаский мікроканал моделювався в двовимірній постановці на ґратах D2Q9, а круглий та прямокутний у тривимірній на ґратах D2Q15. Моделювання провадилось в діапазоні чисел Кнудсена Kn від 0,001 до 0,1.

Отримані результати свідчать, що стабілізація потоку при збільшенні числа Кнудсена настає швидше. Це обумовлено ослабленням взаємодії потоку зі стінками каналу. Дослідження показали, що для $Kn=0,1$ ділянка гідродинамічної стабілізації потоку зменшується приблизно на 30% у порівнянні з випадком течії без проковзування.

Також визначено, що відносний коефіцієнт гідравлічного опору падає в часі, а зменшення числа Кнудсена веде до росту коефіцієнта гідравлічного опору через підвищення заповненості профілю швидкості з відповідним зниженням градієнта швидкості на стінці. Відповідно, зменшується поверхневе тертя разом зі зменшенням коефіцієнта гідравлічного опору.

Вивчення теплообміну показало, що зростання числа Кнудсена призводить до збільшення часу, необхідного для досягнення сталого профілю температур. Це можна пояснити впливом зростаючої швидкості проковзування на стінці каналу. Відповідно зменшується вплив стінок на температуру середовища в мікроканалі.

SIMULATION OF ACCELERATION FLOWS IN MICROCHANNELS BY LATTICE BOLTZMANN METHOD

A. Tyrinov

*National Academy of Science of Ukraine Institute of Engineering Thermophysics
2a, Zhelyabov str. Kiev, 03057, Ukraine
tel.: (38 044) 456-90-49, E-mail: atyrinov@ittf.kiev.ua*

The microsystems flow characteristic is the phenomenon of slip at walls. For a better understanding of heat transfer and hydrodynamic processes occurring in microscale channels is numerical simulation using lattice Boltzmann model.

Were simulated acceleration flow (ie, flow of abrupt increase of speed) in microchannels between two parallel plates and in microchannels with round and rectangular cross sections. Flat microchannels simulated in two-dimensional formulation on the grid D2Q9, rectangular and round in a three-dimensional lattice on D2Q15. The simulation has been produced in the range of Knudsen numbers Kn 0,001 to 0,1.

The results indicate that the stabilization of the flow by increasing the number of Knudsen is faster. This is due to the weakening of the interaction of the flow with the walls of the channel. Studies have shown that at $Kn = 0,1$ hydrodynamic portion of the flow is reduced by about 30% compared with the case flow without slippage.

Also determined that the relative hydraulic resistance coefficient decreases over time. The number of Knudsen reducing leads to a growth factor of hydraulic resistance by increasing the velocity profile fullness with a corresponding decrease in velocity gradient at the wall. Accordingly, the surface friction coefficient decreases while reducing hydraulic resistance.

The study of heat transfer showed that the increasing number of Knudsen leads to an increase in the time needed to reach steady temperature profile. This can be explained by the increasing speed sliding on the wall of the channel. It is reduce impact with walls on the flow temperature in microchannels.