



Вихревая интенсификация теплообмена на структурированных наклонными траншейными лунками и канавками энергоэффективных поверхностях

Исаев Сергей Александрович

Ведущий научный сотрудник НИЧ СПбГМТУ и лаборатории транспортных и тренажерных систем СПбГМТУ, д.ф.-м.н., профессор.

Аннотация

Вихревая интенсификация теплообмена (ВИТ) на структурированных энергоэффективных поверхностях представляет одну из быстро развивающихся областей теплофизики. Особое внимание уделяется поверхностным вихрегенераторам – лункам, позволяющим обеспечить опережающий рост относительной теплоотдачи в узких каналах по сравнению с возрастанием гидравлических потерь. Предложены наклонные овально-траншейные лунки (ОТЛ), представляющие две половинки сферической лунки, разделенные длиной (порядка 3-5 диаметров пятна) траншейной цилиндрической вставкой, и расположенные под углом к набегающему потоку. Составленные из наклонных ОТЛ однорядные пакеты оказались эффективными интенсификаторами теплообмена в микроканалах с воздушным теплоносителем. Численно установлен эффект ускорения в ядре потока с увеличением максимальной скорости в полтора раза при глубинах ОТЛ не менее 25% от высоты канала. Открыто явление аномальной интенсификации отрывного течения и теплообмена в одно-и многорядных наклонных ОТЛ.

На стабилизированном участке канала с одной наклонной ОТЛ в центре периодического модуля минимум относительного трения и максимум относительной теплоотдачи в срединном продольном сечении отрывной зоны достигают -1, 1.5 для ламинарного ($Re=1000$) и -4, 4.5 для турбулентного ($Re=104$) режимов соответственно. При уплотнении пакета наклонных ОТЛ для турбулентного потока в узком канале указанные характеристики в ОТЛ оказываются близки к -5, 7. Обнаружен оптимальный угол наклона ОТЛ порядка 53° , при котором максимальная относительная тепловая эффективность близка к 70% для довольно низкой степени облунения нагретой стенки, равной 0.235.

Максимальная абсолютная величина скорости вторичного течения оказывается одного порядка величины максимальной скорости потока в плоскопараллельном канале. Аномальная интенсификация отрывного турбулентного течения и теплообмена



обуславливается растущим с уплотнением лунок перепадом статического давления между близкими зонами высокого (доходит до 0.6) и низкого давления (порядка -0.6), возникающих при торможении входящего в лунку потока на наветренном склоне и в месте зарождения торнадоподобного вихря на входном сферическом сегменте. На установках НИИ механики МГУ и КазНЦ РАН дано экспериментальное подтверждение численных прогнозов и примененной расчетной методологии при измерении полей давления в ОТЛ на пластине при углах наклона от 0 до 90° и полей продольной скорости в узком прозрачном канале с двумя рядами из 26 плотно размещенных наклонных ОТЛ. В НИИ механики МГУ показано существование больших перепадов статического давления между зонами торможения потока на наветренном склоне наклонной лунки и разрежения на входе в лунку в месте генерации смерчеобразного вихря, распространяющегося вдоль траншеи ($Re=6.7 \times 10^4$, 1.67×10^5).

В КазНЦ РАН подтверждено явление ускорения в ядре потока с заметным превышением максимальной скорости по сравнению с максимумом скорости в плоскопараллельном канале с гладкими стенками. Расчетные профили для ламинарного ($Re=1000$) и турбулентного ($Re=4000$) потоков в канале вполне удовлетворительно согласуются с экспериментальными при рассмотренных углах наклона лунок. На продольной полосе канала над однорядным ансамблем лунок формируется сдвиговое течение с максимумом скорости над входом в лунки, превышающим максимум скорости в плоскопараллельном канале.