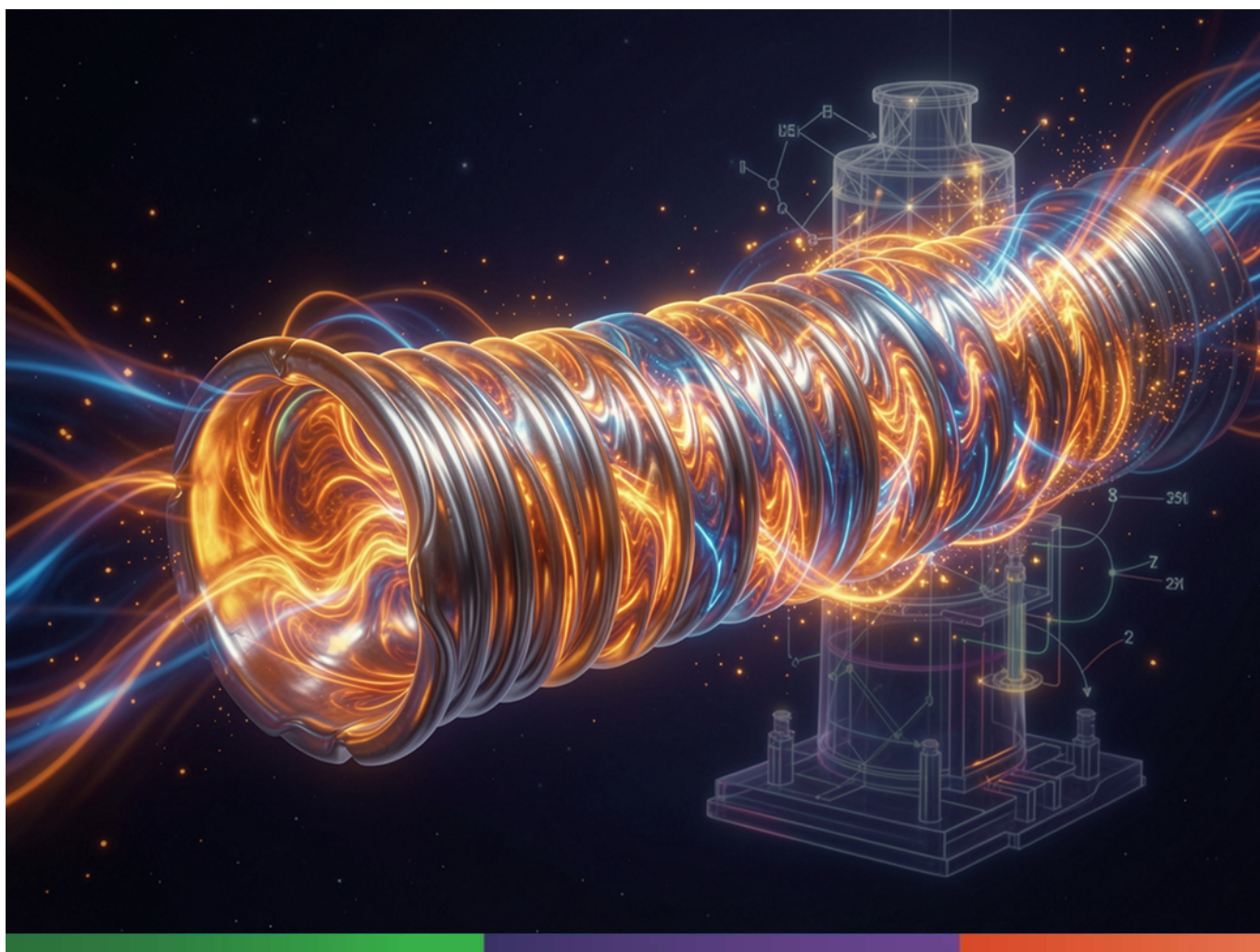


Геометрия гофра как инструмент управления теплопереносом в ядерных теплообменниках



Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы (VHTR) считаются одними из самых безопасных и перспективных энергетических систем четвертого поколения. Однако их ключевой узел — промежуточный теплообменник (ИХ) — работает на пределе возможностей: высокое давление, нагрев до 875 °С, жесткие ограничения по объему внутри реактора. От эффективности этого компонента напрямую зависит, сможет ли установка передавать тепло на внешние технологические цепочки, например, при производстве водорода.

Ученые из СПбПУ совместно с коллегами из Университета Цинхуа предложили заменить гладкие трубы в теплообменнике на винтовые гофрированные (НСТ). Такая геометрия создает завихрения потока и перемешивает теплоноситель без внешнего подвода энергии — инженеры называют это пассивным методом интенсификации. Но любое вмешательство в поток дает побочный эффект: чем активнее турбулизация, тем выше гидравлическое сопротивление. Чтобы найти золотую середину между теплоотдачей и перепадом давления, ученым понадобились точные модели. Исследование, опубликованное в журнале *Progress in*

Nuclear Energy (Q1), закрывает этот пробел.

Авторы испытали восемь конфигураций гофрированных труб на масштабированном стенде. Вместо дорогого гелия использовали воздух — такой подход, основанный на теории подобия, сохранил достоверность результатов при разумных затратах.

Что показали эксперименты. Все гофрированные трубы заметно обгоняют гладкую по теплоотдаче (критерий Нуссельта), но платят за это ростом сопротивления (коэффициент трения). В диапазоне чисел Рейнольдса от 7000 до 22000 прирост теплоотдачи составил от 2% до 34%, а сопротивление выросло на 2–57%. Максимальный эффект дала труба с наибольшей высотой гофра и минимальным шагом навивки.

Главный результат. Ученые вывели две расчетные модели. Степенная форма описывает теплоотдачу с погрешностью $\pm 11.24\%$, а сопротивление — $\pm 15.89\%$. Вторая, более универсальная модель, использует безразмерную функцию шероховатости, адаптированную для газовых теплоносителей с поправкой на фактор жесткости трубы (e^2/pd). Ее точность — в пределах $\pm 15.67\%$.

Оригинал статьи: [Experimental study on heat transfer and flow characteristics inside helically corrugated tubes in intermediate heat exchangers. Progress in Nuclear Energy, Volume 191, January 2026, 106019.](#)