

ИНТЕРНАУКА
internauka.org

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
XXXIV МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



№3(31)

ISSN 2587-862X

Москва, 2020

ИНТЕРНАУКА
internauka.org

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Сборник статей по материалам XXXIV международной
научно-практической конференции*

№ 3 (31)
Март 2020 г.

Издается с июля 2017 года

Москва
2020

ИНТЕРНАУКА
internauka.org

TECHNICAL SCIENCES: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Proceedings of XXXIV international scientific-practical conference

№ 3 (31)
March 2020

Published since July 2017

Moscow
2020

УДК 62
ББК 30
Т38

Т38 Технические науки: проблемы и решения. сб. ст.
по материалам XXXIV междунар. науч.-практ. конф. – № 3 (31). –
М., Изд. «Интернаука», 2020. – 124 с.

Оглавление

Доклады конференции на русском языке	7
Секция 1. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология	7
ВЫЯВЛЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ Бейсембаев Тимур Аскарлович	7
Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление	15
ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ И БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ Холмонов Сунатилло Махмудович Абсаломова Гузал Бурибаевна	15
Секция 3. Информационные технологии	20
РАСЧЕТ ДЛЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ Архипов Артем Михайлович	20
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ Хаджимурадова Иман Асланбековна Магомаева Лейла Румановна	27
Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии	38
РАЗРАБОТКА РЕГУЛИРУЕМОГО ОХЛАЖДЕНИЯ РАВНОПОЛОЧНЫХ УГЛОВЫХ ПРОФИЛЕЙ Алпамыс Назым Бекарыстановна Канаев Амангельды Тукешович	38
Секция 5. Машиностроение и машиноведение	46
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Жўраев Даврон Амир ўгли Бобохонов Олтибой Намозов Жасур Шокулович	46

Секция 6. Методология и философия науки и техники	50
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МЕТОДА Цыркин Аркадий Тимофеевич Раев Сергей Сергеевич Петров Михаил Григорьевич	50
Секция 7. Организация производства и менеджмент, системы управления качеством	59
ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ Кузнецова Полина Дмитриевна	59
Секция 8. Приборостроение, метрология, радиотехника	64
СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ВДОЛЬ ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ПОСРЕДСТВОМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ Рощин Дмитрий Александрович	64
Секция 9. Строительство и архитектура	72
РОЛЬ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУНТА В СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТИ КРУТИЗНЫ ОТКОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ Артыкбаев Дархан Жаксылыкович Байболов Канат Сейтжанович Усенкулов Женисбек Амантаевич Расулов Хаят Заирович	72
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ Карачёва Анастасия Альбертовна	84
ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСИНЫ КАК КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА. ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ Новиков Иван Сергеевич	88

Секция 10. Транспорт и связь, кораблестроение	92
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАССАЖИРСКОГО АВТОТРАНСПОРТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ С УЧЕТОМ ПАССАЖИРОПОТОКОВ	92
Насретдинов Келдим Боймирзаевич Самиев Худоер Халмурзаев Нурсултан Бахтиярович	
Секция 11. Энергетика и энергетические техника и технологии	99
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУЛЬСАЦИОННОГО МЕТОДА ИНТЕНСИФИКАЦИИ В КОРИДОРНОМ ПАКЕТЕ ТРУБ	99
Савельева Анна Дмитриевна Хайруллин Айдар Рафаэлевич Хайбуллина Айгуль Ильгизаровна	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКЕ ТРУБ	104
Савельева Анна Дмитриевна Хайбуллина Айгуль Ильгизаровна Хайруллин Айдар Рафаэлевич	
Conference papers in english	111
Section 1. Agricultural sciences and forestry	111
GEOMONITORING WATER RESOURCES IN CENTRAL KYZYL KUM	111
Habiba Tuhtaeva Mirshod Nurmukhamedov	
O'zbek tilidagi konferentsiya ma'ruzalari	115
Bo'lim 1. Qishloq va o'rmon xo'jaligi, agroengineering tizimlari	115
ТУПРОҚҚА АСОСИЙ ИШЛОВ БЕРИШДА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА ТЕХНИК ВОСИТАЛАР ТАҲЛИЛИ	115
Сатторов Нуриддин Саттор угли	
ГЕОТЕХТИЗИМЛАРНИНГ ИРРИГАЦИОН ХИЛИ	119
Тўхтаева Хабиба Тошевна Муродов Отабек Улуғбекович Темиров Нурали Нуриддин ўғли	

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКЕ ТРУБ

Савельева Анна Дмитриевна

*студент,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

Хайбуллина Айгуль Ильгизаровна

*канд. техн. наук, доцент,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

Хайруллин Айдар Рафаэлевич

*инженер,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

MODELING HEAT TRANSFER IN A TUBE BUNDLE

Anna Savelieva

*Student, Kazan state power engineering university,
Russia, Kazan*

Aygul Haibullina

*Candidate of technical sciences, associate Professor,
Kazan state power engineering university,
Russia, Kazan*

Aidar Hayrullin

*Engineer, Kazan state power engineering university,
Russia, Kazan*

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
(проект №18-79-10136).*

АННОТАЦИЯ

В данном исследовании численным методом рассмотрены вопросы применения RNG k - ϵ модели турбулентности с расширенным пристеночным моделированием (RNG k - ϵ EWT) для расчета характеристик теплообмена в шахматном пучке труб, при числе Рейнольдса Re 500,

2500, 5000. Показано, что RNG k - ϵ EWT модель адекватно описывает характеристики теплообмена в пучке труб.

ABSTRACT

In this study, the numerical method considers the possibility of using the RNG k - ϵ model of turbulence with enhancement wall treatment (RNG k - ϵ EWT) to calculate the heat transfer characteristics in a staggered tube bundle, with the Reynolds number Re 500, 2500, 5000. It is shown that RNG k - ϵ EWT model adequately describes the heat transfer characteristics in a tube bundle.

Ключевые слова: Вычислительная гидродинамика, шахматный пучок труб, теплоотдача пучка труб.

Keywords: Computational fluid dynamics, staggered tube bundle, heat transfer tube bundle.

Течение при поперечном обтекании пучка труб или одиночного цилиндра является классической задачей многие десятилетия. В этой области имеется большое количество теоретических и экспериментальных работ [1-4]. Последние десятилетия работы в основном имеют теоретический характер [5]. Для теоретических (численных) исследований широко применяются программы вычислительной гидродинамики. Использование численных методов позволяет отказаться от дорогостоящих экспериментальных исследований. Однако использование численных методов требует вычислительных ресурсов. В вычислительной гидродинамике при описании течения, совместно с уравнением Навье-Стокса широко применяются различные RANS модели турбулентности [6-10]. RANS модели позволяют существенно уменьшить требуемые вычислительные ресурсы, необходимые для проведения математического моделирования, что также может приводить к уменьшению точности расчета. Поэтому при выборе модели турбулентности необходима ее верификация с экспериментальными данными. Выбор оптимальной модели турбулентности определяется ее удовлетворительной точностью искомых характеристик и необходимой экономичностью вычислительных ресурсов.

В данной работе проанализирована возможность применения RNG k - ϵ модели турбулентности с расширенным пристеночным моделированием (RNG k - ϵ EWT) и ламинарного решателя для прогнозирования характеристик теплообмена в шахматном пучке труб при числе Рейнольдса Re 500; 2500; 5000.

Геометрия расчетной области математической модели представлена на рис. 1. Расчетная область представляет собой двухмерный шахматный пучок труб. Количество рядов трубок по ходу жидкости

равнялось семи. Диаметр трубок $D = 20$ мм, поперечный и продольный шаг $S_{1,2} = 26$ мм, соответственно относительный поперечный и продольный шаг $S_{1,2}/D = 1,3$. Стабилизационный участок до первого цилиндра равнялся $5,5D$, выходной участок $9,5D$. Граничные условия приведены в табл. 1.

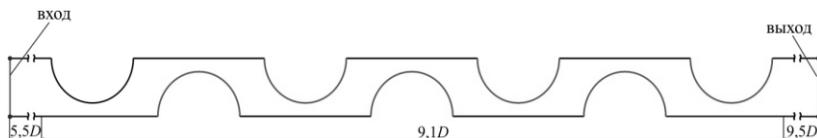


Рисунок 1. Геометрия расчетной области

Таблица 1.

Граничные условия

Расчетная область	Параметр	Обозначение параметра, размерность	Значение
Стенка	Скорость жидкости	u , м/с	0
Стенка	Температура жидкости	T_w , °C	$T = 41$
Стенка	Давление	P	$\partial P/\partial n=0$
Стенка	Абсолютная шероховатость	Δ , м	0
Вход	Скорость жидкости	u_n , м/с	$u_n = 0,00387$
Вход	Температура жидкости	T , °C	$T = 40$
Выход	Давление жидкости	P_2 , Па	101325
Область между половинками трубок сверху и снизу	скорость	u , м/с	$\partial u/\partial n=0$
	давление	P , Па	$\partial P/\partial n=0$
	температура	T , °C	$\partial T/\partial n=0$

Численное исследование проводилось при числе Рейнольдса $Re = 500$. Число Re рассчитывалось по максимальной скорости в пучке и диаметру трубки. В качестве рабочей среды использовалась вода. Теплофизические свойства воды были постоянными и соответствовали числу Прандтля $Pr = 4,28$.

Математическое моделирование проводилось в AnsysFluent методом конечных объемов. Расчет выполнялся с помощью RNG k - ϵ EWT модели турбулентности и отдельно с ламинарным решателем. Характеристики сеточного решателя, используемые при математическом моделировании, приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Параметры сеточного решателя

Вариант расчетной сетки	Количество контрольных объемов	Минимальный размер ячейки в пристеночной области, мм	Количество контрольных объемов в пристеночной области	Коэффициент расширения ячеек в пристеночной области в радиальном направлении
C1	40321	$3,12 \cdot 10^{-2}$	12	1,2
C2	65607	$2,3 \cdot 10^{-2}$		
C3	91386	$1,74 \cdot 10^{-2}$		
C4	207953	$1,26 \cdot 10^{-2}$		
C5	278610	$1,1 \cdot 10^{-2}$		
C6	350850	$9,55 \cdot 10^{-3}$		

На рис. 2,3 приведены результаты расчетов теплоотдачи для вариантов сетки, приведенных в табл. 2, при $Re = 500$. По рис. 2,3 видно, что измельчение сетки практически не влияет на результаты расчета, как для RNG $k-\epsilon$ EWT модели, так и для ламинарного решателя. Различие в числе Нуссельта Nu между C1 и C2–C6 составляет не более 1,25% для RNG $k-\epsilon$ EWT и не более 0,4 для ламинарного решателя.

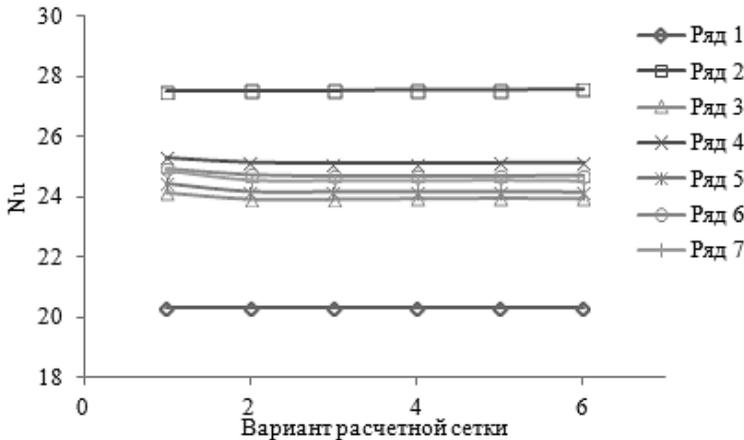


Рисунок 2. Сходимость сеточного решателя для ламинарного решателя при $Re = 500$

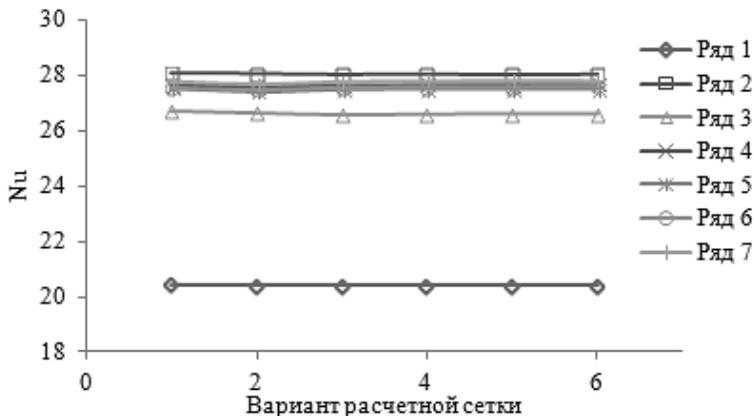


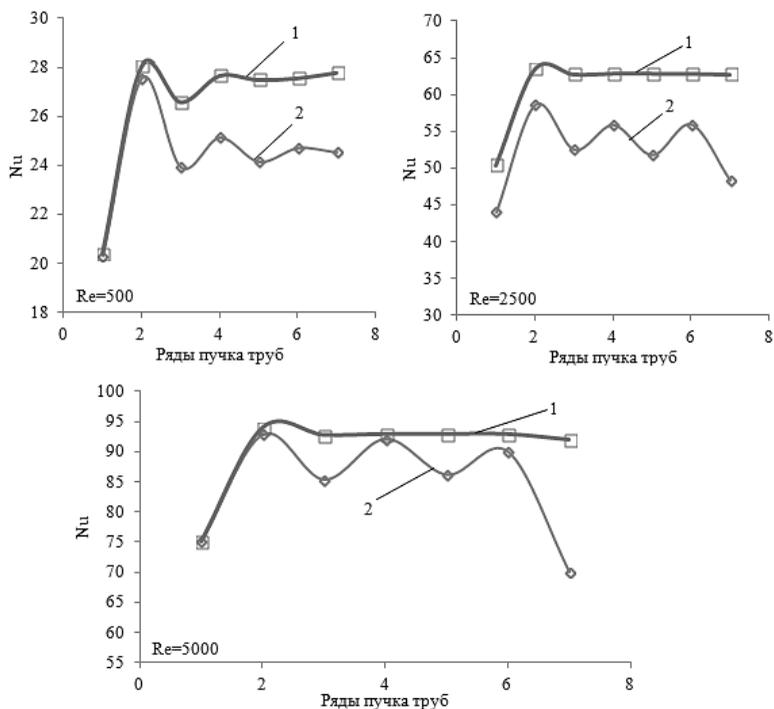
Рисунок 3. Сходимость сеточного решателя для RNG $k-\epsilon$ EWT модели турбулентности при $Re = 500$

На рис. 4 показано распределение теплоотдачи по глубине пучка труб для числа Re 500, 2500 и 5000. Как для RNG $k-\epsilon$ EWT модели, так и для ламинарного решателя происходит резкое увеличение теплоотдачи ко второму ряду пучка при всех значениях числа Re . Для RNG $k-\epsilon$ EWT модели стабилизация теплоотдачи наступает ко второму, третьему ряду, что согласуется с экспериментальными данными [2]. Для ламинарного решателя стабилизация теплоотдачи не происходит, при этом колебание теплоотдачи по глубине пучка увеличивается с ростом числа Re . Для седьмого ряда ламинарного решателя при $Re = 5000$ происходит резкое уменьшение теплоотдачи ниже значений остальных рядов. Нестабильность ламинарного решателя, возможно, связана с тем, что переход в зону смешанного течения в пучках труб начинается в диапазоне числа Рейнольдса Re от 200 до 1000, что зависит от конфигурации пучка [2].

Теплоотдача пятого ряда в пучке сравнивалась с известными обобщающими зависимостями (1),(2) [2]. Для RNG $k-\epsilon$ EWT модели полученные результаты лучше согласуются с обобщающими зависимостями при Re 2500 и 5000, для ламинарного решателя при Re 500 (Табл. 3).

$$Nu = 0,6Re^{0,5}Pr^{0,36} \quad (\text{при } Re < 1000). \quad (1)$$

$$Nu = 0,36Re^{0,6}Pr^{0,36} \quad (\text{при } Re > 1000). \quad (2)$$



**Рисунок 4. Интенсивность теплообмена по глубине пучка труб:
1 – RNG $k-\epsilon$ EWT; 2 – ламинарный решатель**

Таблица 3.

Теплоотдача пятого цилиндра

Re	Nu [2]	Nu (RNG $k-\epsilon$ EWT)	Nu (ламинарный решатель)
500	22,64	27,51	24,16
2500	66,43	62,88	51,75
5000	100,69	92,86	86,11

В результате проведенного численного исследования показана возможность применения RNG $k-\epsilon$ EWT модели турбулентности для расчета характеристик теплообмена в шахматном пучке труб при Re 500, 2500, 5000, отклонение с известными обобщающими зависимостями составило 22%, 6% и 8% соответственно. Также показано, что использование ламинарного решателя оправдано при Re = 500.

Список литературы:

1. Жукаускас А., Макарявичюс В., Шланчяускас А. Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости. Вильнюс: Изд-во Мокслас, 1968. 192 с.
2. Жукаускас А., Улинскас Р., Катинас В. Гидродинамика и вибрация обтекаемых пучков труб. Вильнюс: Изд-во Мокслас, 1984. 312 с.
3. Khaibullina A.I., Chirukhin K.V., Sabitov L.S., Hayrullin A.R. RANS simulation for the prediction of heat transfer for staggered tube bundle in cross-flow // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials 2018, ISTC-IETEM 2018". 2019. vol. 570. no. 1. С. 012030.
4. Paul S.S., Ormiston S.J., Tachie M.F. Experimental and numerical investigation of turbulent cross-flow in a staggered tube bundle // Int. J. of Heat and Fluid Flow. 2008. Vol. 29. no. 2. P. 387-414.
5. Gorman J.M., Sparrow E.M., Ahn J. In-line tube-bank heat exchangers: Arrays with various numbers of thermally participating tubes // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019 no. 132 P. 837-847.
6. Kulasekharan N., Prasad B.V. Performance of 2-D Turbulence RANS Models for Prediction of Flow Past a Staggered Tube Bank Array // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2009. no. 3. P. 386-407.
7. Rollet-Miet P., Laurence D., Ferziger J. LES and RANS of turbulent flow in tube bundles // Int. J. of Heat and Fluid Flow. 1999. Vol. 20. no. 3. P. 241-254.
8. Wang Y.Q., Jackson P.L. Turbulence Modeling Applied to Flow Through a Staggered Tube Bundle // J. of Therm. and Heat Trans. 2010. Vol. 24. № 3. P. 534-543.
9. Li X., Wu X., He S. Numerical investigation of the turbulent cross flow and heat transfer in a wall bounded tube bundle // Int. J. of Thermal Sci. 2014. Vol. 75. P. 127-139.
10. Khaibullina A.I., Chirukhin K.V., Kim V.A. Numerical Simulation of a Heat Transfer Process in a 2D in-Line Tube Bundle by means of RANS Turbulence Models // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) Vladivostok, Russia. 2019. P. 1-4.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Сборник статей по материалам XXXIV международной
научно-практической конференции*

№ 3 (31)
Март 2020 г.

В авторской редакции

Мнение авторов может не совпадать с позицией редакции

Подписано в печать 24.03.20. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 7,75. Тираж 550 экз.

Издательство «Интернаука»
125424, Москва, Волоколамское шоссе, д. 108, цокольный этаж,
помещение VIII, комн. 4, офис 33
E-mail: mail@internauka.org

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3

16+

ООО «Интернаука» (г. Москва) проводит международные заочные научно-практические **конференции по 26 научным направлениям**. Предоставляя возможность опубликовать статьи быстро и качественно, мы помогаем аспирантам, соискателям и докторантам представить на суд научной общественности результаты проведенных исследований, открываем дорогу молодым, привлекаем в научную среду как начинающих ученых, так и профессионалов, имеющих богатый практический опыт в прикладной сфере и упрощаем процесс вхождения в научное сообщество, снижая барьеры расстояния, финансов, языка, статуса, возраста, опыта.

Мы проводим заочные конференции на двух языках: русском и английском, способствуя сближению научных сообществ разных стран.

Нашим изданиям присваиваются коды ISSN, УДК, ББК. Производится их регистрация в Российской книжной палате и рассылка по библиотекам нашей страны.

На сегодняшний день в рамках проекта "Интернаука" было **проведено свыше 250 конференций, в которых приняли участие более 6000 ученых из 15 стран мира**: России, Казахстана, Узбекистана, Азербайджана, Украины, Белоруссии, Польши, Армении, Латвии, Болгарии, Молдовы, Румынии, Эстонии, Греции, Турции.

Конференции по 26 направлениям науки:

Архитектура
Астрономия
Биология
Ветеринария
География
Геология
Информационные технологии
Искусствоведение
История
Культурология
Математика
Медицина
Менеджмент
Педагогика
Политология
Психология
Сельскохозяйственные науки
Социология
Технические науки
Фармацевтические науки
Физика
Филология
Философия
Химия
Экономика
Юриспруденция