

05.COM/SOLIDWORKS © Dassault Systèmes | Confidential Information | 11/20/2019 | ID: DS_Document_2014

SOLIDWORKS SUMMIT RUSSIA 2019 16 октября 2019 г.

Разработка методологии работы в SOLIDWORKS Simulation на примере методики моделирования автомобильных радиаторов

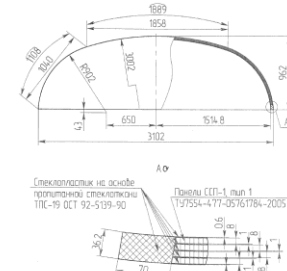
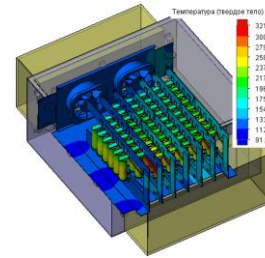
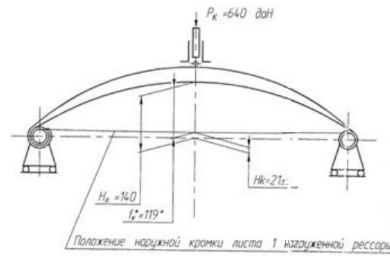


Алямовский Андрей Александрович, к.т.н.
Группа компаний SWR

SWR
Группа компаний

3DEXPERIENCE®

СОДЕРЖАНИЕ

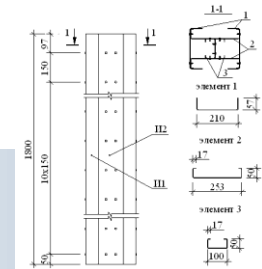
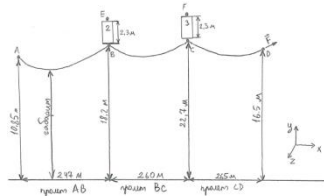
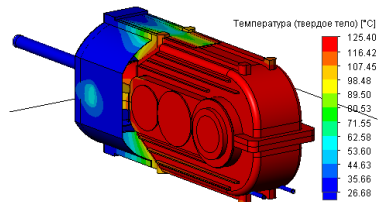
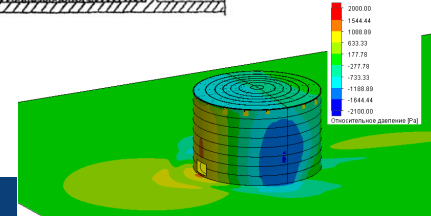
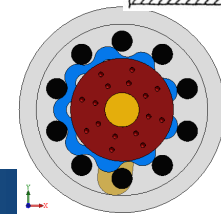
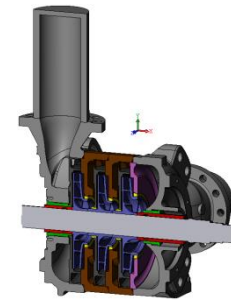
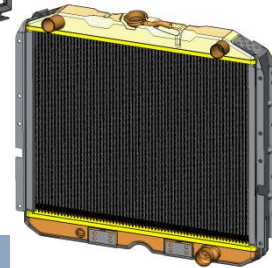
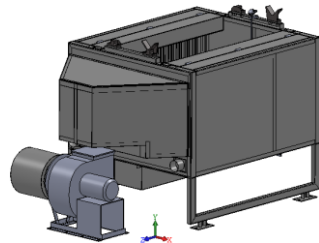
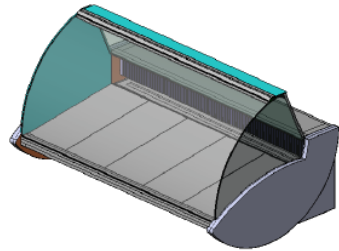
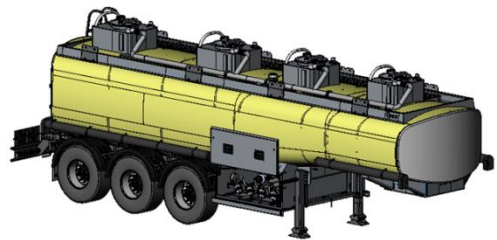
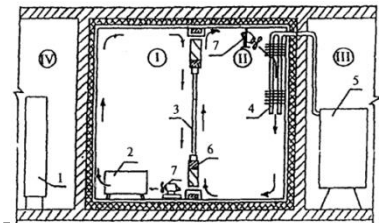
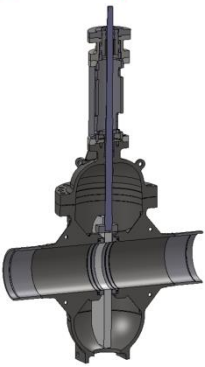
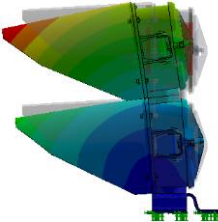
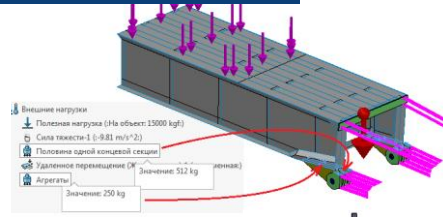
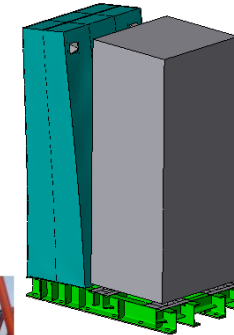
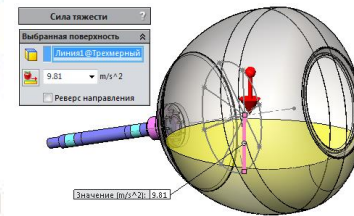
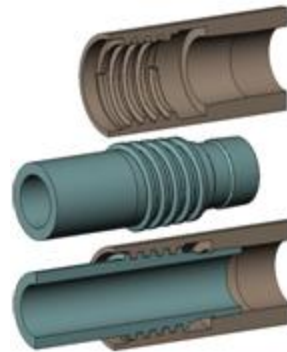
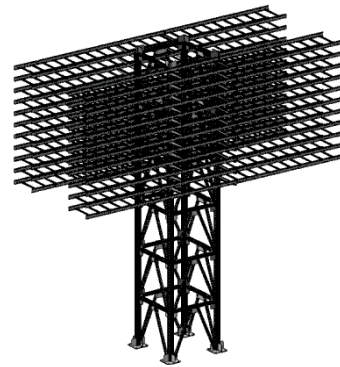


О КОМПАНИИ

КОМПЕТЕНЦИИ

КЛИЕНТЫ

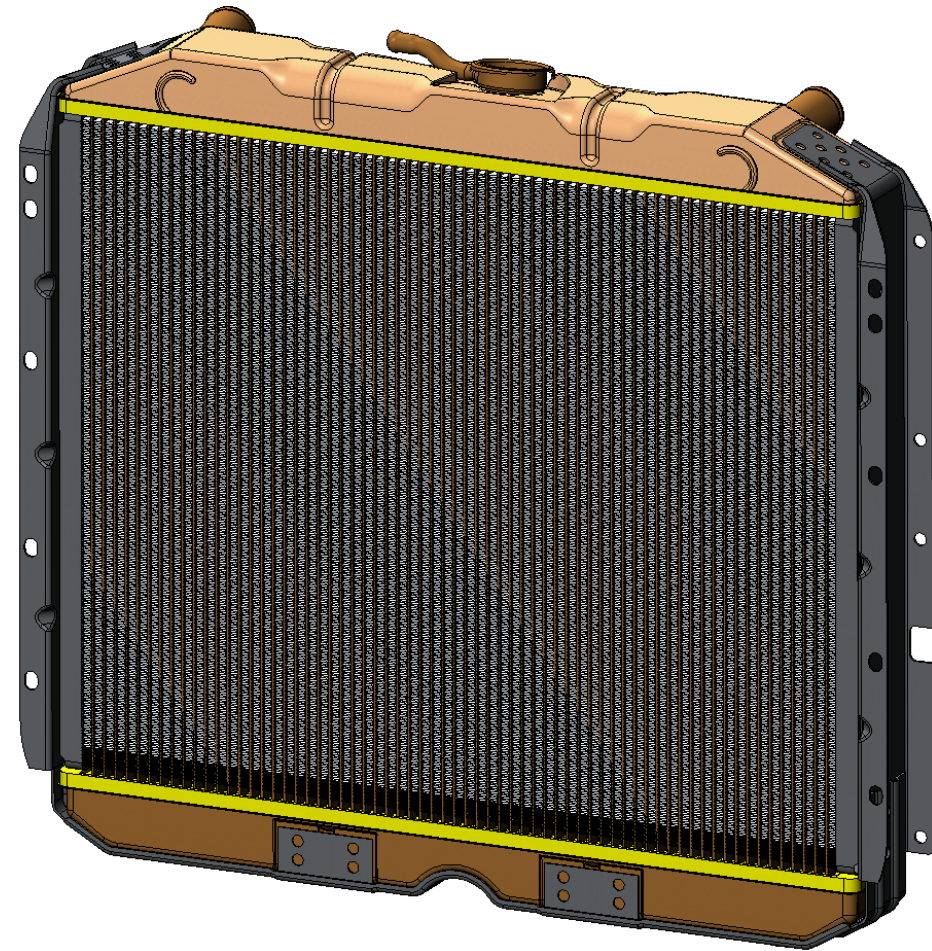
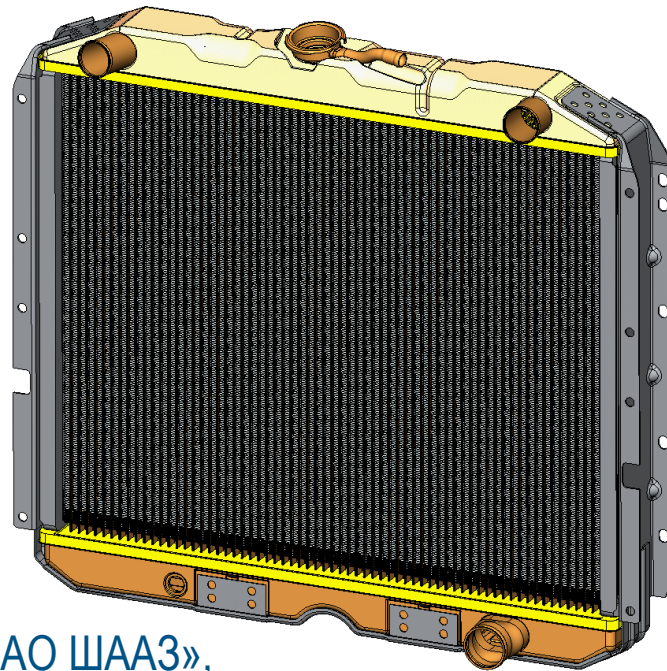
ЧТО МЫ МОЖЕМ ПРЕДЛОЖИТЬ ВАМ



Группа компаний



Модель - гидродинамика



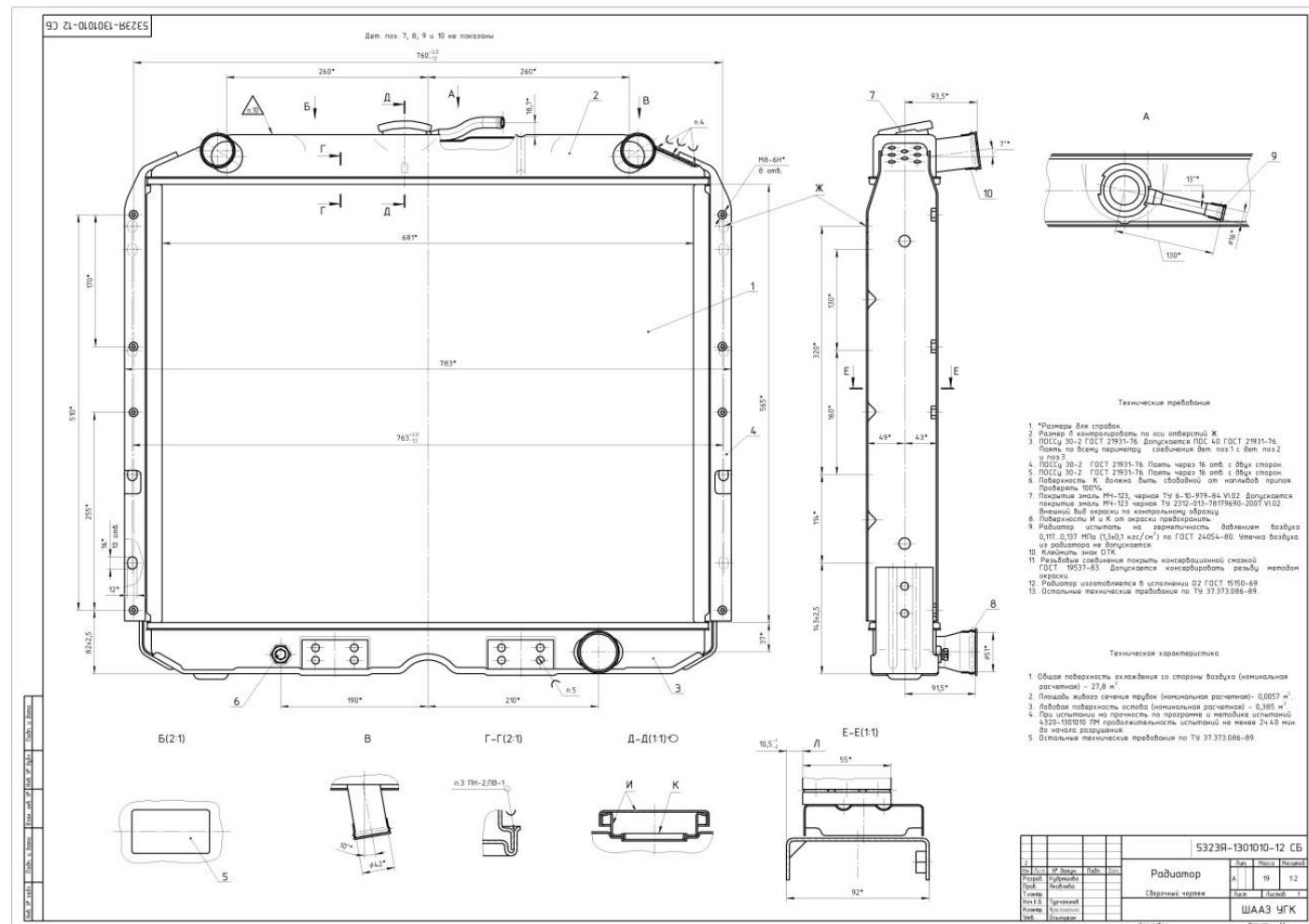
Чертежи и эксперимент предоставлены «ОАО ШААЗ»,
Шадринск



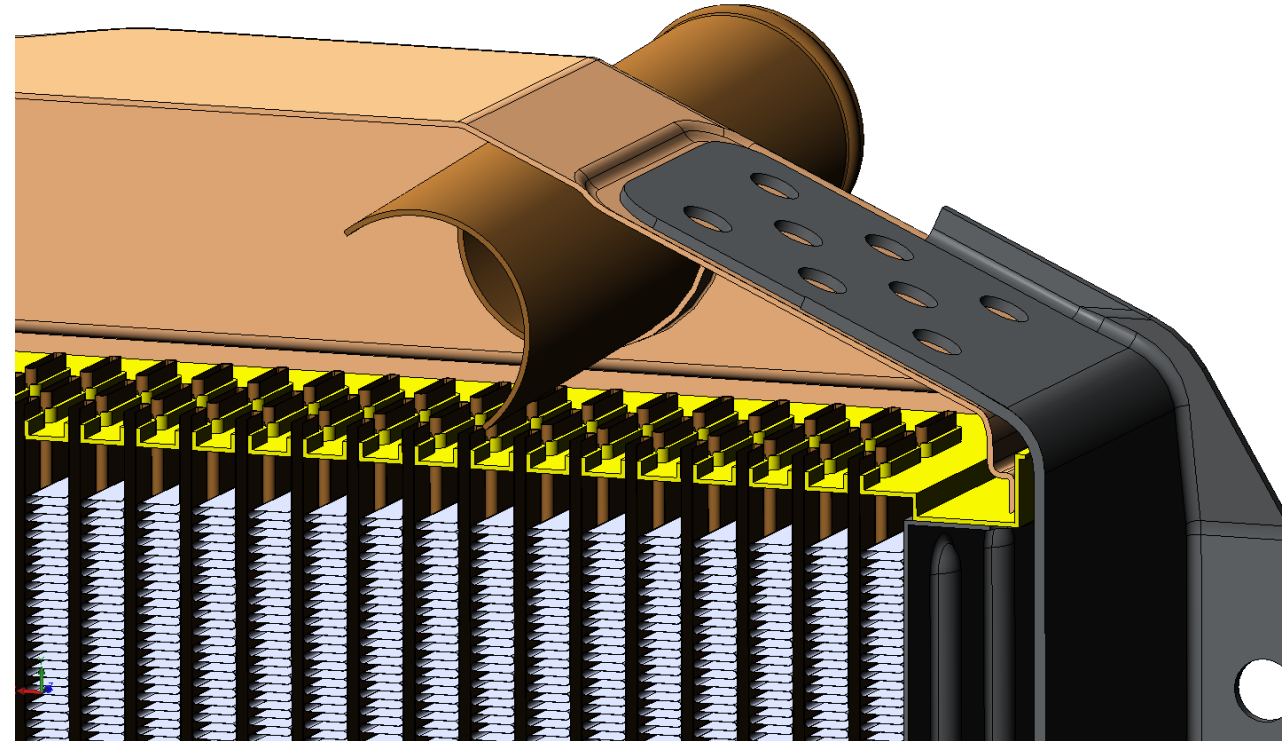
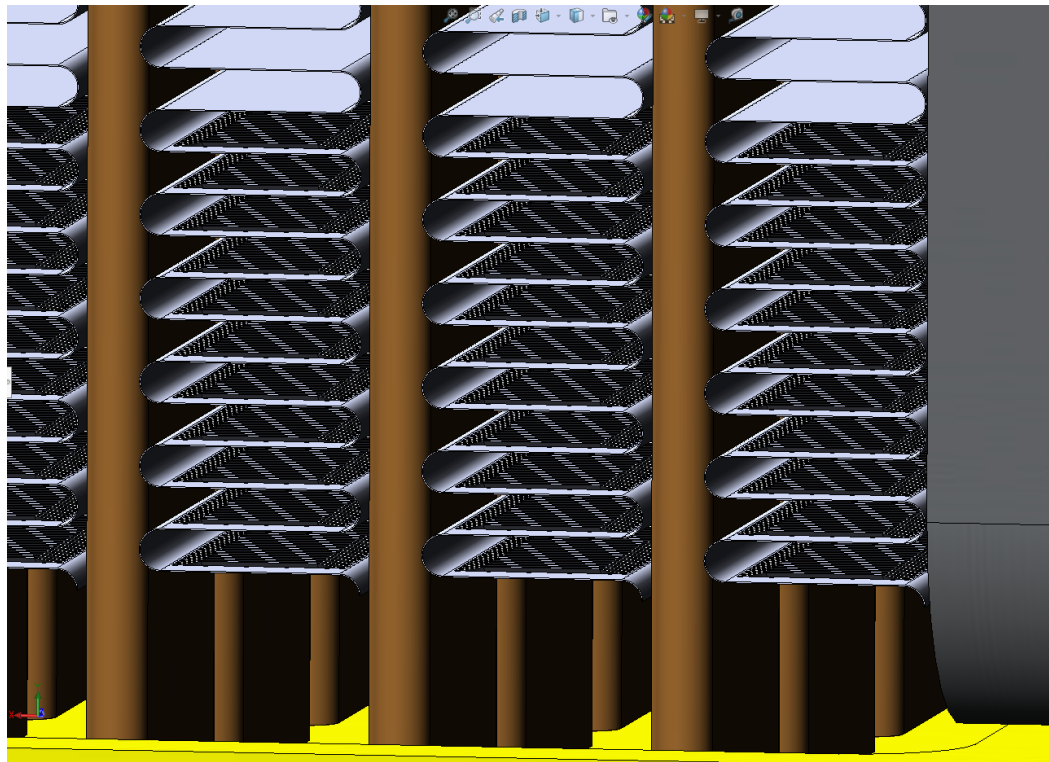
Техническое задание

Основные технические данные

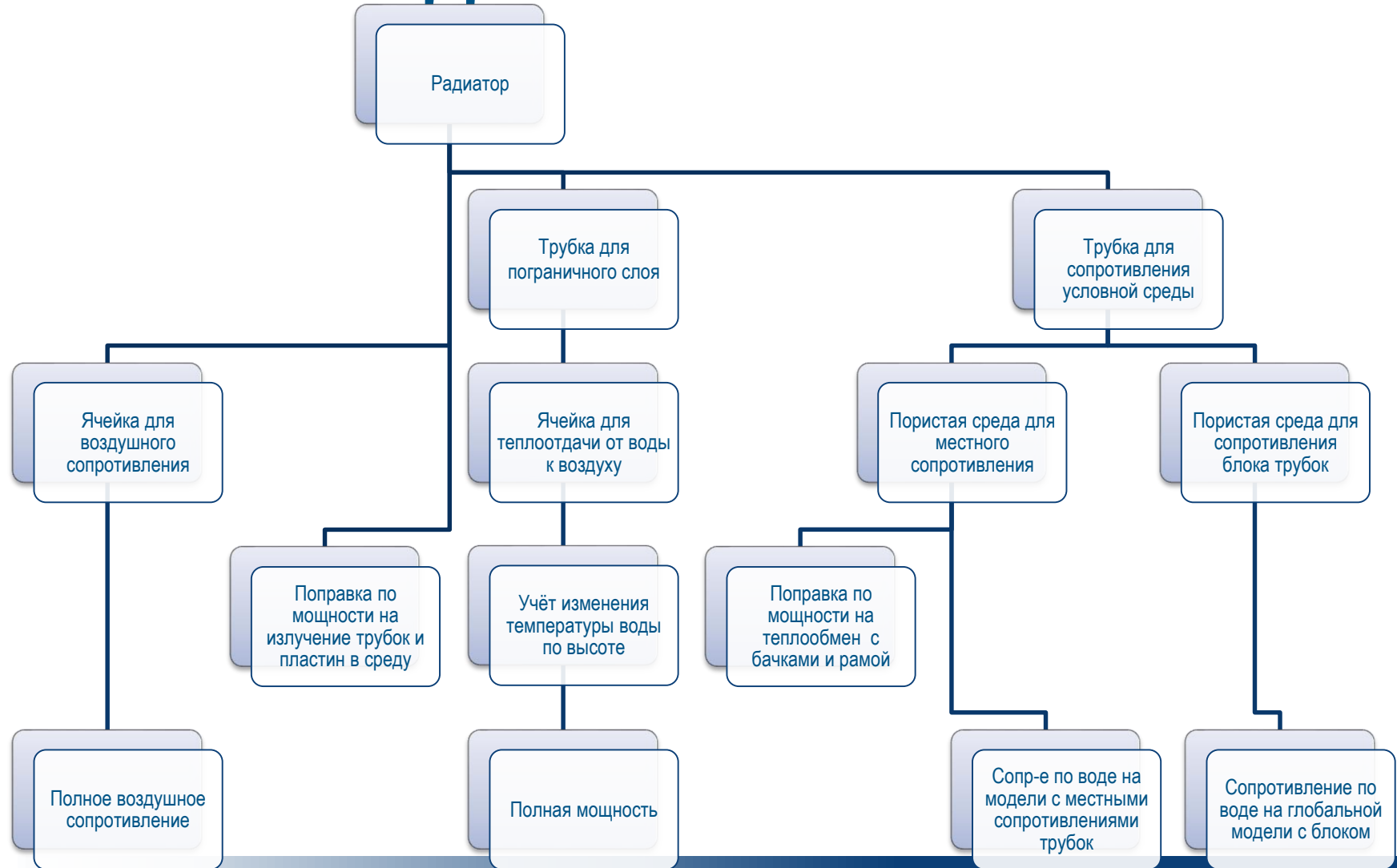
Наименование параметра	Значение
Теплоотдача, кВт	116,28
Гидравлическое сопротивление при расходе жидкости 0,5 м/с, кПа	5,88
Аэродинамическое сопротивление при массовой скорости воздуха 8 кг/(м ² ·с), Па	372,60
Объем, л	8,0
Масса, кг	19,0



Перфорированные пластины и бачок

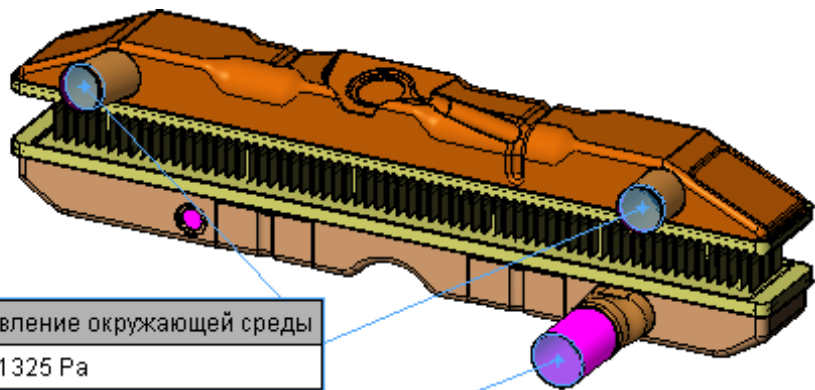


Многоуровневая модель



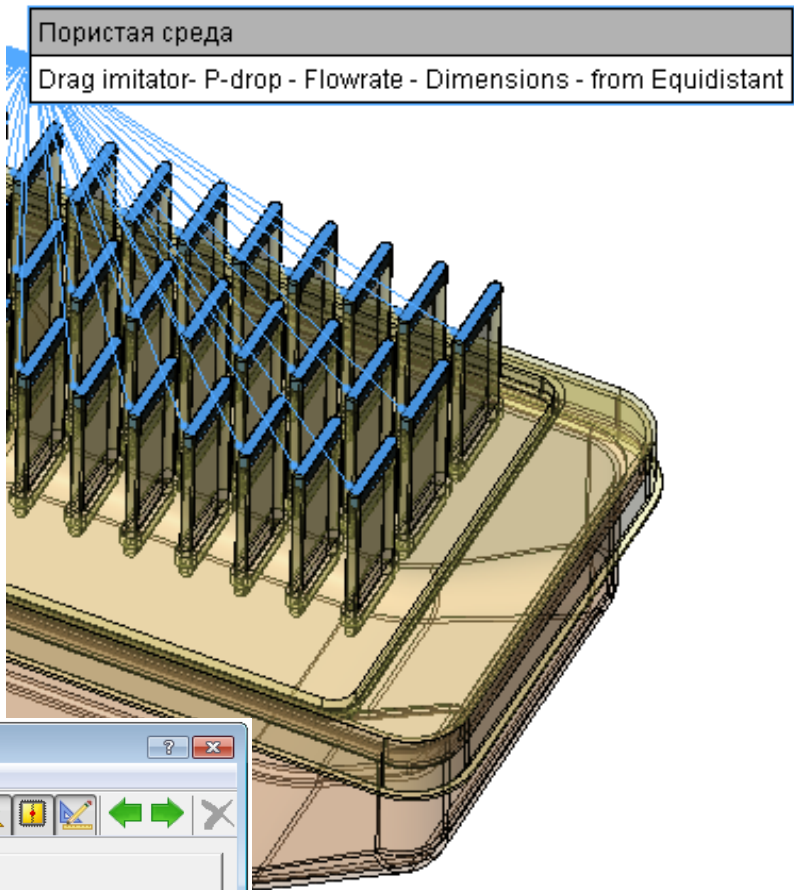
Сопротивление по воде

Замена реальных трубок короткими с компенсацией сопротивления



Давление окружающей среды
101325 Pa

Объемный расход на выходе
162 l/min



Инженерная база данных

Файл Изменить Вид Единицы измерения Справка

Дерево базы данных

- Перфорированные пл...
- Печатные платы
- Поверхности радиаци...
- Пользовательские па...
- Пористые среды
 - Предопределенны...
 - ЦАФ
 - Заданы пользова...
- Примеси
- Спектр излучения
- Теплообменники
- Термоэлектрические

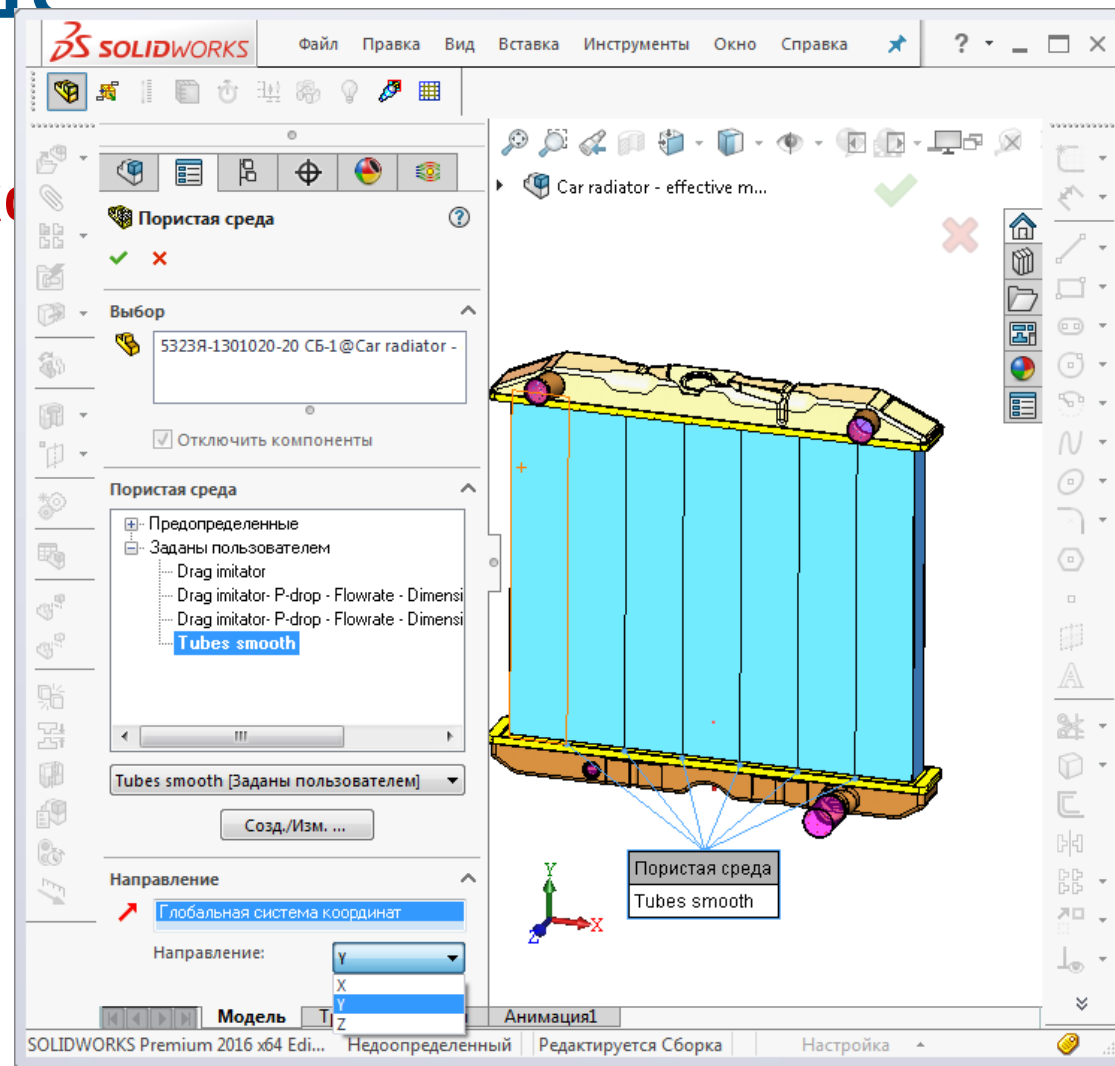
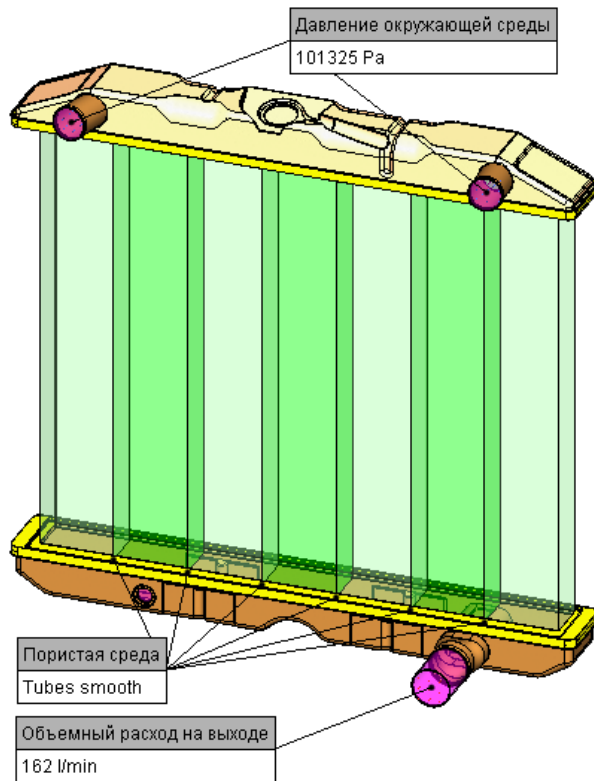
Элементы Свойства элемента Таблицы и графики

Свойство	Значение
Имя	Drag imitator- P-drop - Flowrate - Dimensions - from f
Комментарии	
Пористость	1
Тип проницаемости	Однонаправленная
Форма задания сопротивления	Перепад давления, расход, размеры
Перепад давления относительно расхода	Объемный расход
Длина	0.005 m
Площадь	2.82e-005 m^2
Использовать масштаб турбулентности	<input type="checkbox"/>
Использовать калибровочную вязкость	<input type="checkbox"/>
Использовать калибровочную плотность	<input type="checkbox"/>
Теплопроводность пористого каркаса	<input type="checkbox"/>

Drag imitator- P-drop - Flowrate - Dimensions - from f AAA

Сопротивление по воде

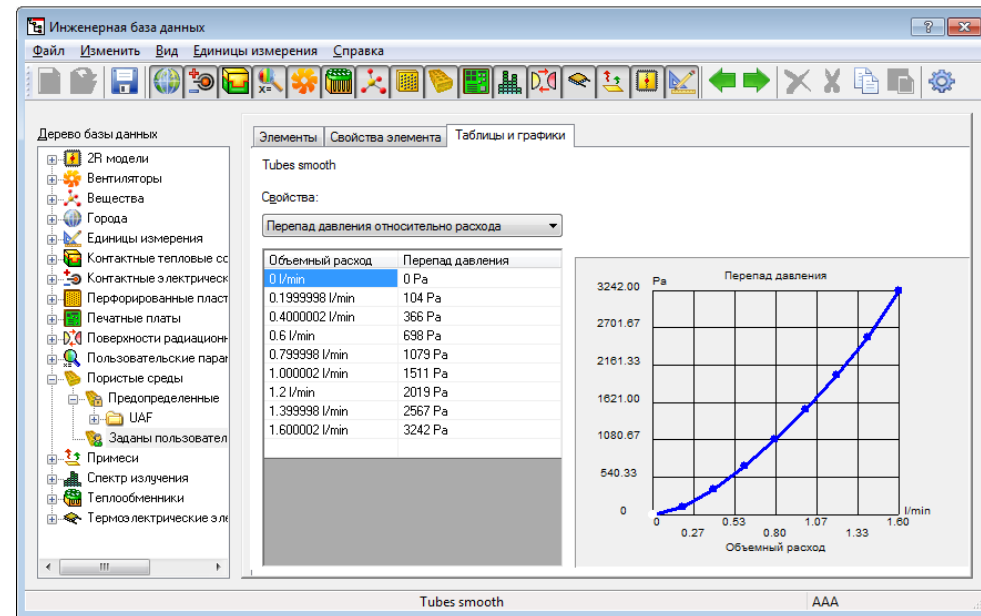
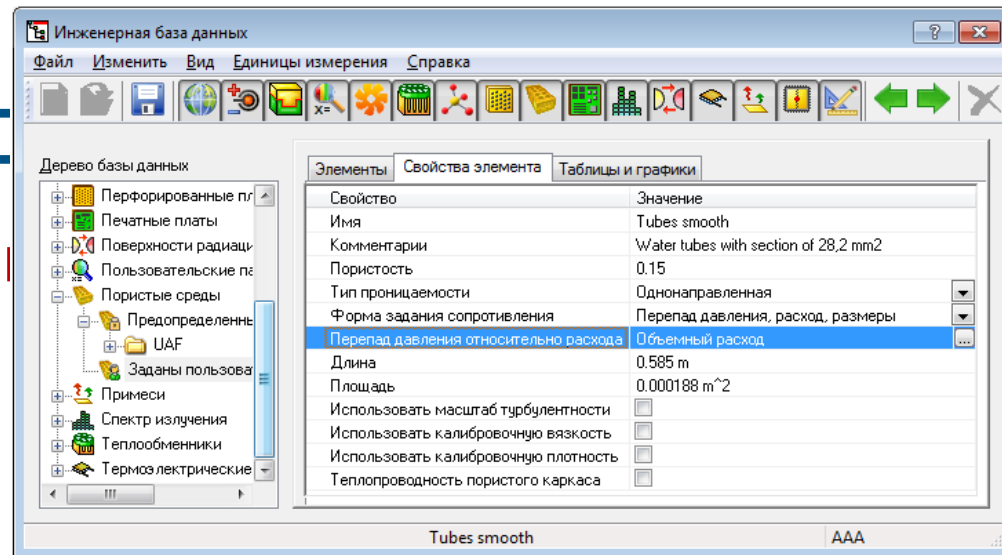
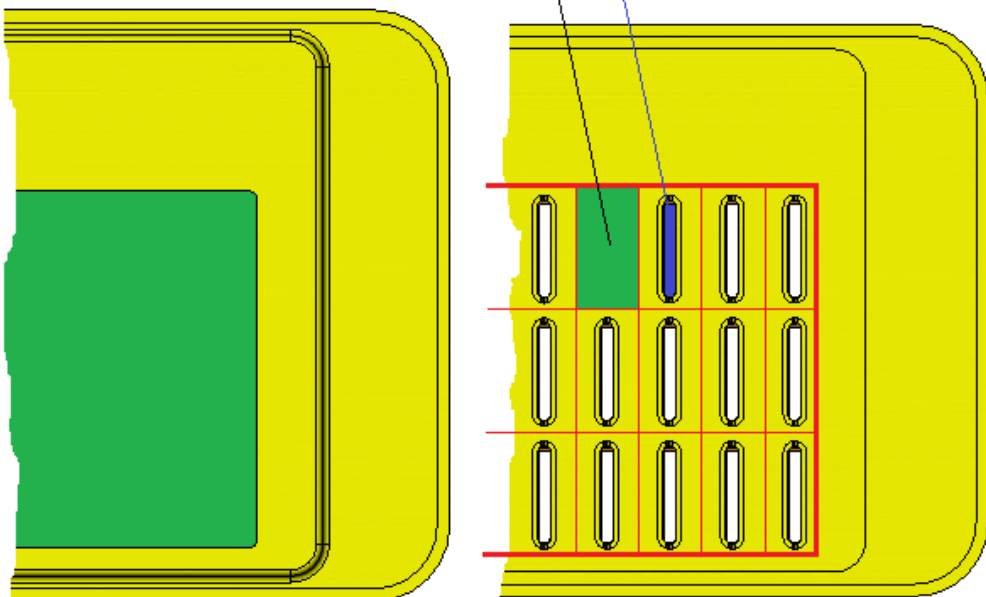
Замена совокупности трубок
проницаемым анизотропным блоком



Сопротивление по вод

Эквивалентная среда для «блока» труб

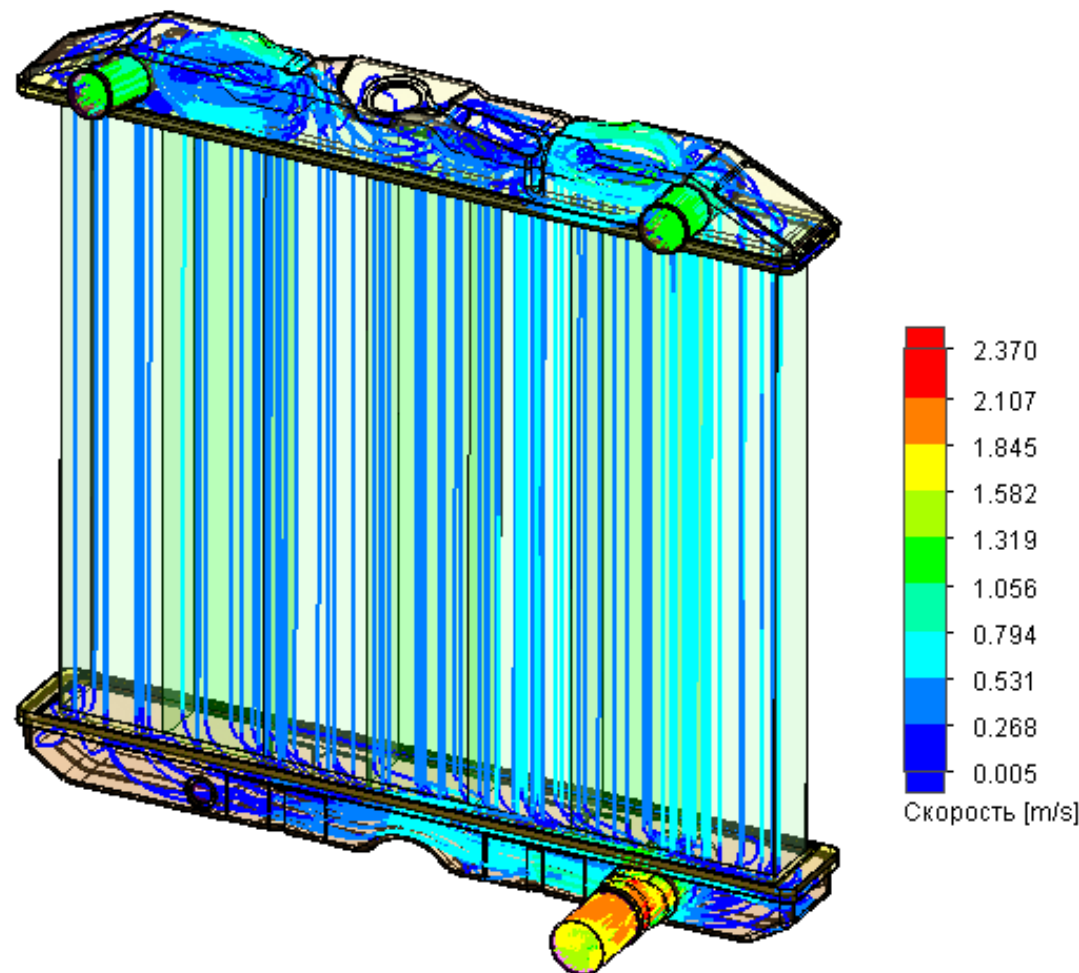
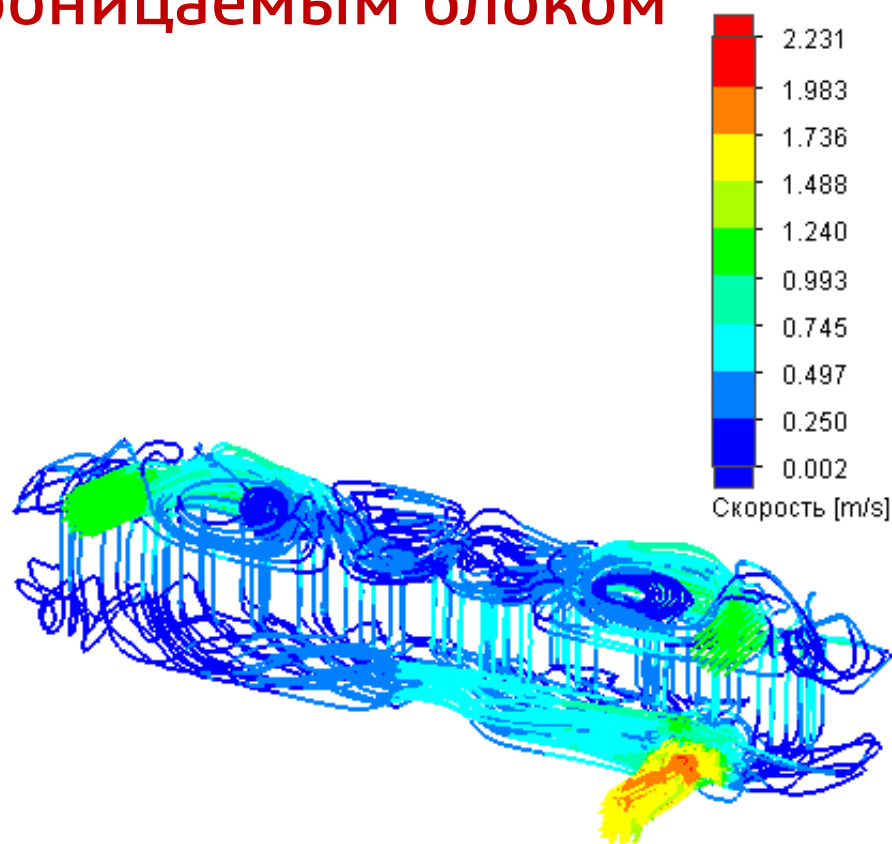
Фактическая площадь трубки
Площадь, приходящаяся на одну трубку



Сопротивление по во

Линии тока со скоростью в модели с укороченными трубками и с проницаемым блоком

Гидравлическое сопротивление, испытание 5880 Па				
	Проницаемый блок		Сопротивления в трубках	
	Сетка редкая	Сетка плотная	Сетка редкая	Сетка плотная
Число ячеек	389934	1315627	746018	4715746
dP, Па	3294	3649	4202	3982



Сопротивление по воздуху и

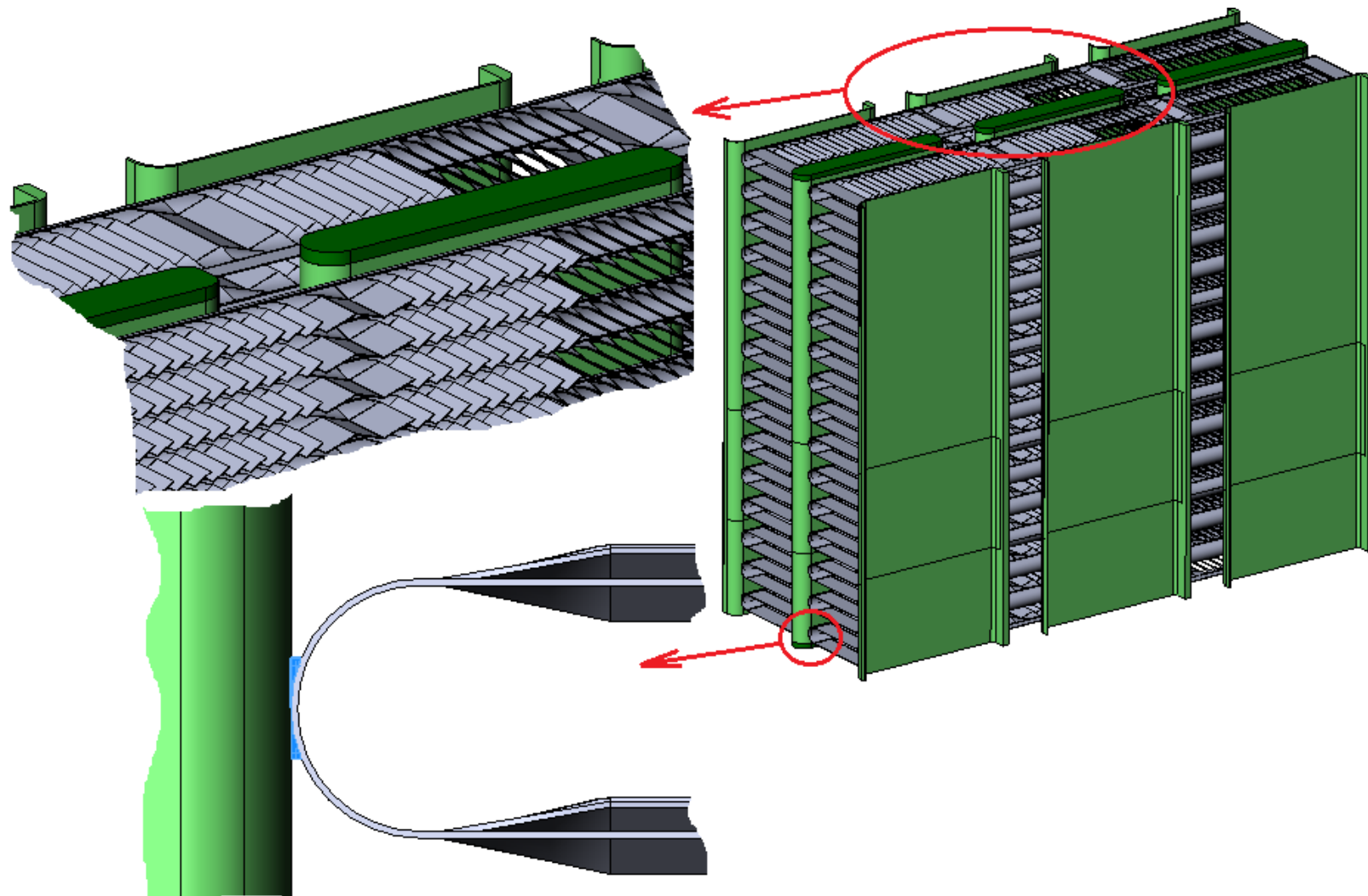
теплоотдача

Элементарная

ячейка -

геометрическая

модель



Сопротивление по воздуху и

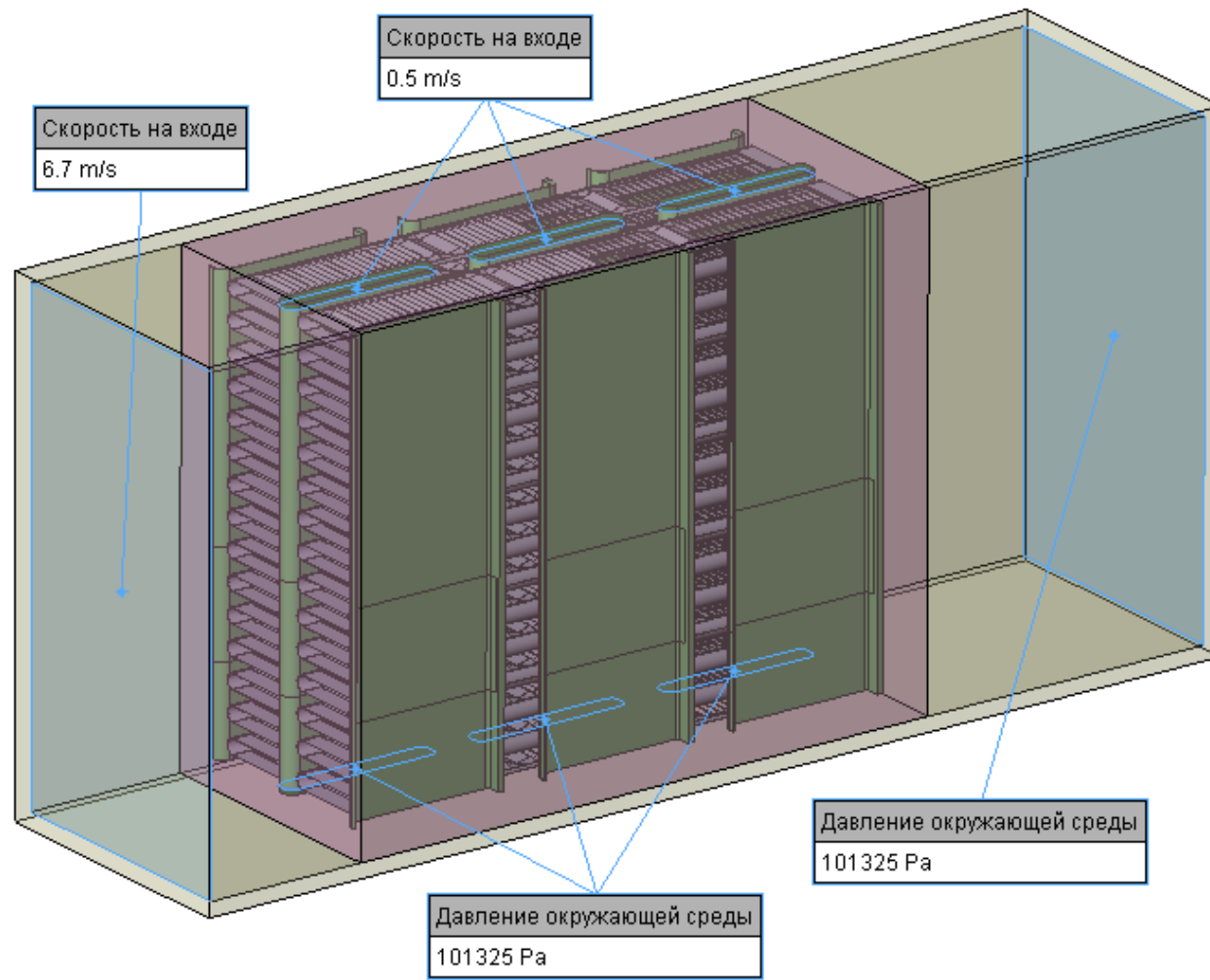
теплоотдача

Элементарная

ячейка -

граничные

условия



Сопротивление по воздуху и

теплоотдача

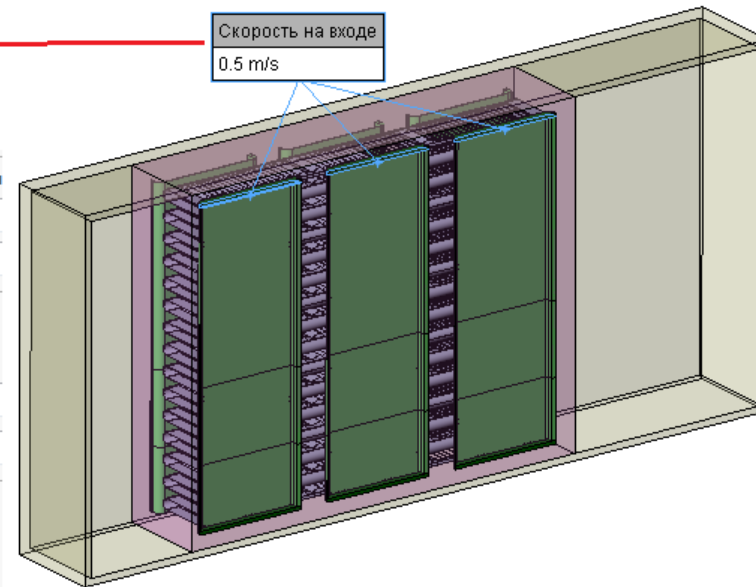
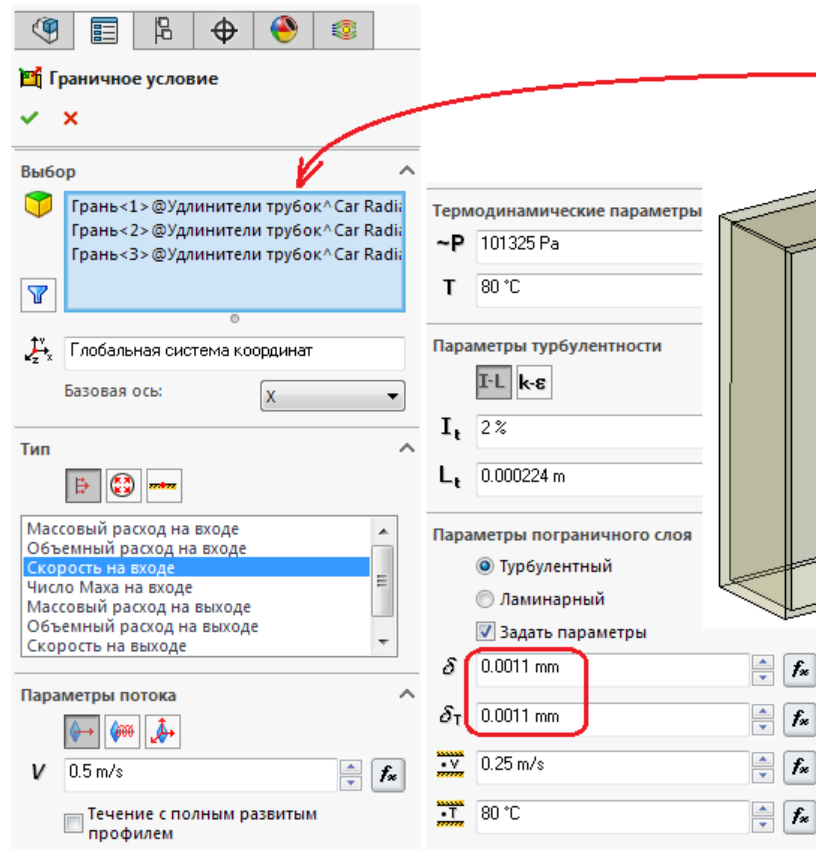
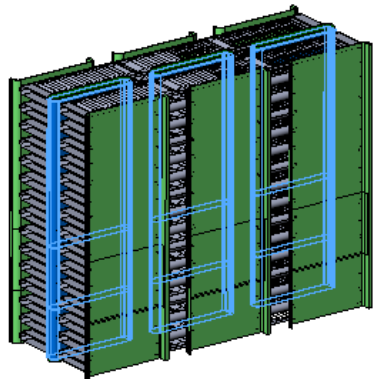
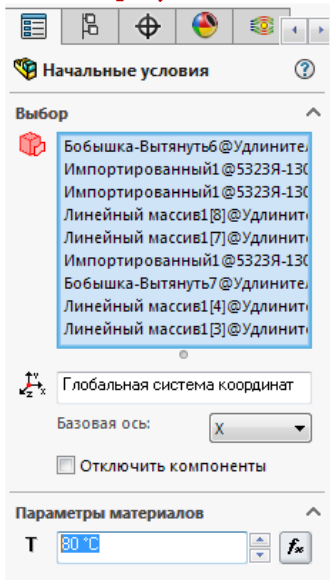
Граничные условия по

воде на входе

и начальные по

температуре для

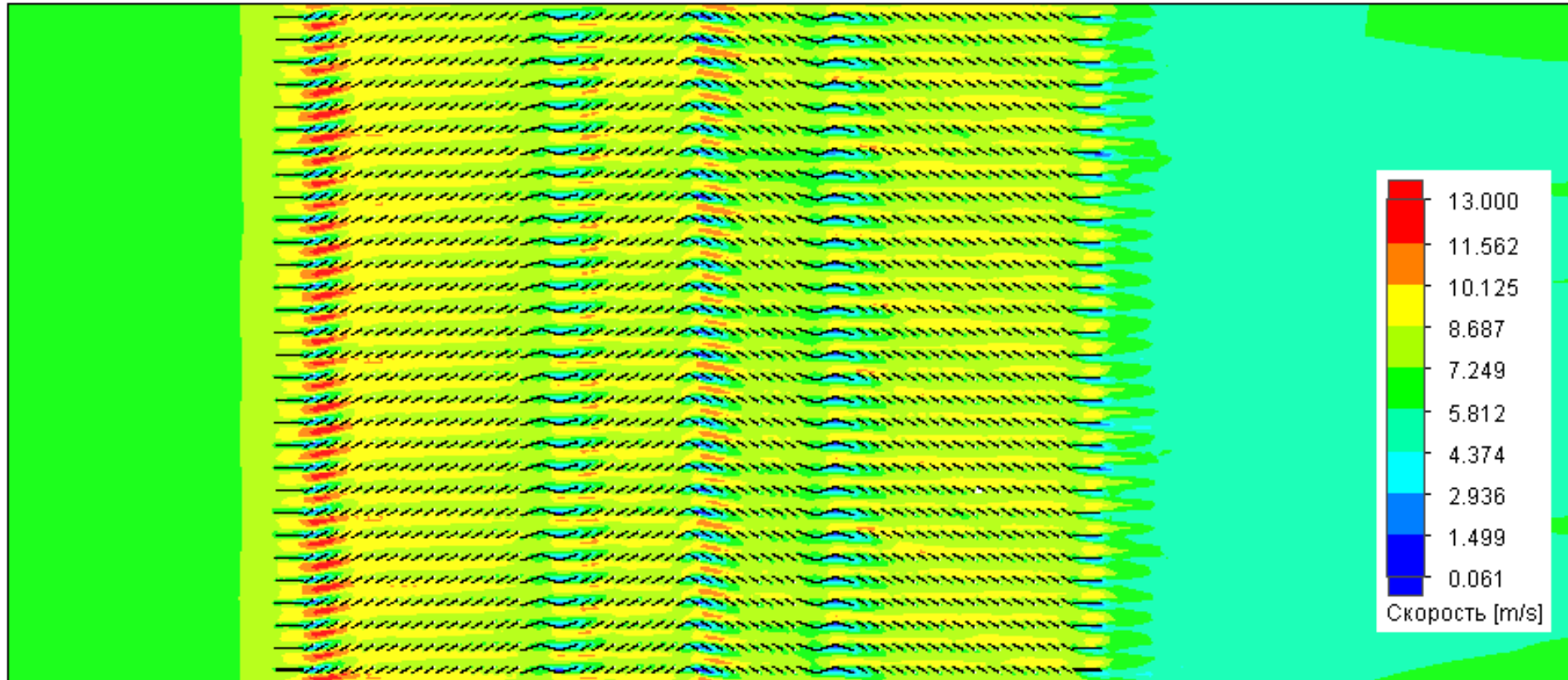
трубок



Сопротивление по воздуху и

теплоотдача

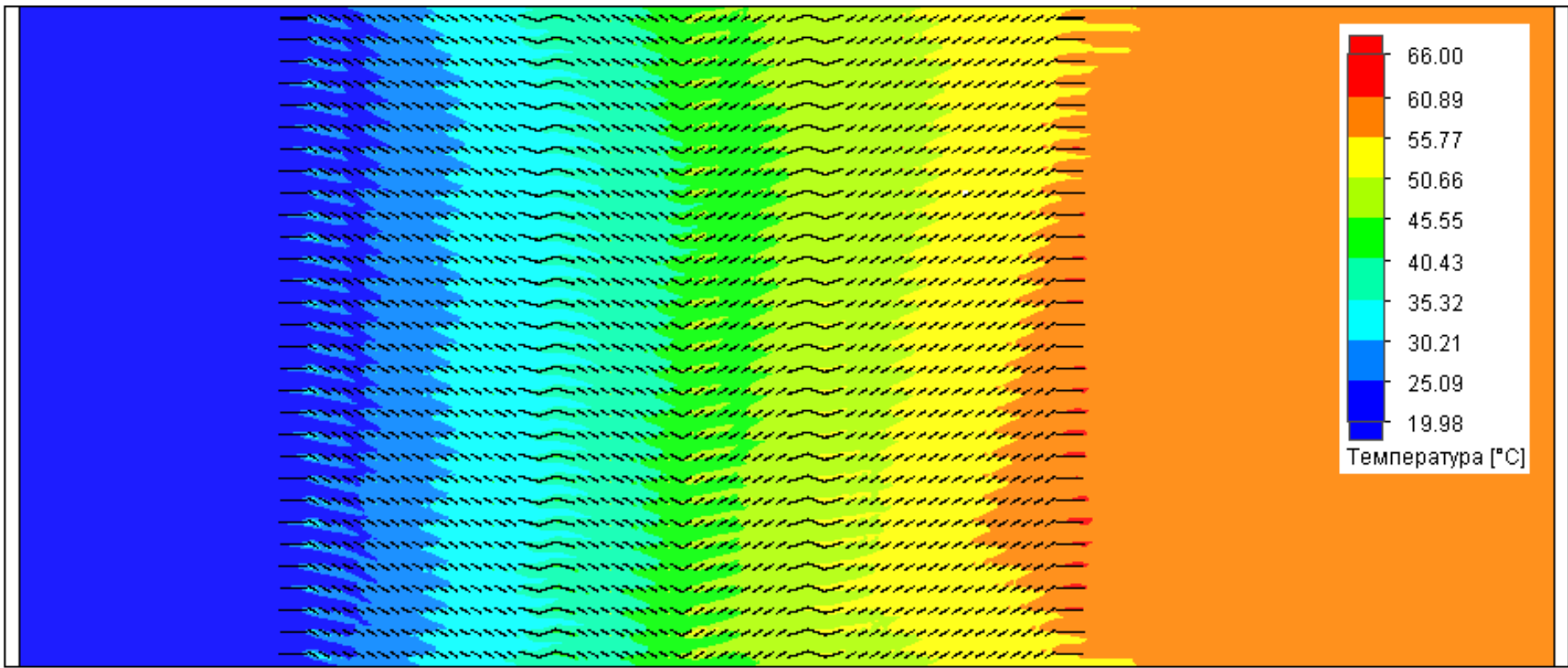
Скорость воздуха в продольном вертикальном сечении, проходящем через пластины



Сопротивление по воздуху и

теплоотдача

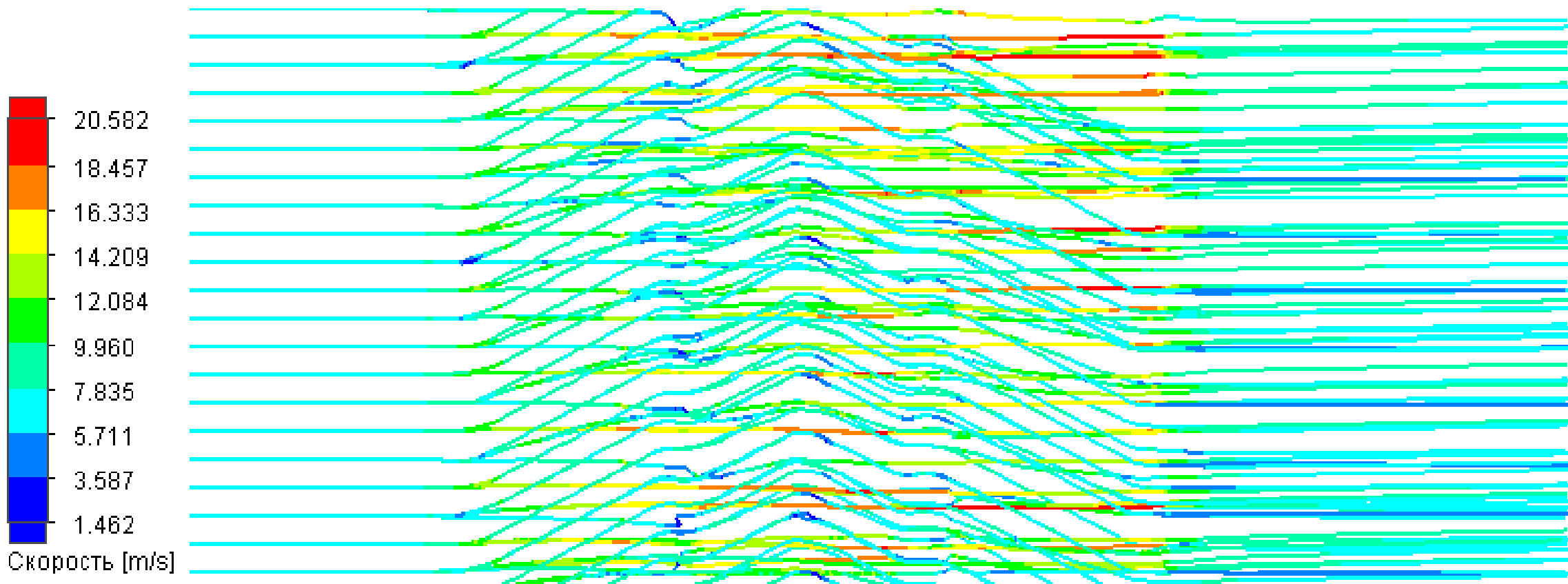
Температура в сечении, проходящем через пластины



Сопротивление по воздуху и

теплоотдача

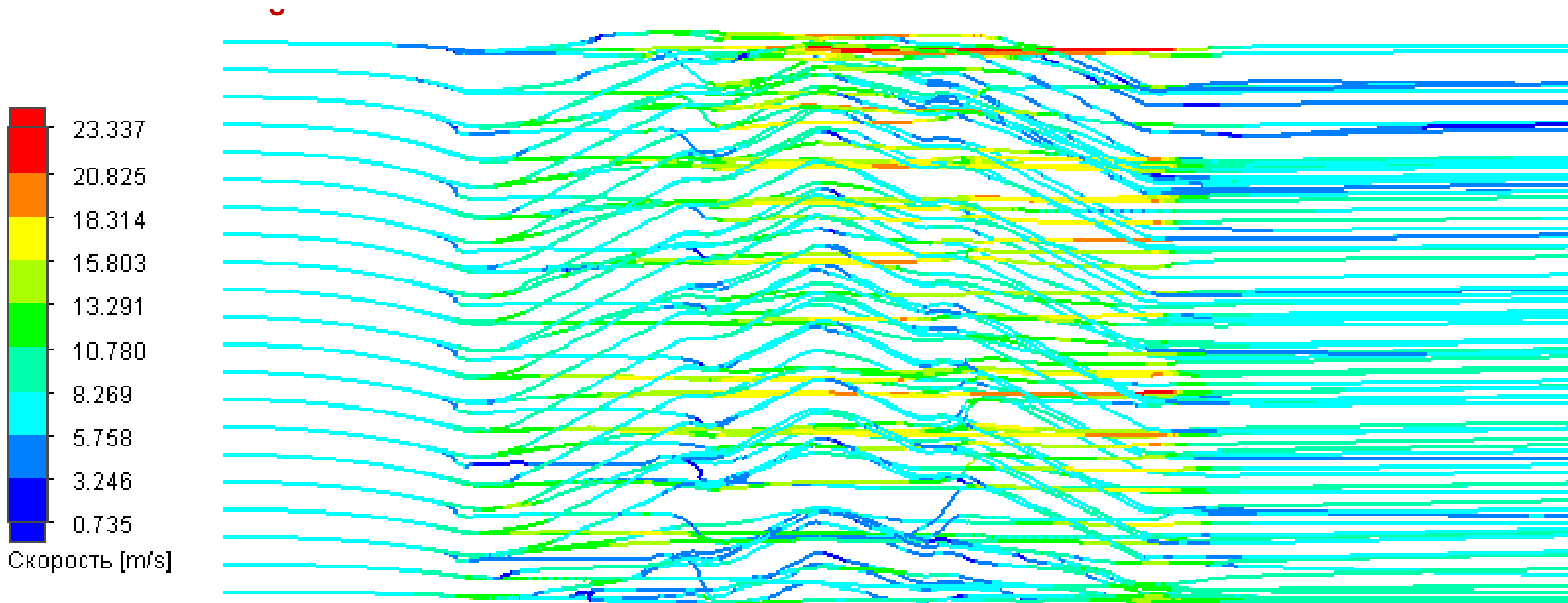
Линии тока в модели с периодической симметрией



Сопротивление по воздуху и

теплоотдача

Линии тока в модели с симметрией относительно



Сопротивление по воздуху и

теплоотдача

Мощность ячейки 139,6 Вт

Поверхностные цели

Выбор

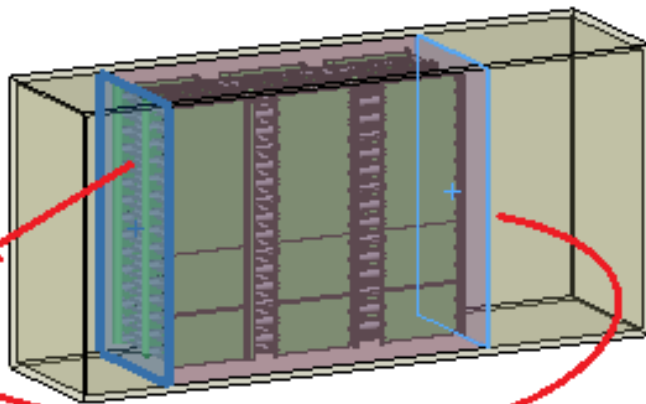
- Грань<1> @Труба^ Car Radiator - un
- Грань<2> @Труба^ Car Radiator - un

Параметр

Конвективный тепловой поток

Опции

Использовать для контроля сходимости



Распределение мощности между рядами трубок по ходу потока воздуха, %

1	43
2	33
3	24



Мощность

Суммарный тепловой поток и мощнос

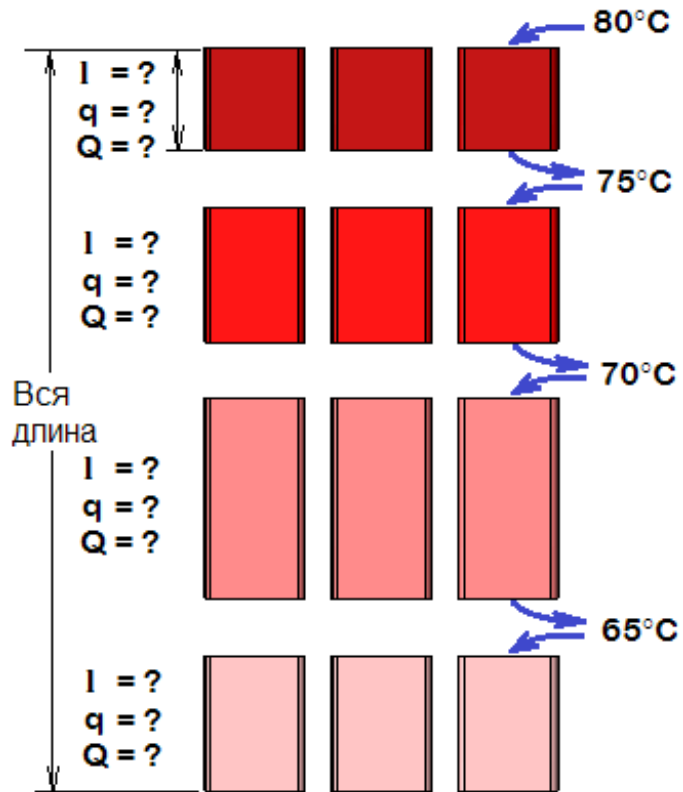
Выражение

-{Convective Heat Flow}

Сопротивление по воздуху и

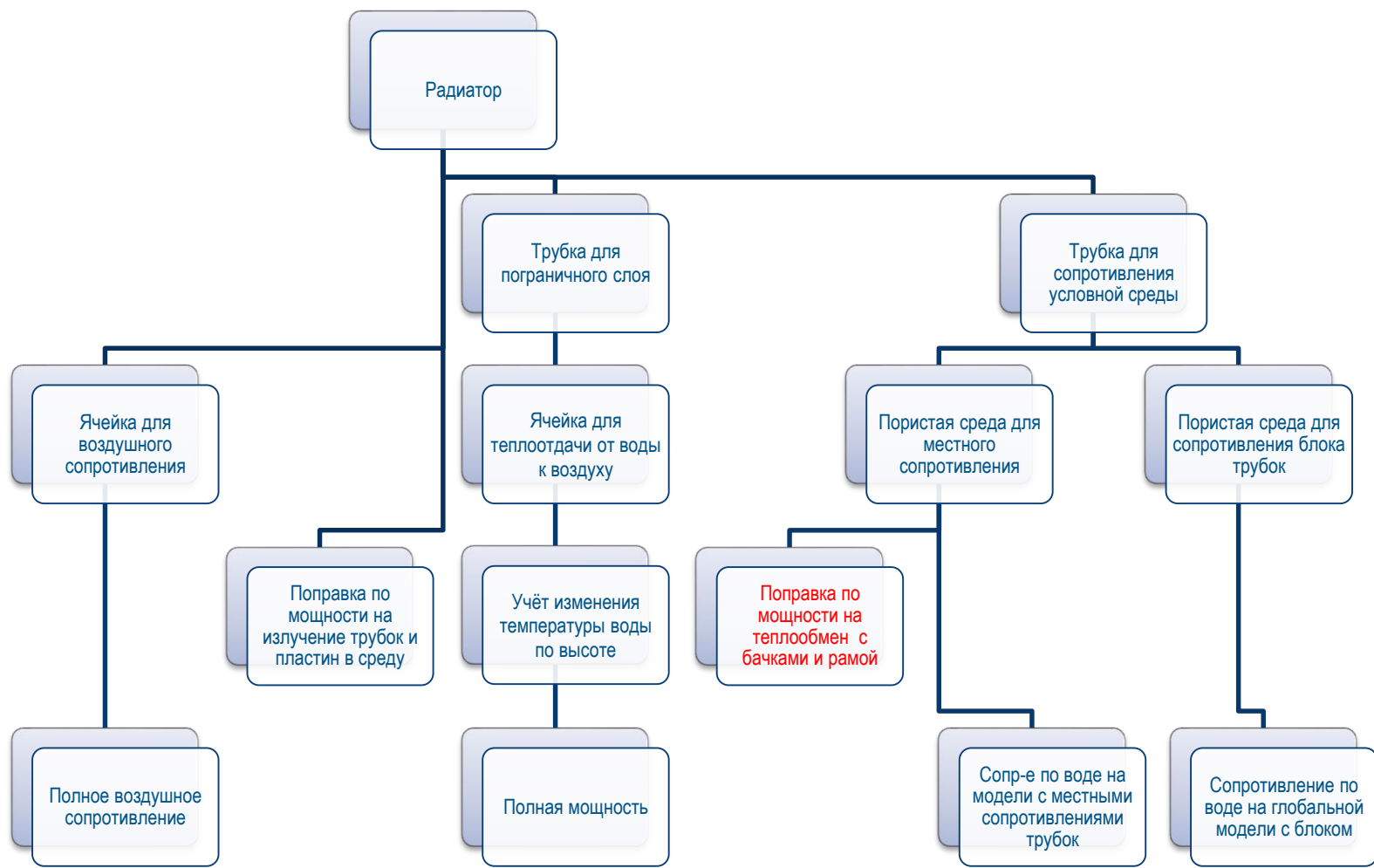
теплоотдача

Расчёт мощности с учётом изменения температуры по



Температура	60	65	70	75	80	85
Снижение на 45,1 мм (высота ячейки), °C	1,29	1,44	1,58	1,73	1,87	2,01
Снижение, °/мм		0,0277	0,0335	0,0367	0,0399	0,043
Чтобы снизилась на 5°, нужна длина, мм		220	149	136	125	116
Длина с накоплением сверху, мм		410+220=610 «лишняя» длина будет 565-410=155	261+149=410	125+136=261	125	
Теплоотдача ячейки q, Вт	92,3	104,0	115,9	127,7	139,6	151,5
Теплоотдача ячейки, средняя на интервале q, Вт		98,2	110	122	128	146
Площадь зоны фактическая, мм ²		681,2×35 = 23842	681,2×192 = 130790	681,2×176 = 119891	681,2×162 = 110354	
В фактической зоне ячеек		52	284	260	110354/460 = 240	
Мощность зоны Q, Вт		5106	31240	31720	240×137 = 30720	
Итого		98,3 кВт				

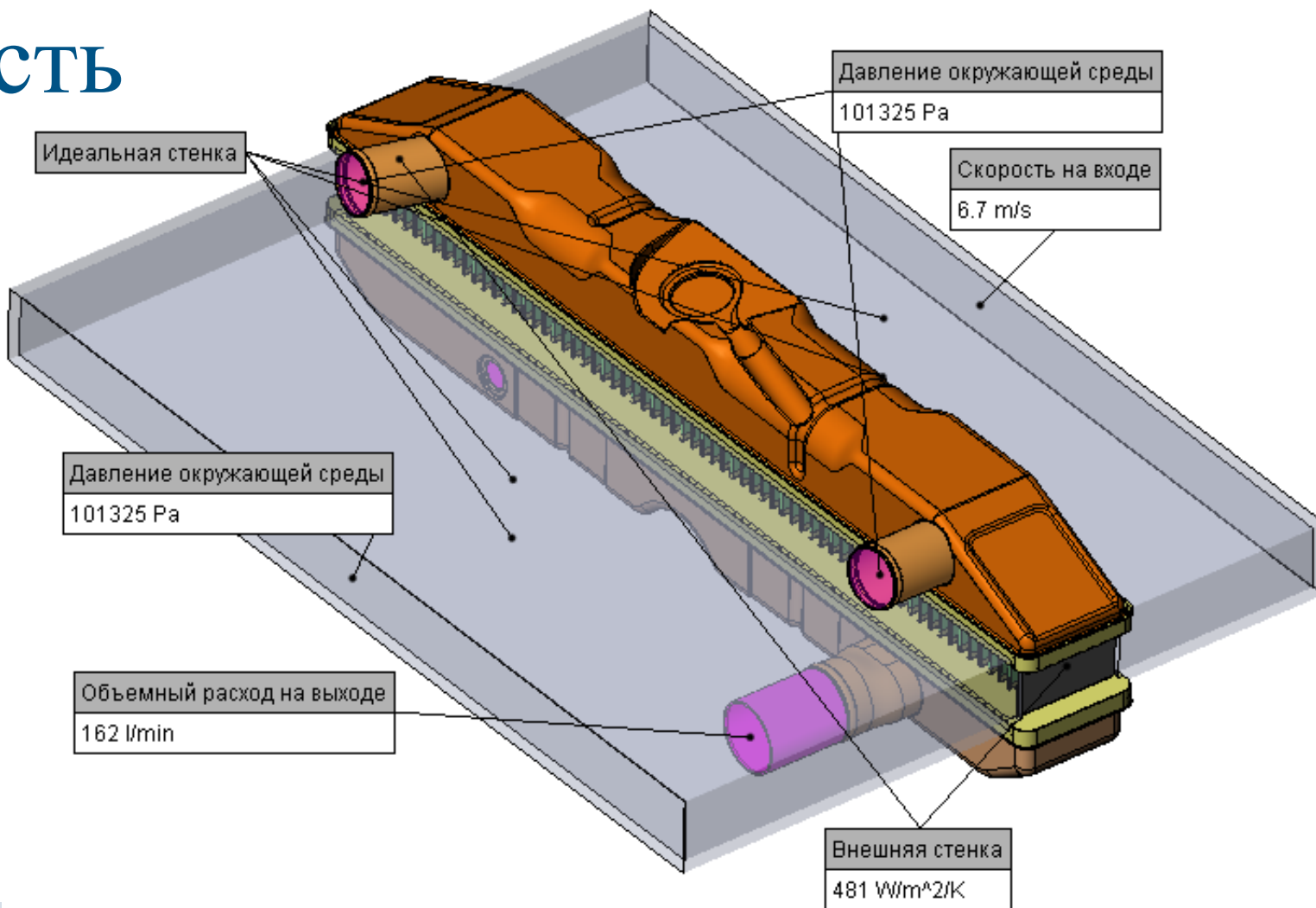
Вклад теплообмена с бачками и рамой в общую МОЩНОСТЬ



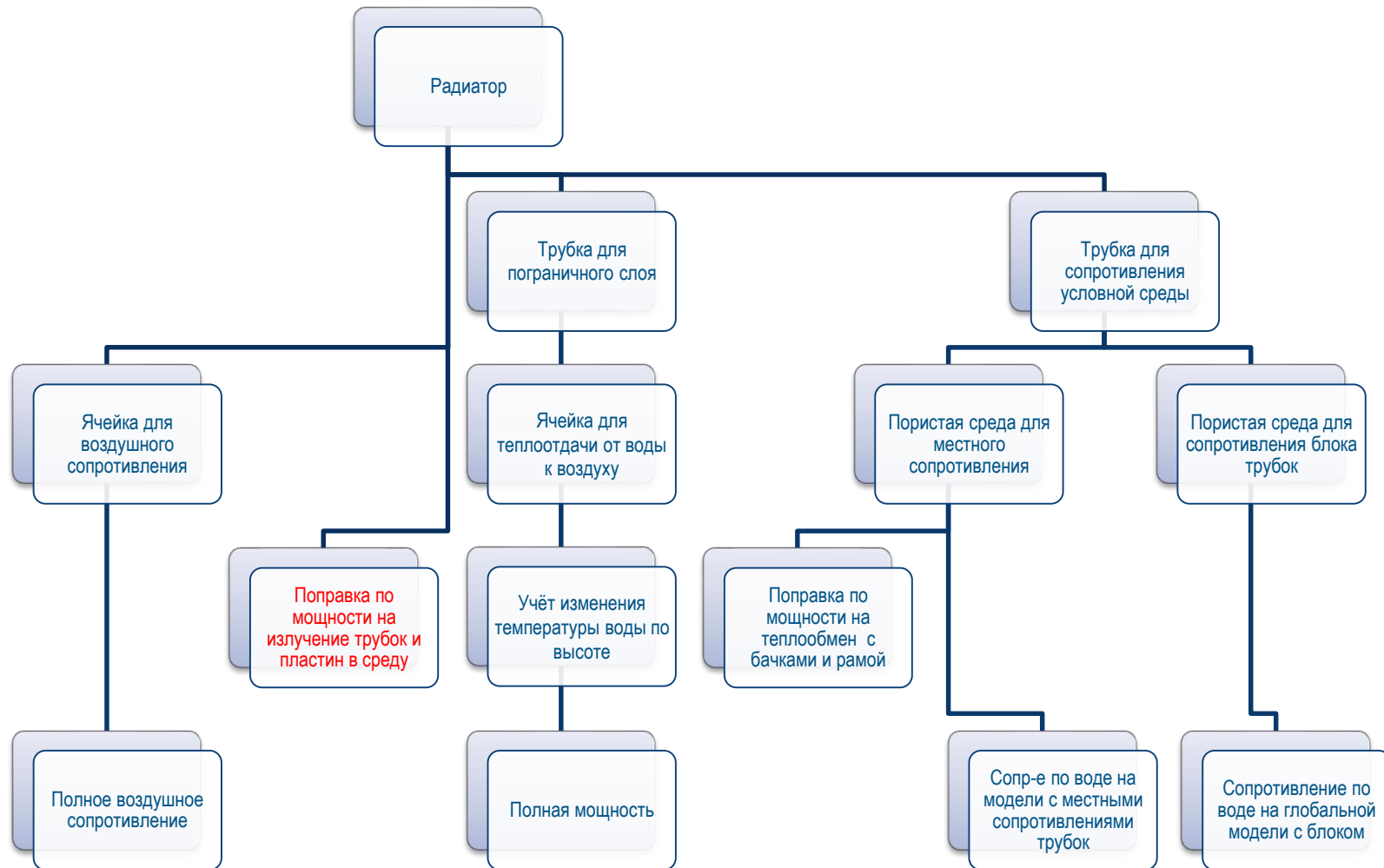
IDS.COM/SOLIDWORKS © Dassault Systèmes | Confidential Information | 11/20/2019 | ref.: 3DS_Document_2014

Вклад теплообмена с бачками и рамой в общую мощность

Расчётная
геометрическая
модель с граничными
условиями

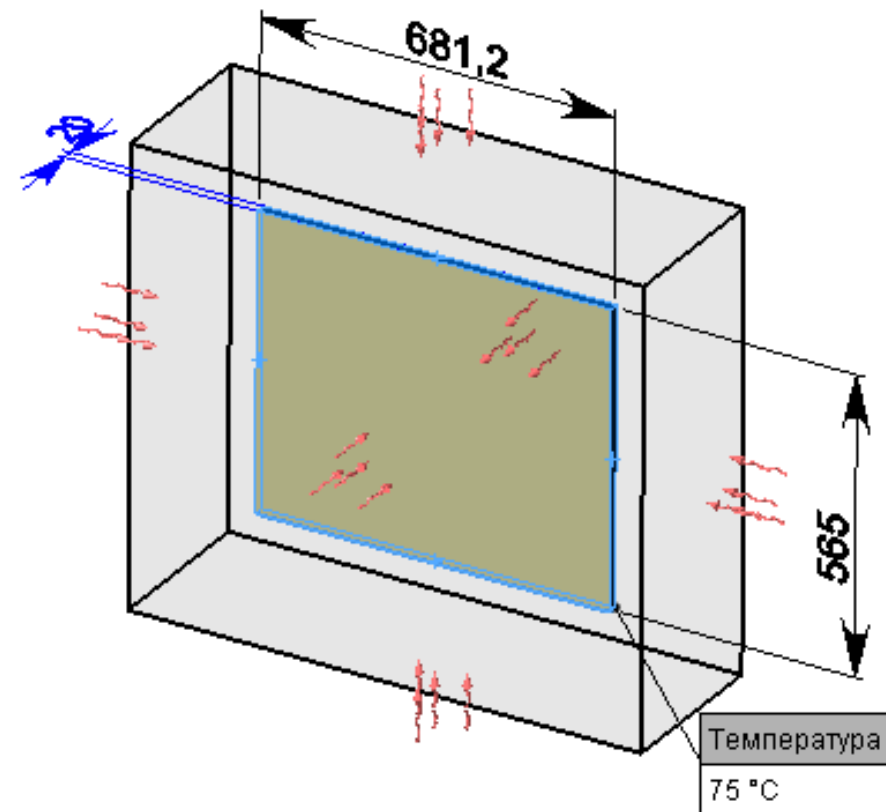
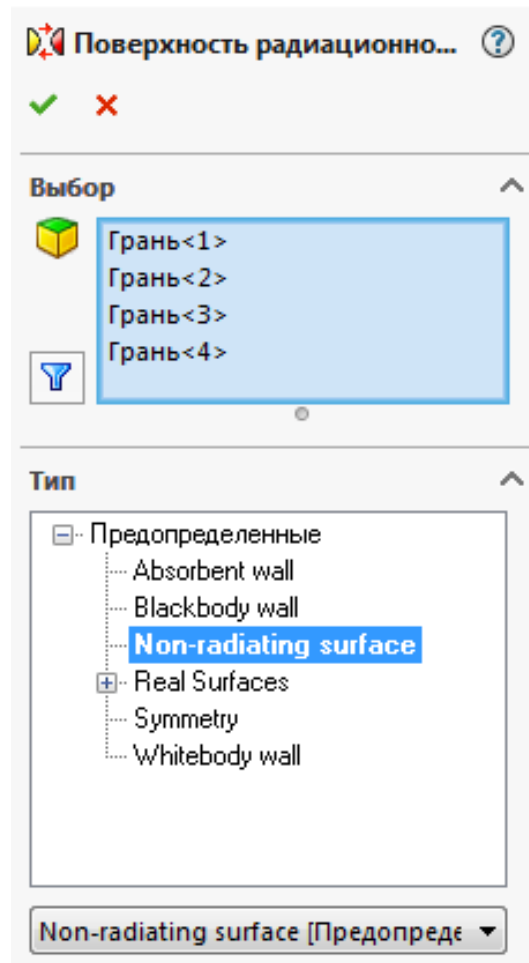


Вклад излучения наружу в общую мощность



Вклад излучения наружу в общую МОЩНОСТЬ

Геометрическая
модель с расчётной
областью и условиями
на боковых стенках



Составляющие теплоотдачи и интегральные характеристики радиатора

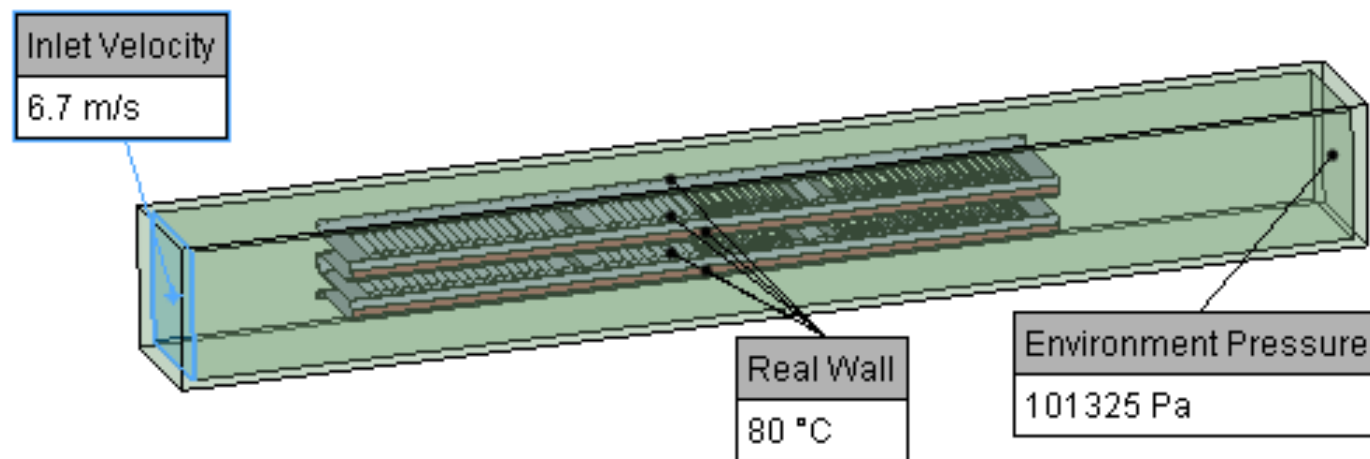
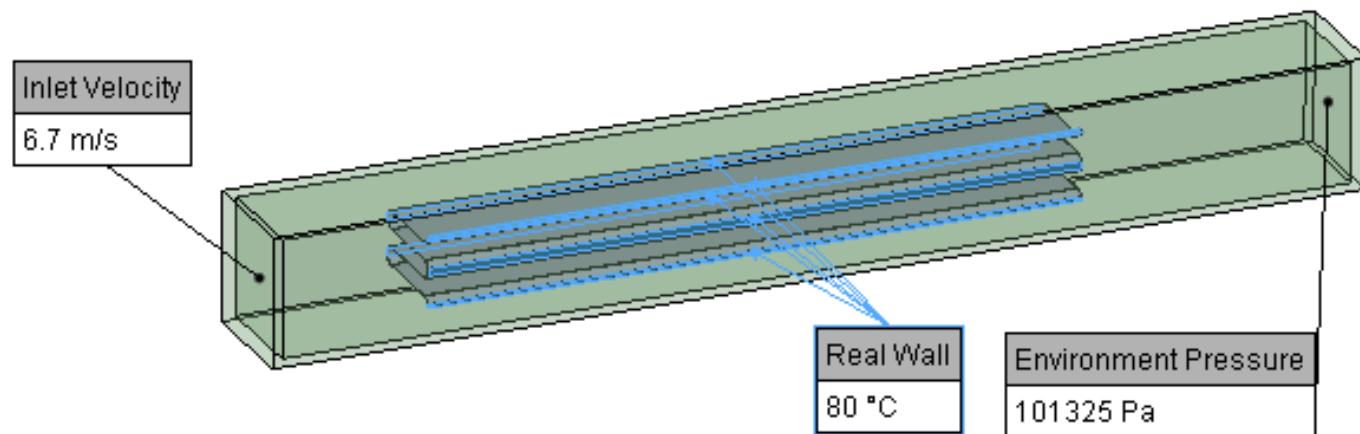


	Вклад в теплоотдачу, кВт
Теплообмен трубок и пластин с воздухом	98,3
Теплообмен трубок и пластин излучением с окружением	0,15
Теплообмен бачков и рамы с воздухом и излучением с окружением	1,06

	Испытание	Расчёт
Теплоотдача, кВт	116	99,5
Гидравлическое сопротивление, Па	5880	3980
Аэродинамическое сопротивление, Па	373	447

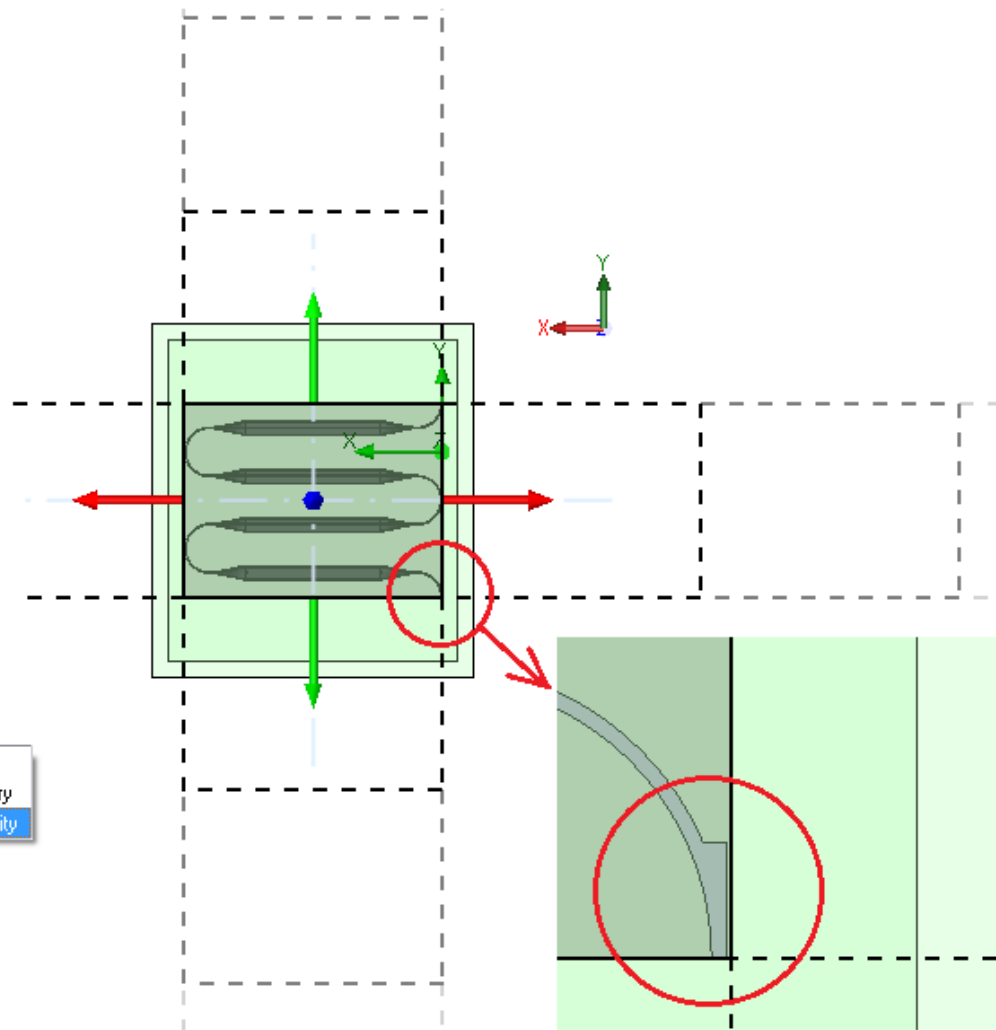
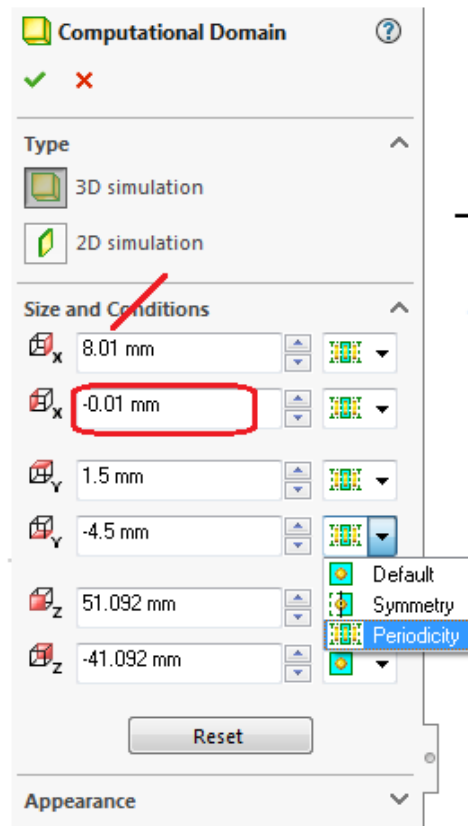
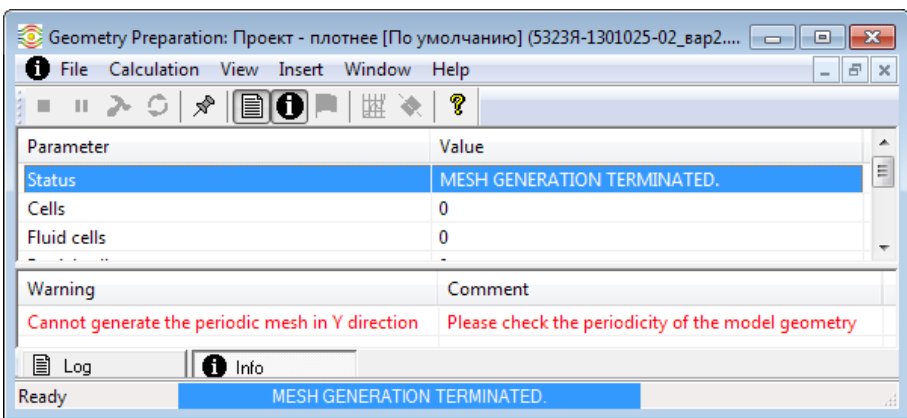
Анализ эффективности жалюзи на пластинах

Сравнение пластин
плоских и
перфорированных



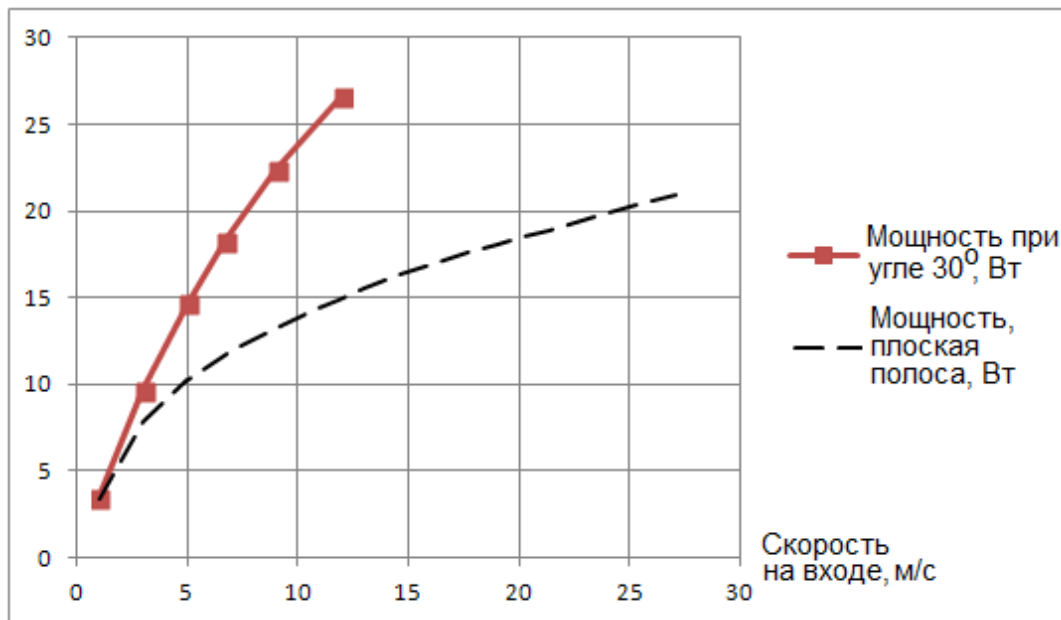
Учёт условий периодичности в расчётном домене

IDS.COM/SOLIDWORKS © Dassault Systèmes | Confidential Information | 11/20/2019 | ref.: 3DS_Document_2014

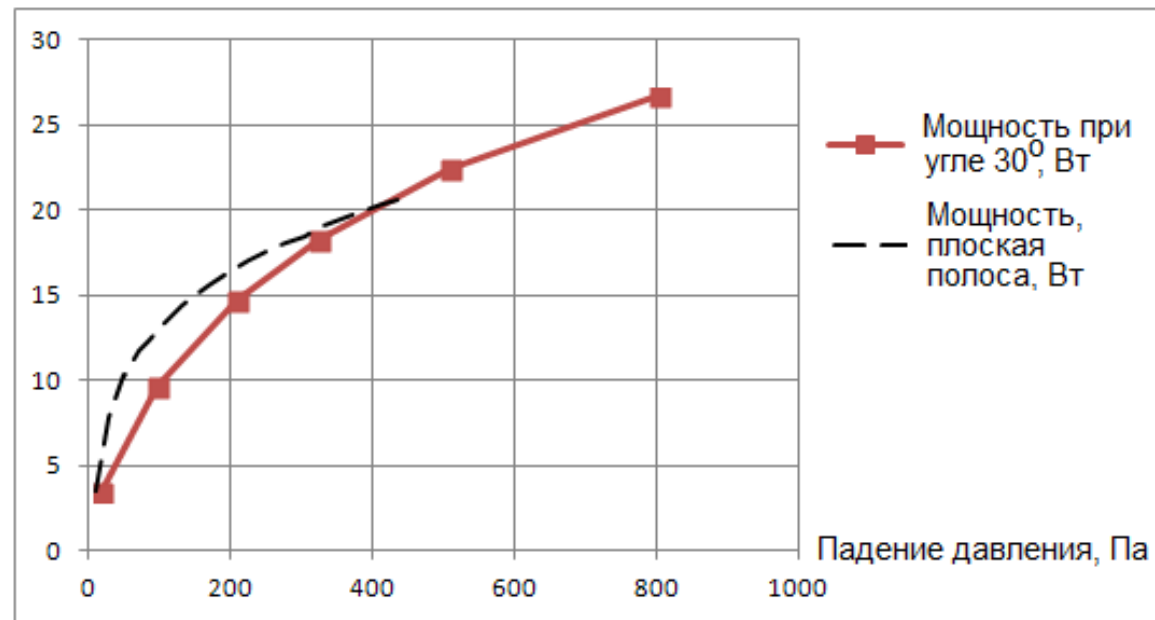


Анализ эффективности жалюзи на пластинах

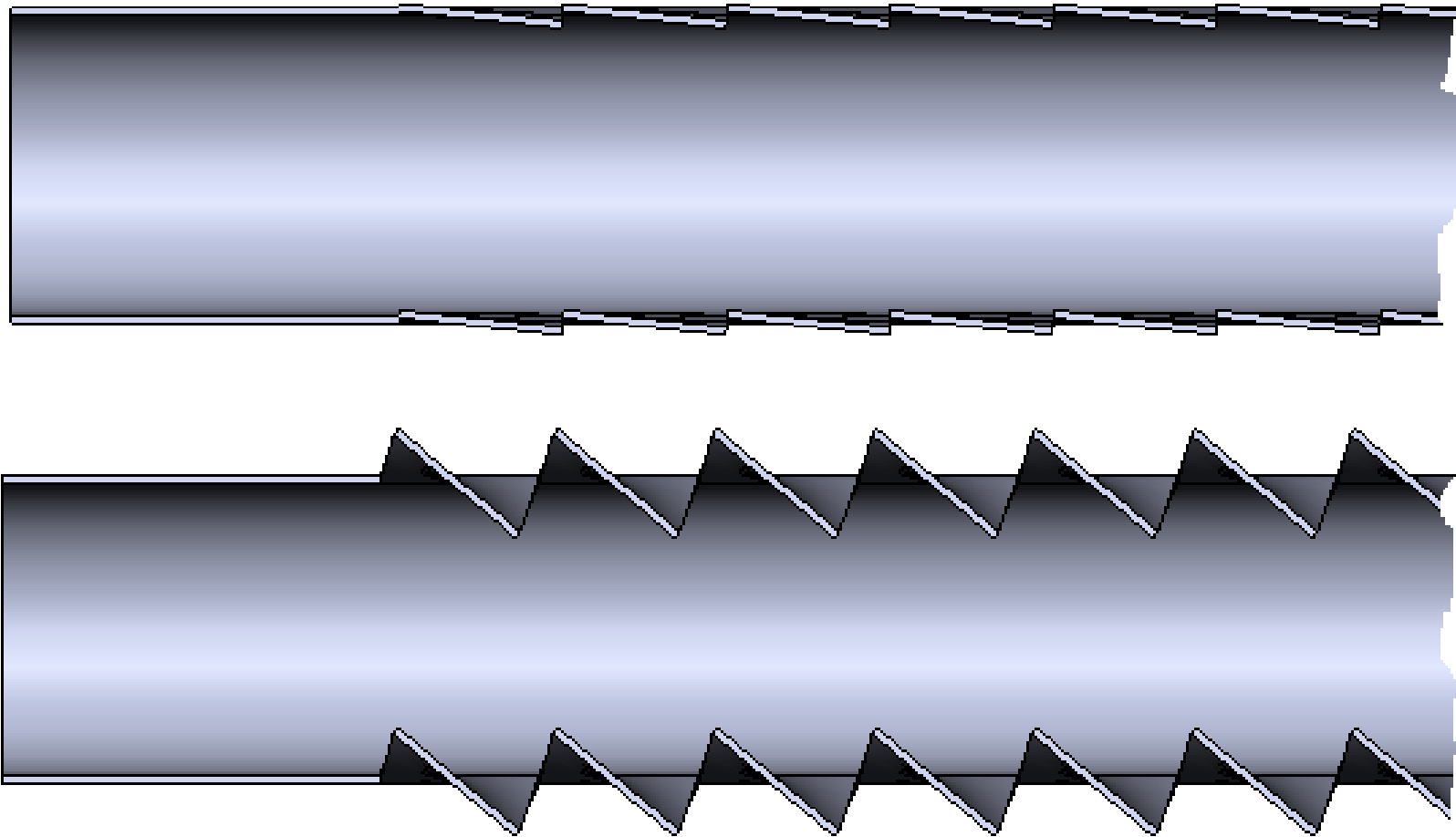
Управляющий параметр – скорость



Управляющий параметр – разность давлений

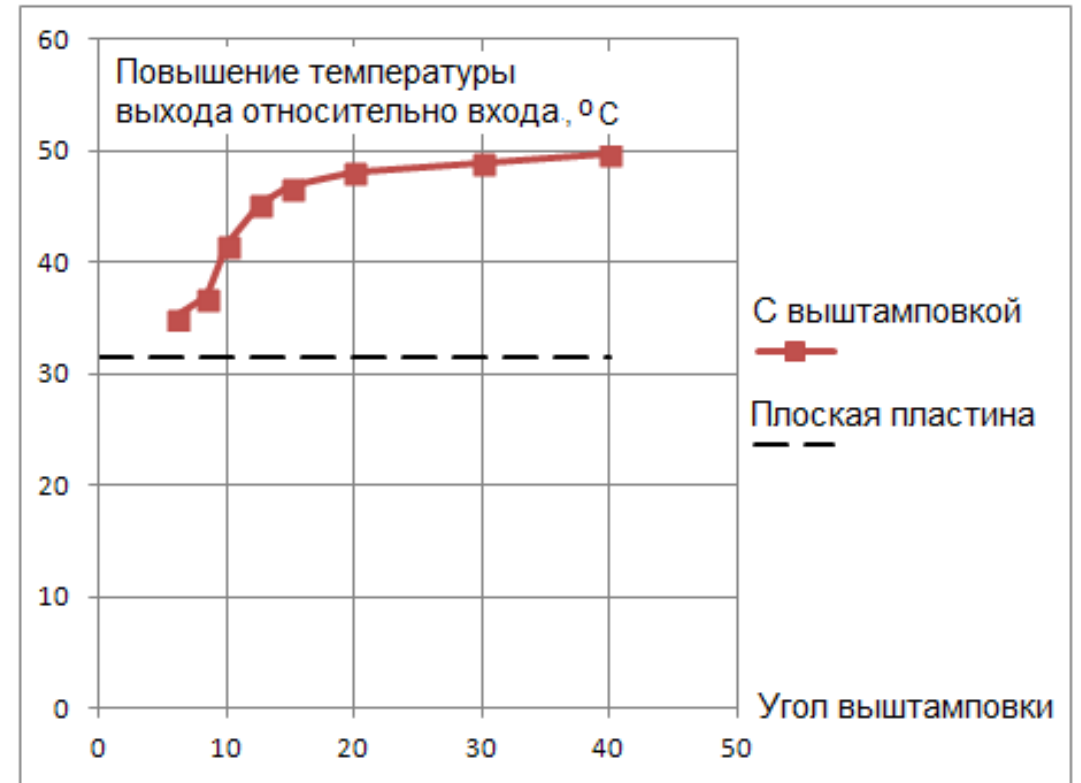
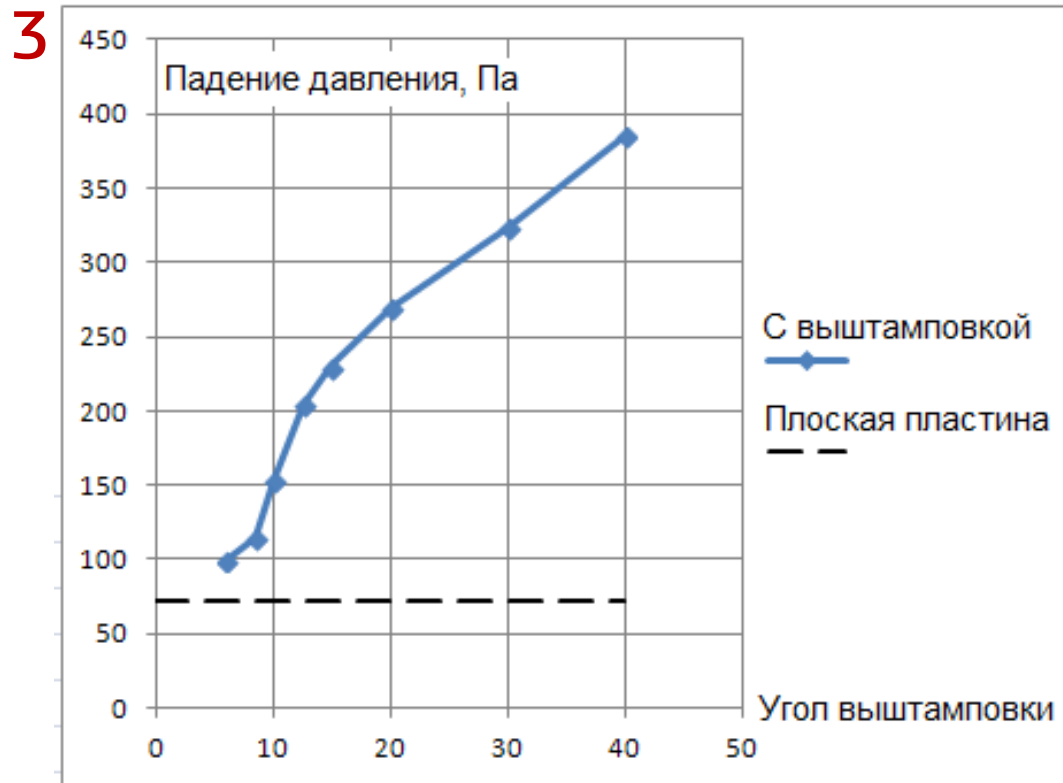


Анализ эффективности в зависимости от угла жалюзи

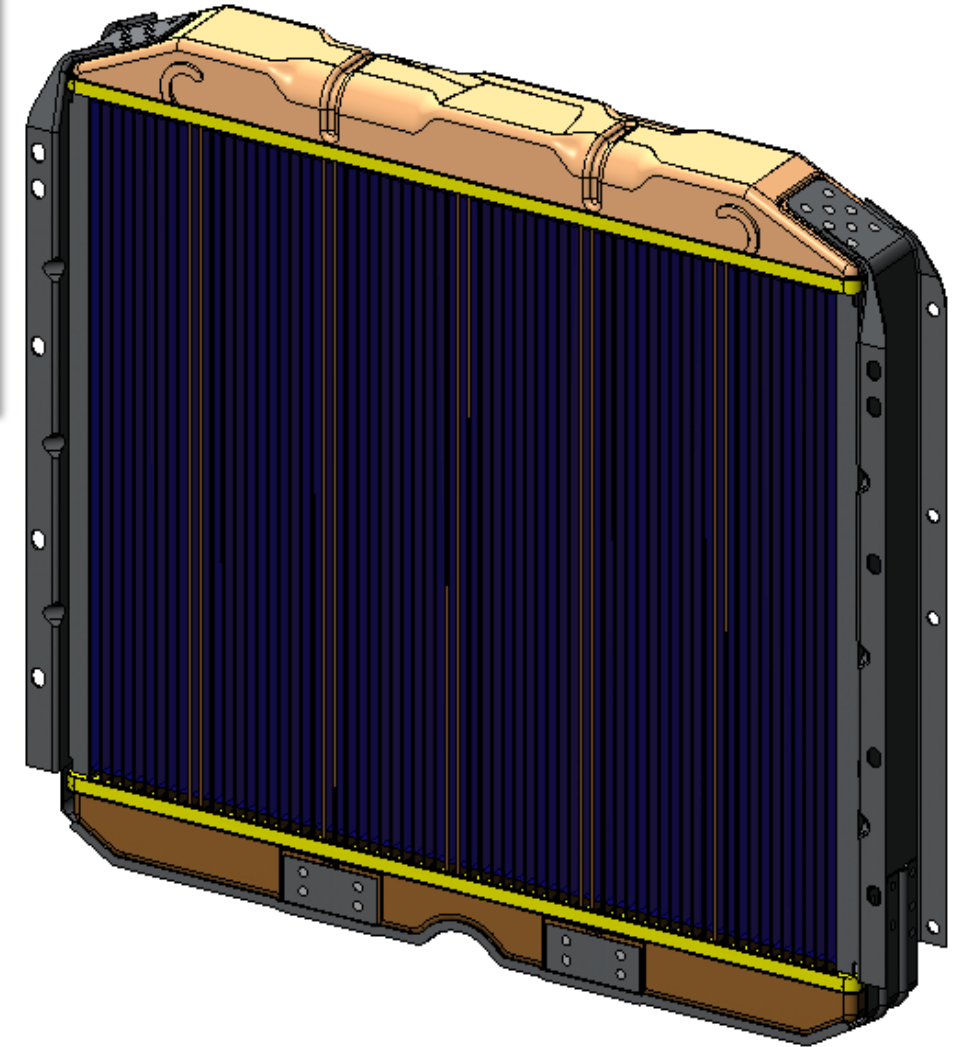
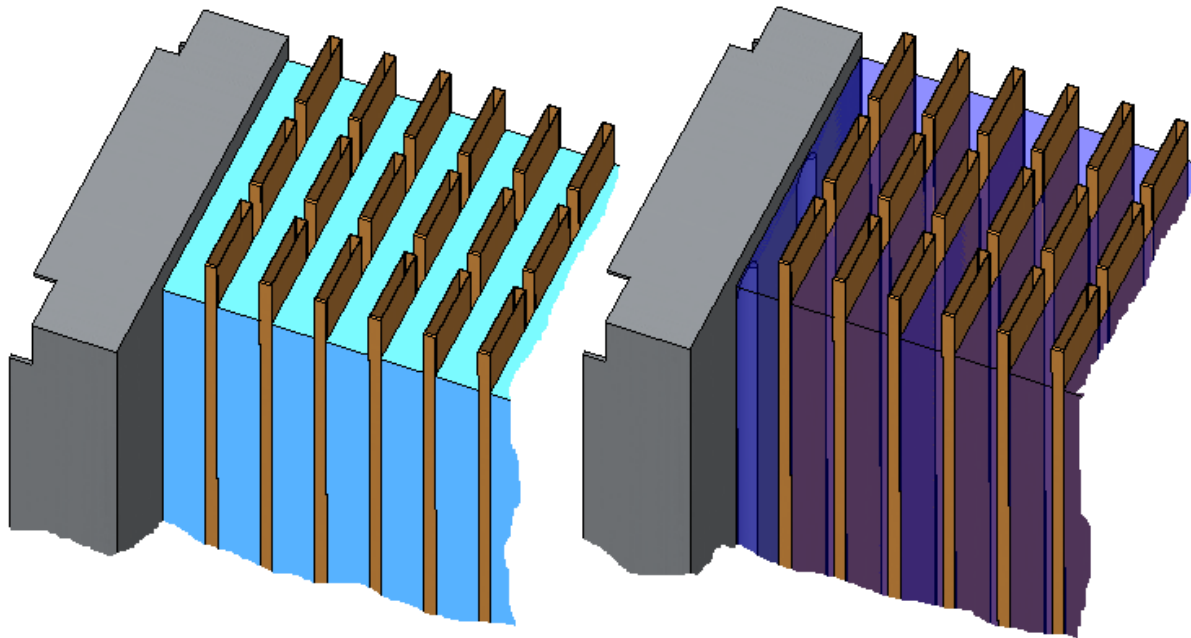


Анализ эффективности в зависимости от угла жалюзи

Есть ощущение, что угол 15 ...20° несколько лучше, чем начальный

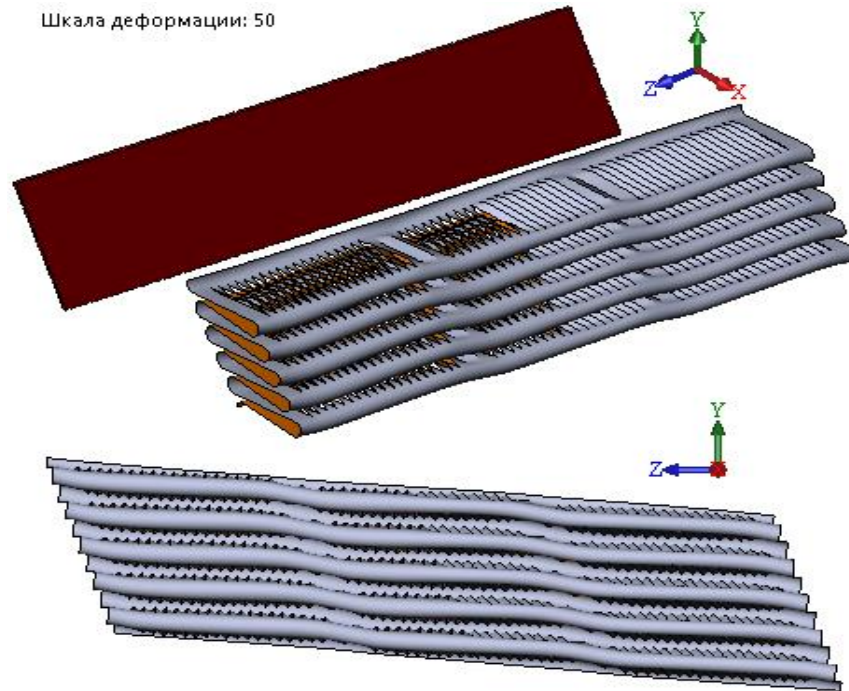


Модель - термоупругость

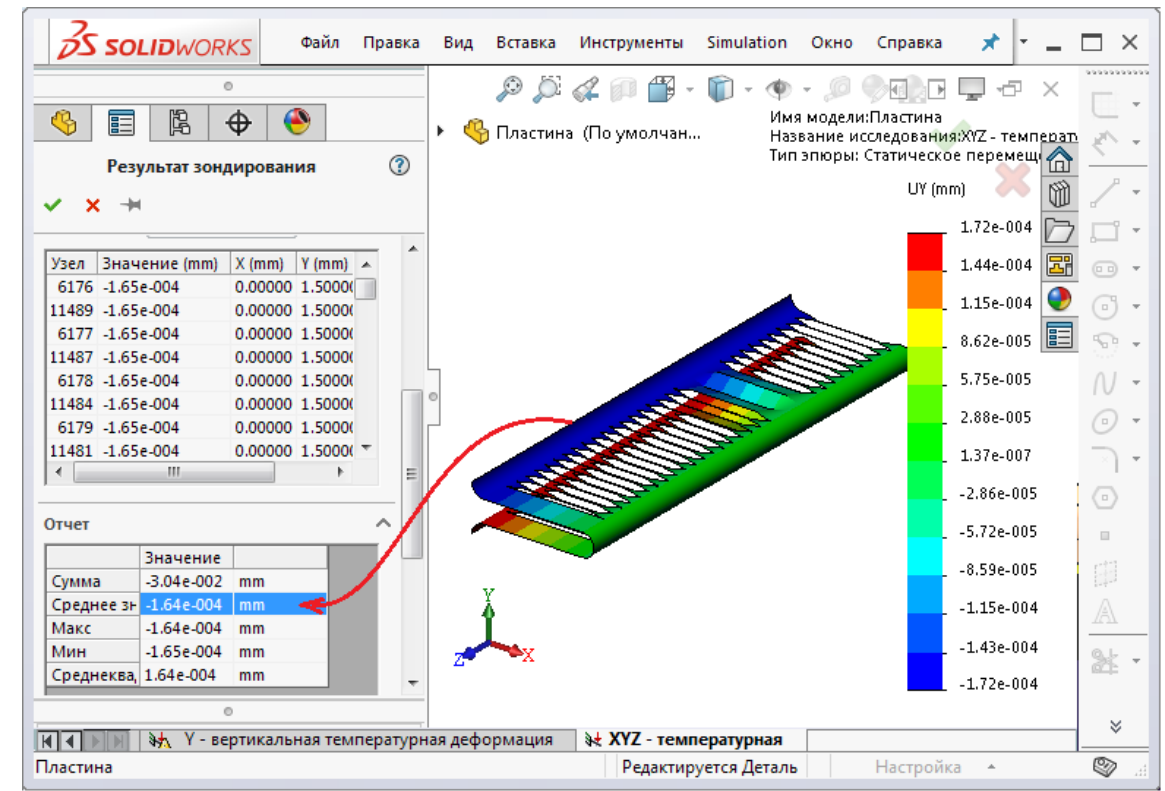


Эффективные характеристики среды, имитирующей пластины

Имитация сдвига z-y



Термоупругость



Эффективные характеристики среды, имитирующей пластины

Обработка численных результатов

Ортотропный материал в базе данных

Модули продольные	Направление силы в эксперименте		
	X	Y	Z
L – длина, м: Lx; Ly; Lz	7,96E-03	8,00E-03	2,75E-02
S – площадь поперечная, м2: Sx; Sy; Sz	8,25E-05	2,19E-04	2,39E-05
ΔL – приращение длины, перемещение, м	1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04
ε: εx; εy; εz – относительная деформация	1,26E-02	3,33E-02	3,64E-03
P – сила реакции, Н: Px; Py; Pz	1,36E+01	2,41E-02	8,74E+01
E = P/(Sε): E _x ; E _y ; E _z	1,31E+07	1,30E+03	1,01E+09
ΔL – поперечная, м:	ΔLy	ΔLx	ΔLz
	1,64E-03	3,51E-06	3,51E-06
ε – поперечная:	εy	εx	εz
	5,47E-01	8,66E-04	4,41E-04
ν _{ij}	ν _{xy}	ν _{yx}	ν _{xz}
	4,35E+01	1,10E-02	1,21E-01
	ν _{xy} - из E _{xx} ν _{xy} =E _{yy} ν _{xy}		
	4,36E+01		
	нефизично		
ΔL – поперечная, м:	ΔLz	ΔLz	ΔLy - нефизично - расширяется
	5,73E-07	1,24E-08	
ε – поперечная	εz	εz	
	2,08E-05	1,51E-07	
	ν _{xz}	ν _{yz}	ν _{zy}
	1,66E-03	1,35E-05	нефизично
			4,12E+00
	Волевым путём	ν _{zy}	0,4
	Волевым путём	ν _{xy}	0,4
			ν _{yz} из соотношений
			1,31E-06
			ν _{yx} из соотношений
			5,21E-03
Проверка соотношений симметрии	E _{xx} ν _{xz}	=	E _{zz} ν _{xz}
	1,59E+06		1,67E+06

Свойства Таблицы и кривые Внешний вид Штриховка Настройка Данные программ

Свойства материала
 Материалы в библиотеке по умолчанию не могут редактироваться. Необходимо скопировать материал в настроенную пользователем библиотеку и затем его отредактировать.

Тип модели: **Линейный упругий орто** Справочная геометрия

Единицы измерения: **СИ - Н/м² (Па)** Система координат1

Категория: Car Radiator

Имя: Пластины КТР Y отрицат

Критерий разрушения по умолчанию: **Максимальное нормаль**

Описание: Пластины (1)

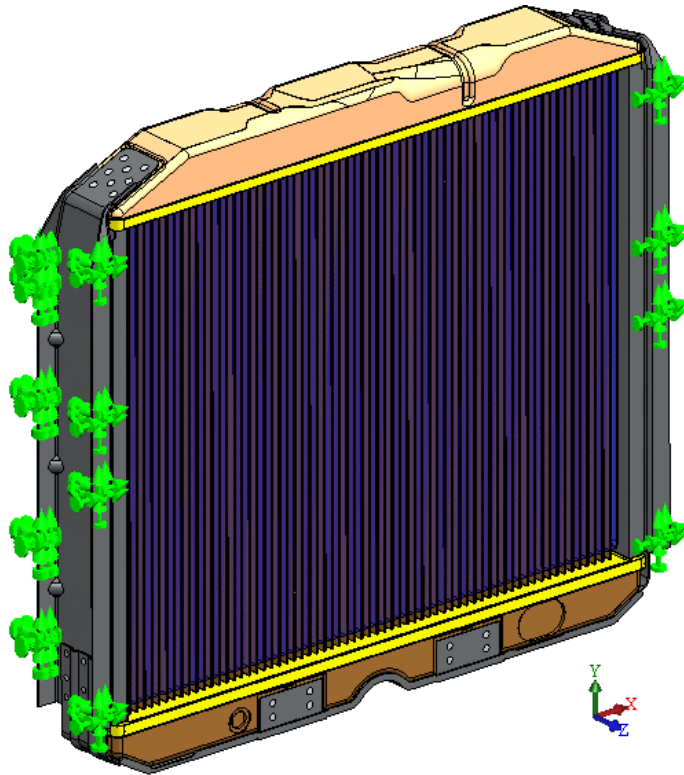
Источник:

Sustainability: Не определено **Выбрать...**

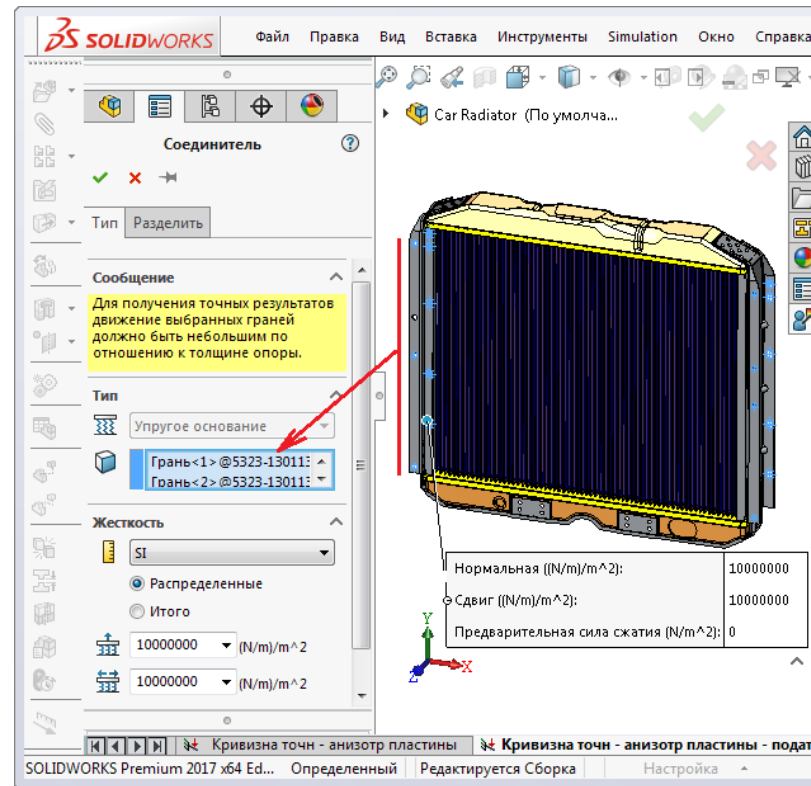
Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости в X	13100000	Н/м ²
Модуль упругости в Y	3300	Н/м ²
Модуль упругости в Z	1010000000	Н/м ²
Коэффициент Пуассона в XY	0.4	Не применимо
Коэффициент Пуассона в yz	1.31e-006	Не применимо
Коэффициент Пуассона в xz	0.00166	Не применимо
Модуль сдвига в XY	153000	Н/м ²
Модуль сдвига в YZ	161000	Н/м ²
Модуль сдвига в XZ	6760000	Н/м ²
Массовая плотность	100	кг/м ³
Коэффициент теплового расширения в X	1.88e-005	/К
Коэффициент теплового расширения в Y	-0.000115	/К
Коэффициент теплового расширения в Z	1.19e-005	/К

Расчётная модель

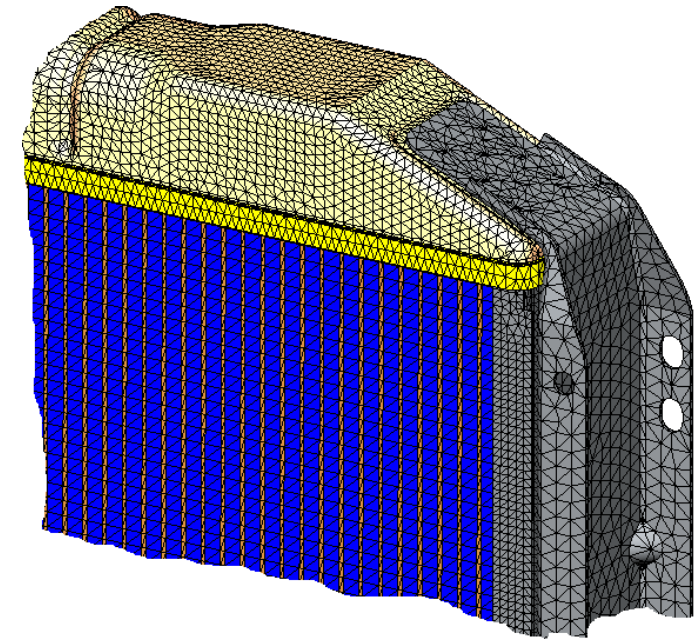
Жёсткая фиксация



Упругое основание



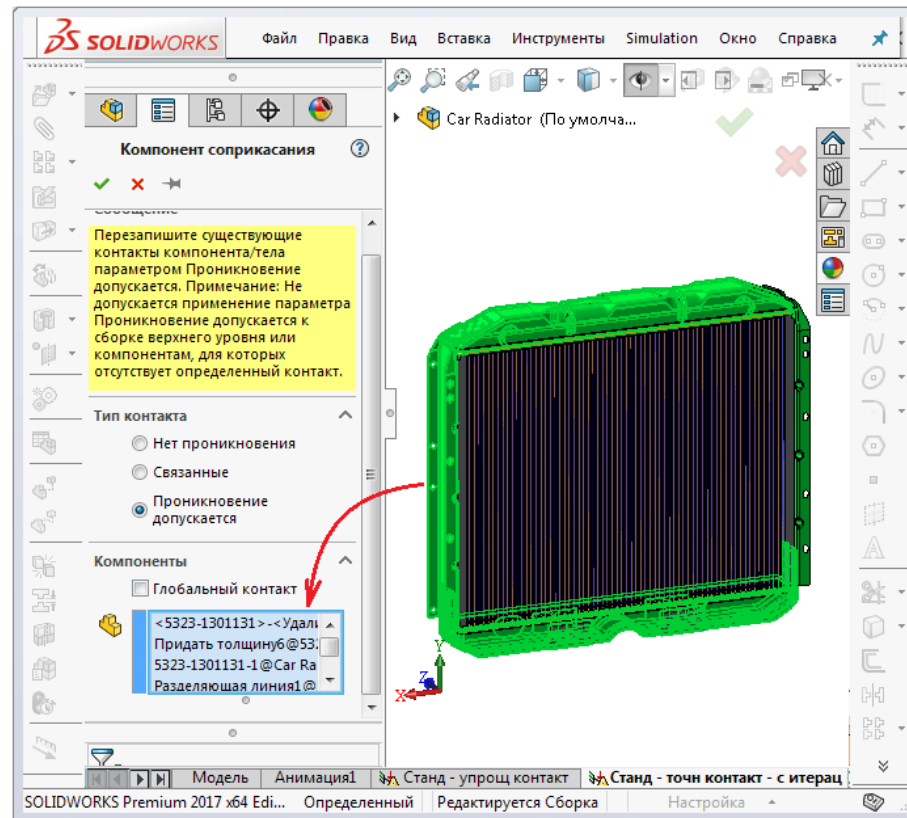
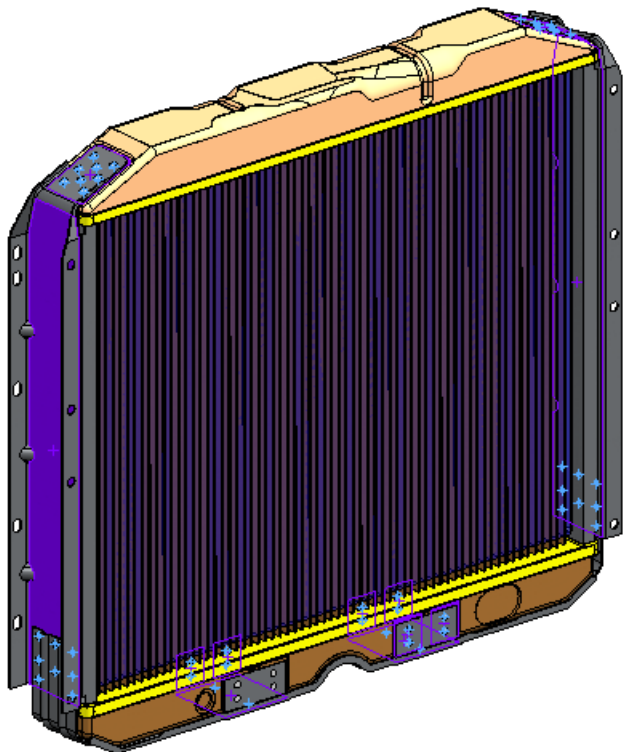
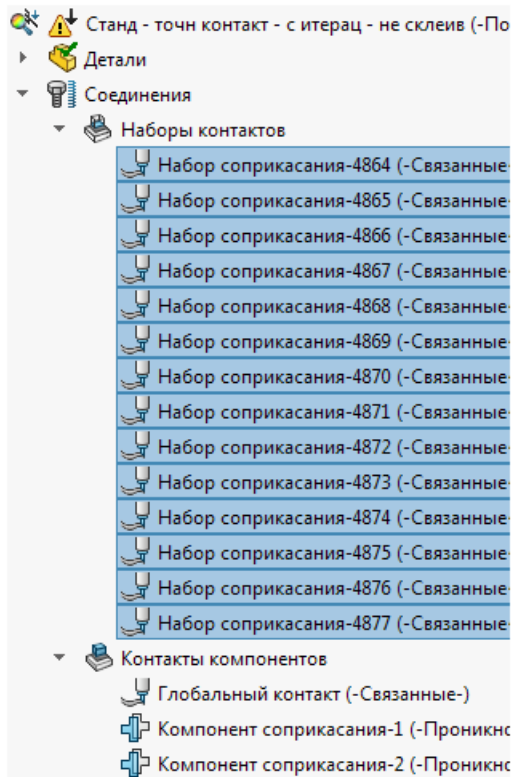
Сетка



Контактные условия прочностные

Связанные

Проникновение допускается



Контактные условия тепловые

Интерпретация
контактов
Проникновение
допускается
в тепловом анализе

Компонент соприкосновения

Сообщение

Перезапишите существующие контакты компонента/тела параметром Изолированный контакт. Примечание: Не допускается применение параметра Изолированный контакт к сборке верхнего уровня или компонентам, для которых отсутствует определенный контакт.

Тип контакта

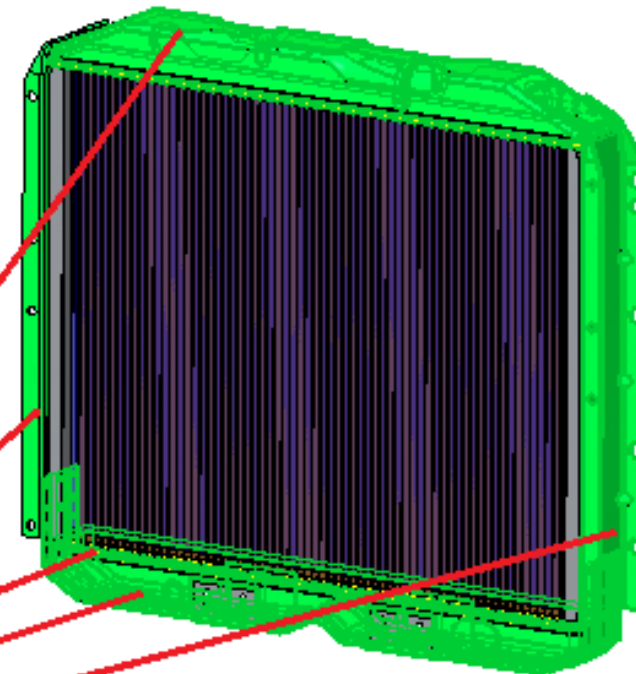
Связанные

Изолированный

Компоненты

Глобальный контакт

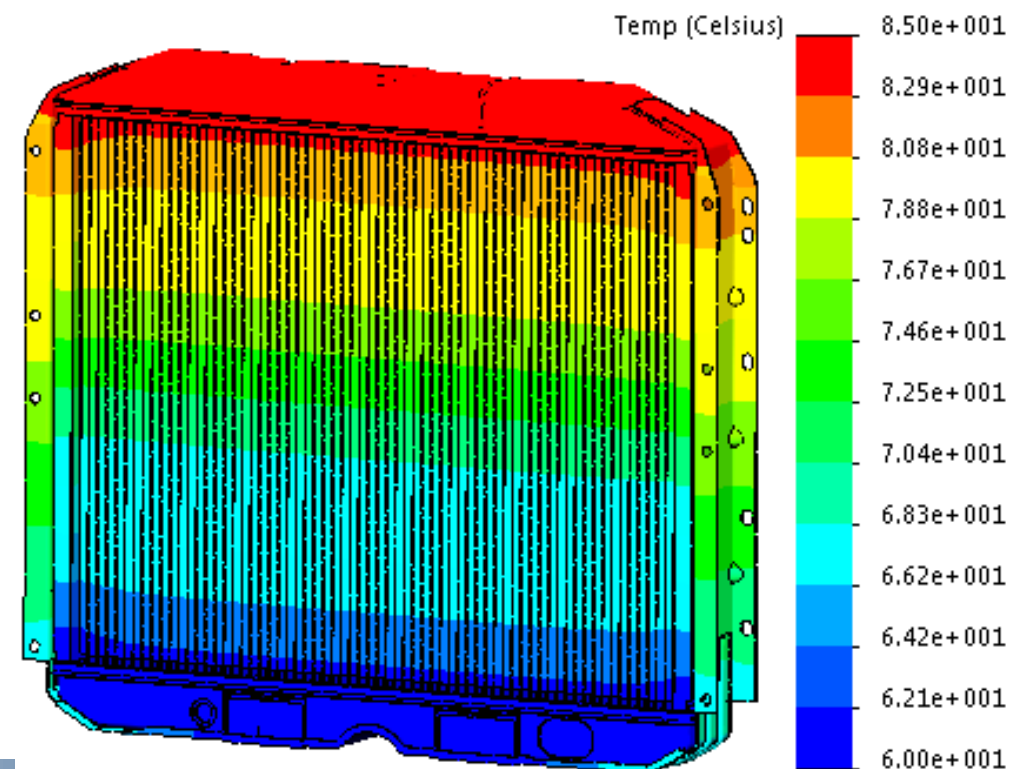
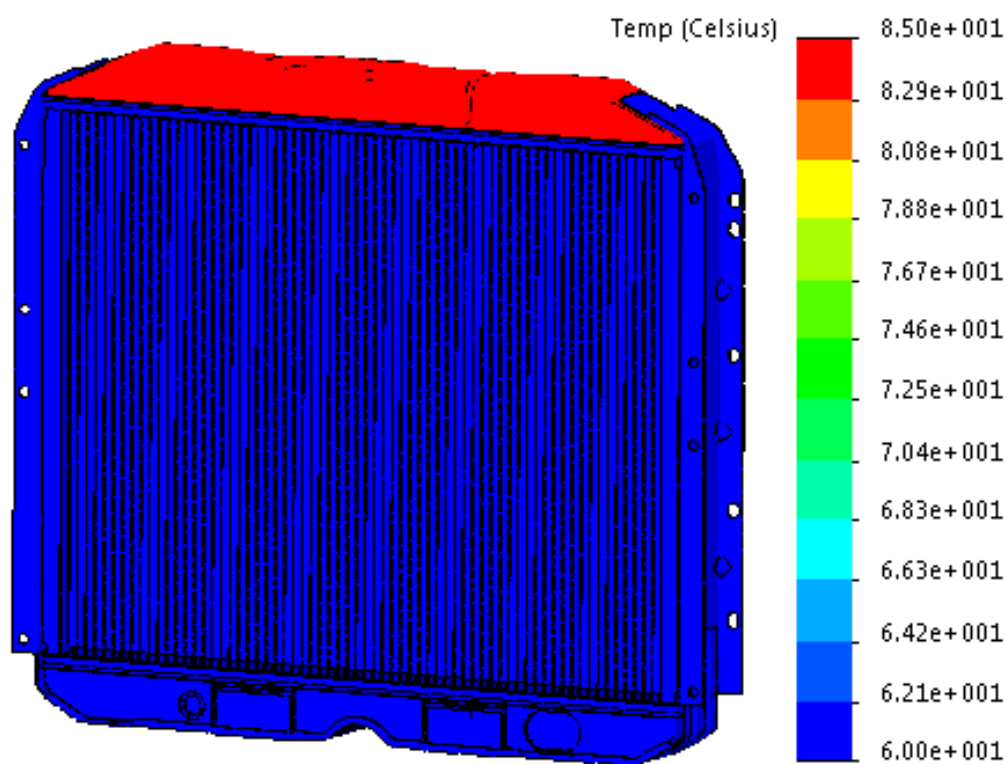
< 5323-1301131 > - < Разделяющая линия1 >
Придать толщину6@5323Я-1301055 СБ-10
5323-1301131-1@Car Radiator
Разделяющая линия1@5323Я-1301110СБ-
Бобышка-Вытянуть5@5323Я-1301078-10-:



Варианты решения по температуре в зависимости от контактов

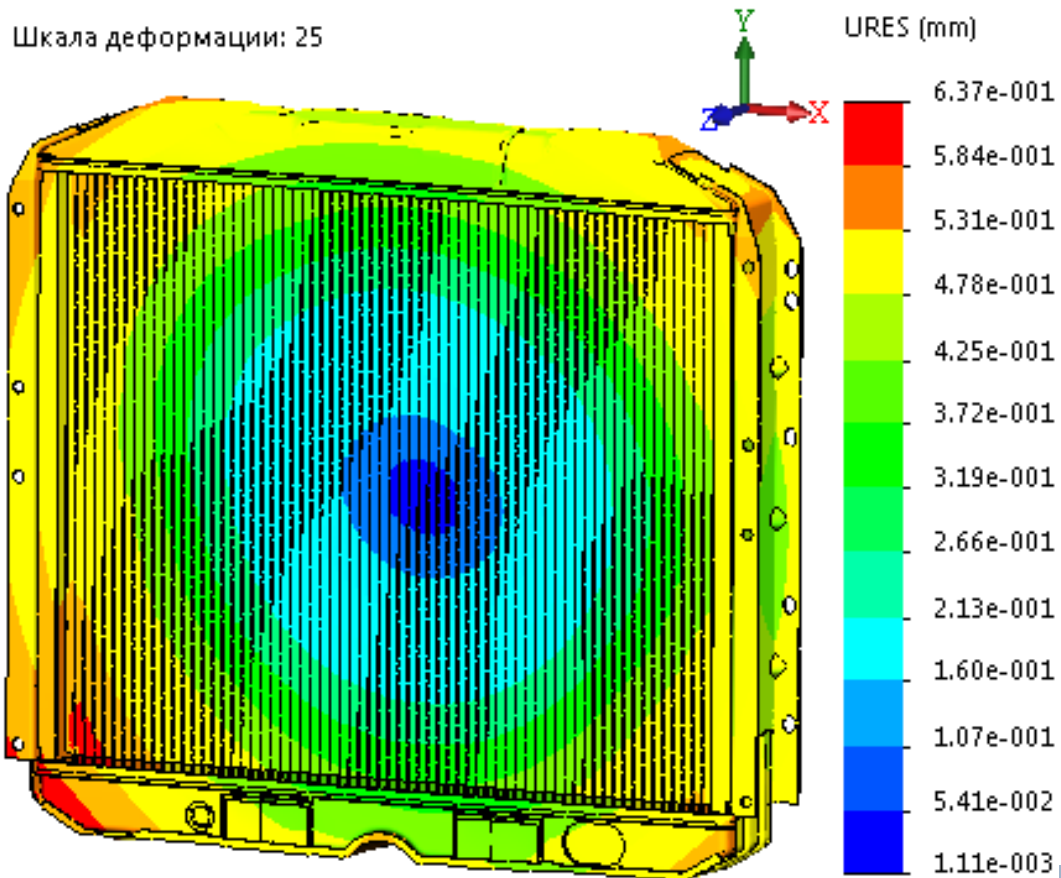
Теплопередача через выделенные грани

Через все контактирующие грани

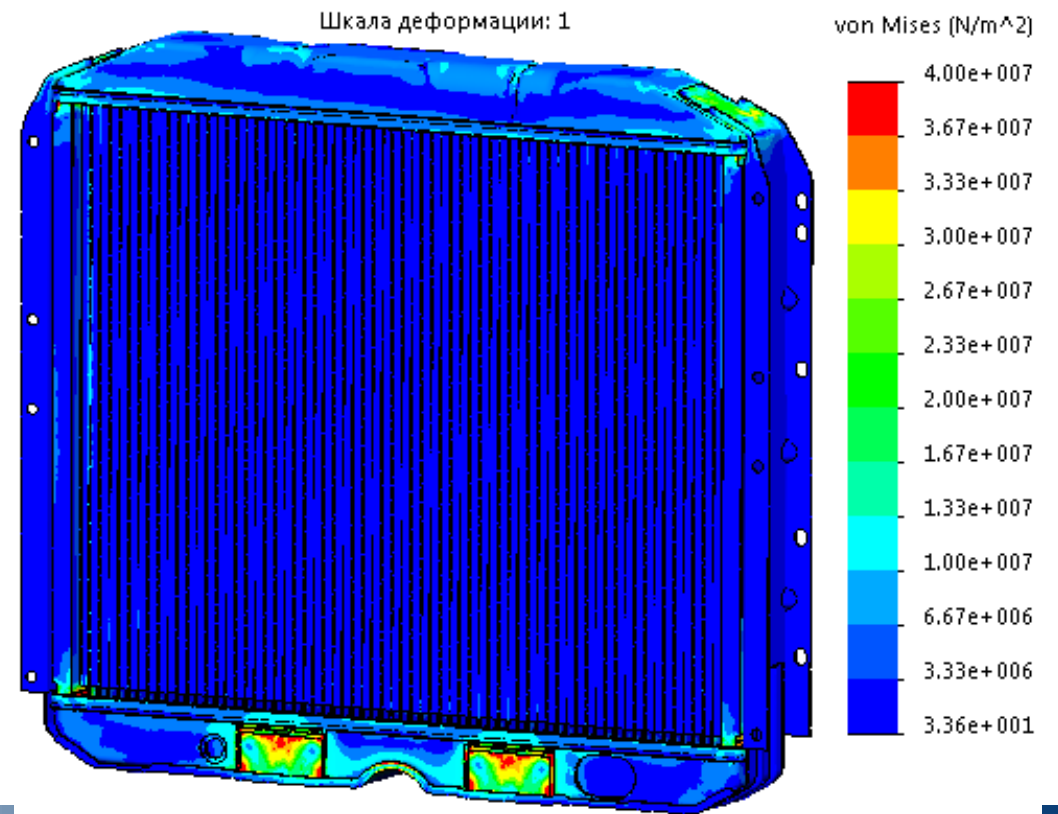


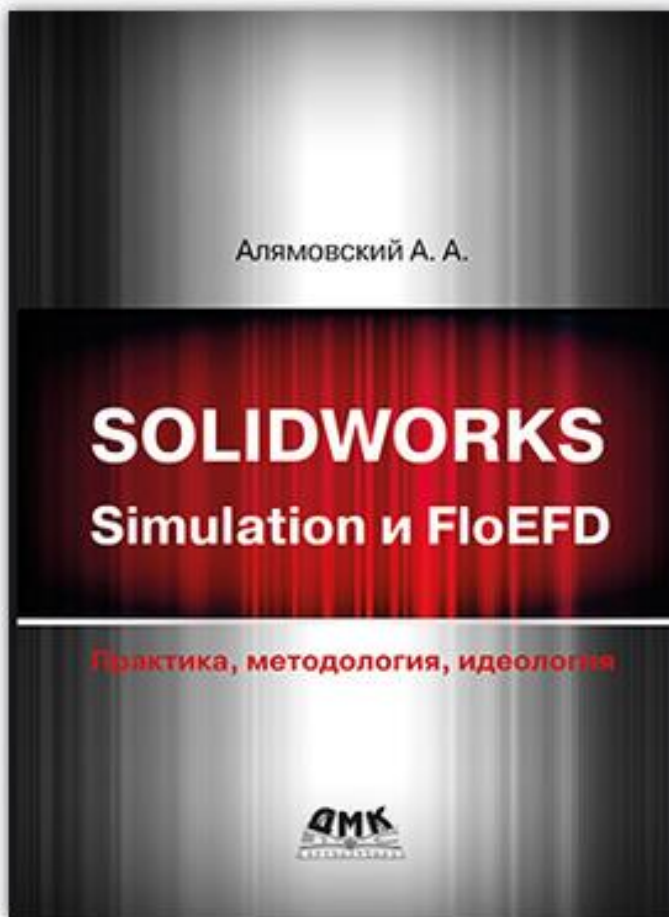
Результаты

Перемещения



Напряжения





Глава 1. Жёсткость, прочность и динамика оросительной системы в линейной и нелинейной балочных моделях

Глава 2. Анализ применимости стеклопластика для изготовления секции мобильного моста

Глава 3. Ветровое воздействие на тонкостенный резервуар

Глава 4. Вибрационный анализ прибора с подвижными элементами

Глава 5. Рациональные алгоритмы и настройки для расчёта гидродинамики центробежного насоса с параметрическим анализом и оптимизацией

Глава 6. Динамика виброизолированных систем

Глава 7. Тепловой расчёт пульта нагрузок

Глава 8. Тепловой расчёт редуктора с принудительным воздушным и водяным охлаждением

Глава 9. Гидродинамический тепловой анализ автомобильного радиатора – многоуровневая модель

Глава 10. Термоупругость автомобильного радиатора

Глава 11. Кинематика, динамика и точность циклоидальных передач

Глава 12. Расчёт четырёхпролётного анкерного участка линии электропередачи

Глава 13. Опорожнение бака с воздухом через клапан

