

# Прочностной расчет теплообменников с учетом нагрузок от обвязочных трубопроводов

В данной работе был проведен расчет теплообменных аппаратов (далее теплообменники) на прочность двумя способами:

- 1) согласно ГОСТ Р 52857-2007 “Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность”;
- 2) методом конечных элементов с учетом воздействия нагрузок от обвязочных трубопроводов.

Теплообменники представляют собой устройства, в которых осуществляется передача теплоты от горячего теплоносителя к холодной среде через гофрированные пластины, которые стянуты в пакет (рис. 1).

Корпус, коллектора и пластины теплообменника выполнены из алюминиевого сплава, подводящие трубопроводы из стали.

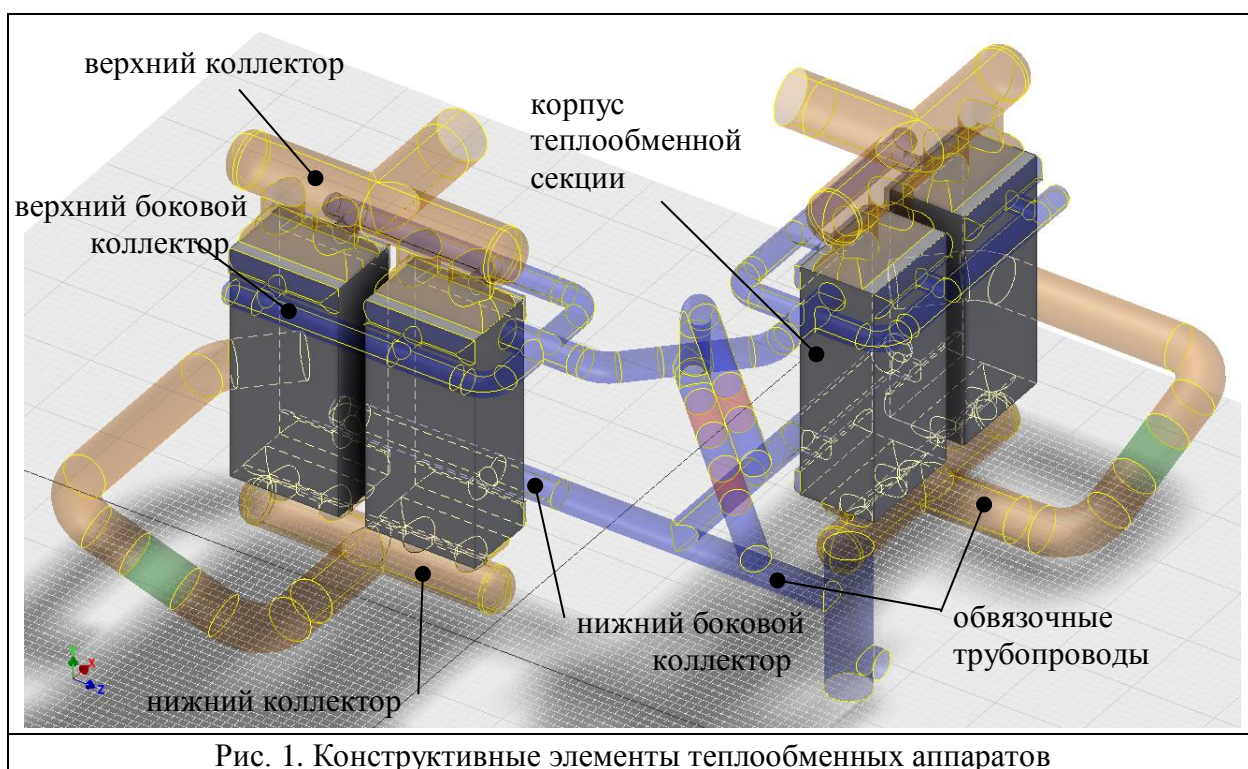


Рис. 1. Конструктивные элементы теплообменных аппаратов

Для оценки возможности эксплуатации при расчетном давлении и температуре были проведены расчеты по ГОСТ Р 52857-2007, в результате которых определено, что условия прочности для конструктивных элементов теплообменников выполнены.

Однако в реальных условиях эксплуатации теплообменники работают в условиях сложного термосилового нагружения. Наряду с внутренним давлением на алюминиевые элементы теплообменников воздействуют термосиловые нагрузки от обвязочных трубопроводов, изготовленных из стали (рис. 2). Термосиловые нагрузки обусловлены более чем двукратной разницей коэффициентов температурного расширения алюминия ( $\alpha=2,48 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) и стали ( $\alpha=1,15 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

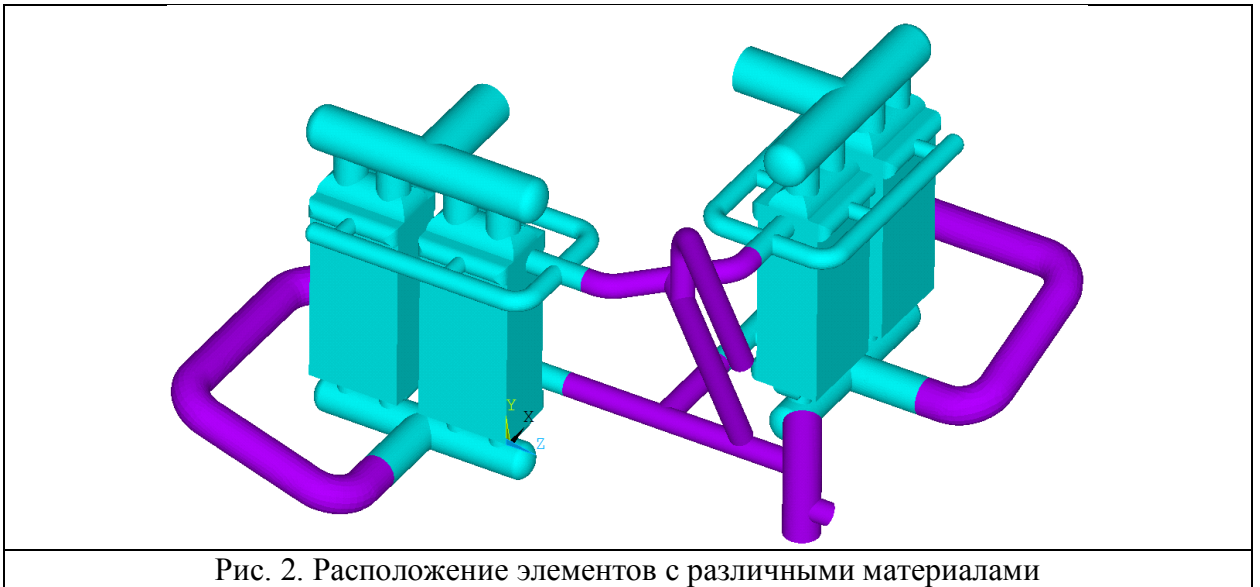


Рис. 2. Расположение элементов с различными материалами

В связи с этим было принято решение расчета теплообменников совместно с обвязочными трубопроводами методом конечных элементов (рис. 3) в универсальной программной системе конечно-элементного анализа ANSYS.

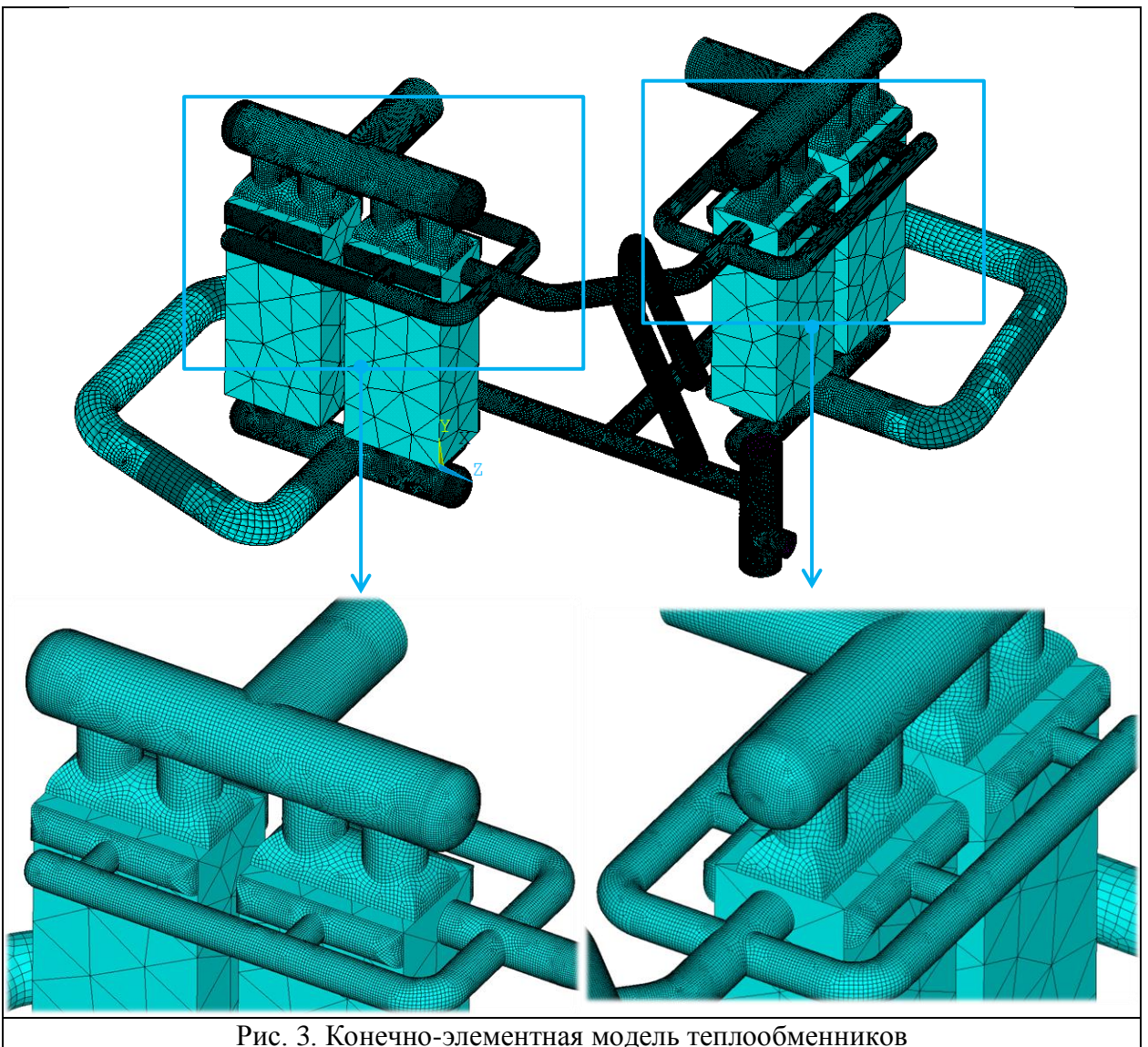
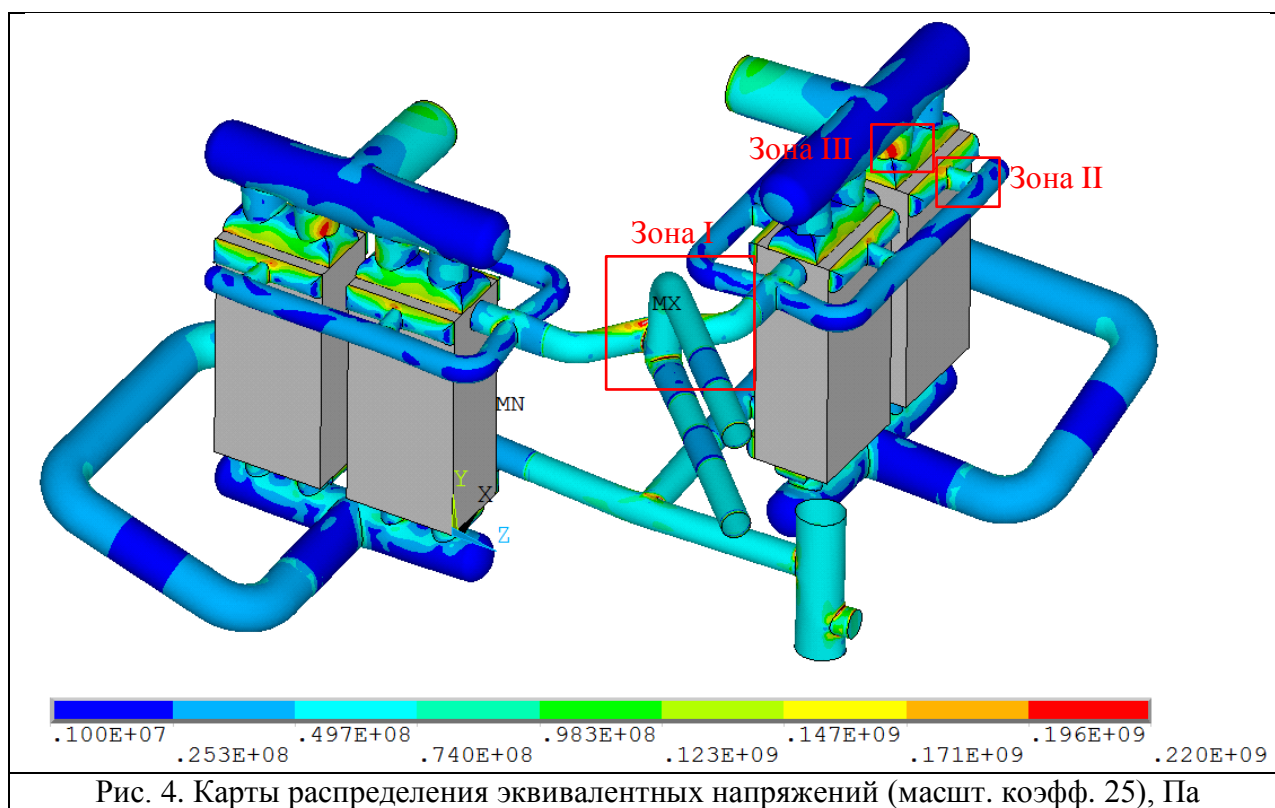


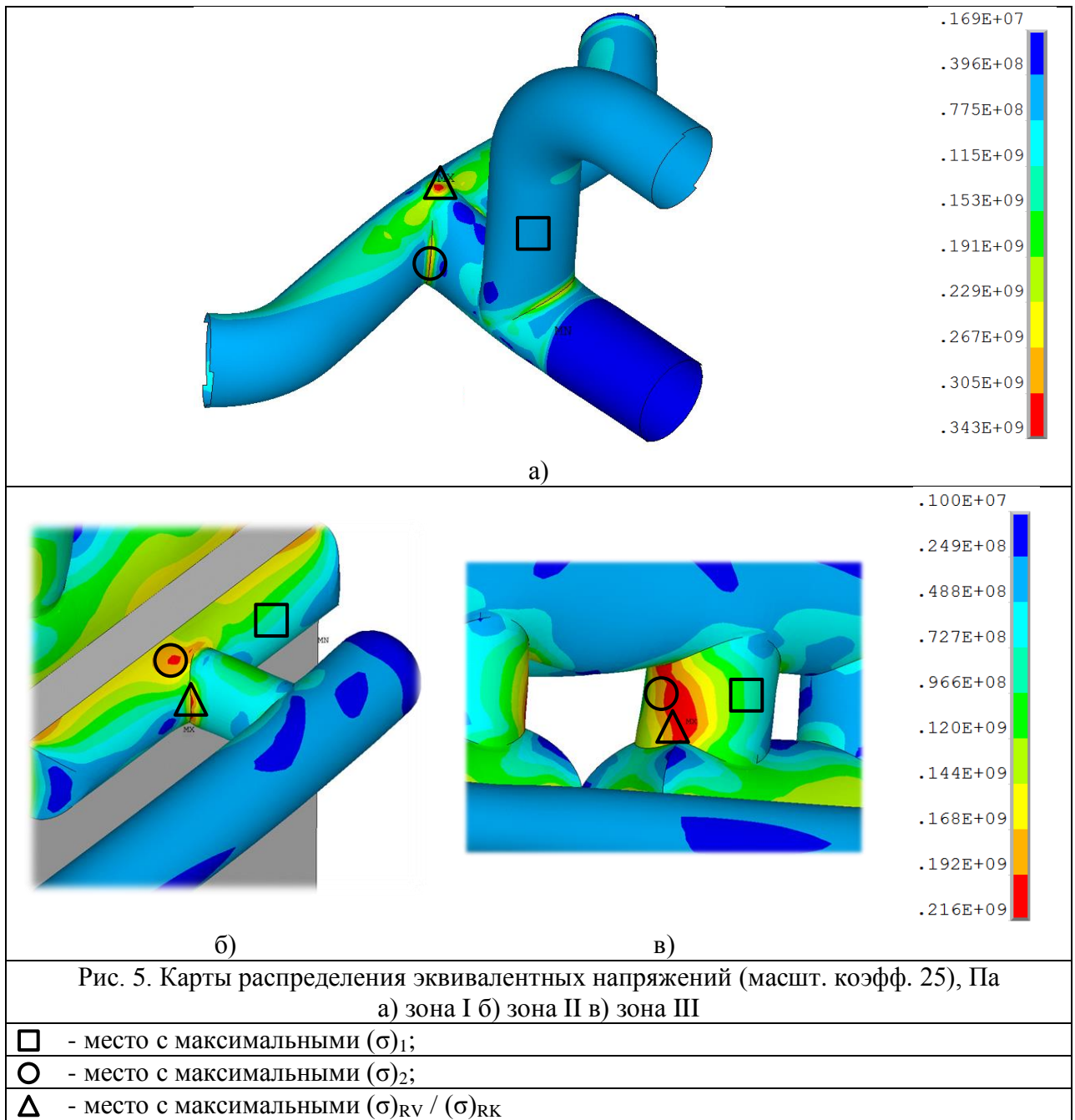
Рис. 3. Конечно-элементная модель теплообменников

К конечно-элементной модели были приложены расчетное давление и температура.

Для определения наиболее опасных зон при воздействии расчетных нагрузок был произведен расчет напряженно-деформированного состояния (НДС). По результатам расчетов были определены 3 наиболее опасные зоны (рис. 4) и проанализированы возникающие напряжения в них.



Согласно ПНАЭ Г-7-002-86 была произведена оценка прочности каждой зоны по допускаемым напряжениям каждой категории\* (рис. 5).



Проведенный анализ показал, что в каждой выбранной зоне  $(\sigma)_2$  превышают допускаемые значения, как следствие условия прочности не выполнены.

**Выводы:**

- 1) По результатам расчета теплообменников методом конечных элементов с учетом воздействия нагрузок от обвязочных трубопроводов выявлено превышение допустимых напряжений одной из групп приведенных напряжений.
- 2) Повышенные напряжения в зоне I частично обусловлены тем, что устройство трубопровода в данной зоне не соответствует требованиям СА 03-005-07, п.6.2.6.
- 3) Для безопасной эксплуатации рекомендуется изменить конструктивное и/или материальное исполнение теплообменников и обвязочных трубопроводов.

*\*Примечание:*

$(\sigma)_1$  – группа приведенных напряжений, определяемая по составляющим общих мембранных напряжений;

$(\sigma)_2$  – группа приведенных напряжений, определяемая по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений;

$(\sigma)_{RV}$  – максимальный размах приведенных напряжений, определяемый по суммам составляющих общих или местных мембранных, общих или местных изгибных, общих температурных напряжений и напряжений компенсации в оборудовании;

$(\sigma)_{RK}$  – максимальный размах приведенных напряжений, определяемый по суммам составляющих общих или местных мембранных, общих или местных изгибных, общих температурных напряжений и напряжений компенсации в трубопроводах.