

Я. С. Тимшина, В. Н. Голошумова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

yanatimshina@gmail.com

АНАЛИЗ ТЕЧЕНИЯ ПАРА В СТОПОРНОМ КЛАПАНЕ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

В работе приведены результаты численного моделирования течения пара в стопорном клапане паровой турбины типа Т-100-130 при стационарном режиме работы в ANSYS CFX. При моделировании получены распределения скоростей пара и локальные коэффициенты теплоотдачи на внутренней стенке корпуса клапана. Также был проведен анализ влияния парового сита на потери полного давления и структуру течения пара. Выведены критериальные уравнения конвективного теплообмена для ряда зон на внутренней стенке

Ключевые слова: паровая турбина; стопорный клапан; паровое сито; распределение скоростей; коэффициент теплоотдачи; критериальное уравнение.

Ya. S. Timshina, V. N. Goloshumova

Ural Federal University, Ekaterinburg

ANALYSIS OF THE STEAM FLOW IN THE STEAM TURBINE'S STOP VALVE IN THE STEADY-STATE MODE

The paper reviewed the computational simulation results of a steam flow in a steam turbine's T-100 stop valve in steady-state mode in ANSYS CFX. The effect of the steam strainer on the total pressure losses in the valve was determined. Data on the distribution of velocities and heat transfer coefficients on the inner wall of the valve casing were obtained. In the course of data analysis, criterion equations which describe heat exchange processes were derived.

Keywords: steam turbine; stop valve; steam strainer; velocity distribution; wall heat transfer coefficient; criterion equation.

Паровые теплофикационные турбины типа Т-100-130 УТЗ эксплуатируются как при переменных режимах, так и при переходных. Наиболее сложным нестационарным режимом является пуск паротурбинной установки (ПТУ). Особенно опасным является пуск из холодного состояния для *неблочных* (с поперечными связями) ПТУ, так как при пуске используется пар номинальных параметров, что определяет большую начальную разность температур пара и металла (до 400–460 °С). Стопорный клапан (СК) является одним из критических элементов ПТУ, корпус которого относится к числу элементов, определяющих темп и продолжительность пуска ПТУ. При систематическом воздействии недопустимых термических напряжений возможно образование трещин в корпусе СК.

Для определения надежности СК необходимо определение его термонапряженного состояния на переходных режимах работы с использованием граничных условий третьего рода. Так как СК имеет достаточно сложную геометрическую форму, то определение коэффициентов теплоотдачи по известным формулам становится противоречивым и требует моделирования процессов течения в СК при известных температуре и давлении на входе в клапан и расходе на выходе из него [1].

В данной работе рассмотрен стационарный режим работы, при котором СК полностью открыт, давление пара на входе в клапан составляет 13,7 МПа при температуре 565 °С, расход пара – 480 т/ч.

Задача решалась с помощью программного комплекса ANSYS CFX. Конечно-элементная модель состояла из 14144179 узлов и 62341674 элементов с 15 ячейками в пограничном слое [2–4].

На рис. 1 и 2 представлены результаты расчета. Анализ расчета свидетельствует о значительной неравномерности движения пара по проточной части СК, особенно эта неравномерность наблюдается в области фланца, паровой коробки (ПК) и под обтекателем.

Выявлено, что значительное влияние на неравномерность потока оказывает наличие парового сита (ПС). Поток пара на входе в клапан сначала разделяется ПС на два потока, которые встречаются у противоположной стенки ПК, свертываются в два вихря, далее при

отсутствии разделительного ребра два встречных вихря свертываются в один вихрь, который периодически срывается и явление повторяется (рис. 1). Описанное выше явление выявлено в ряде экспериментов, проведенных как в России, так и за рубежом. Также определена наиболее застойная область СК: область под обтекателем, где скорости не превышают 7 м/с.

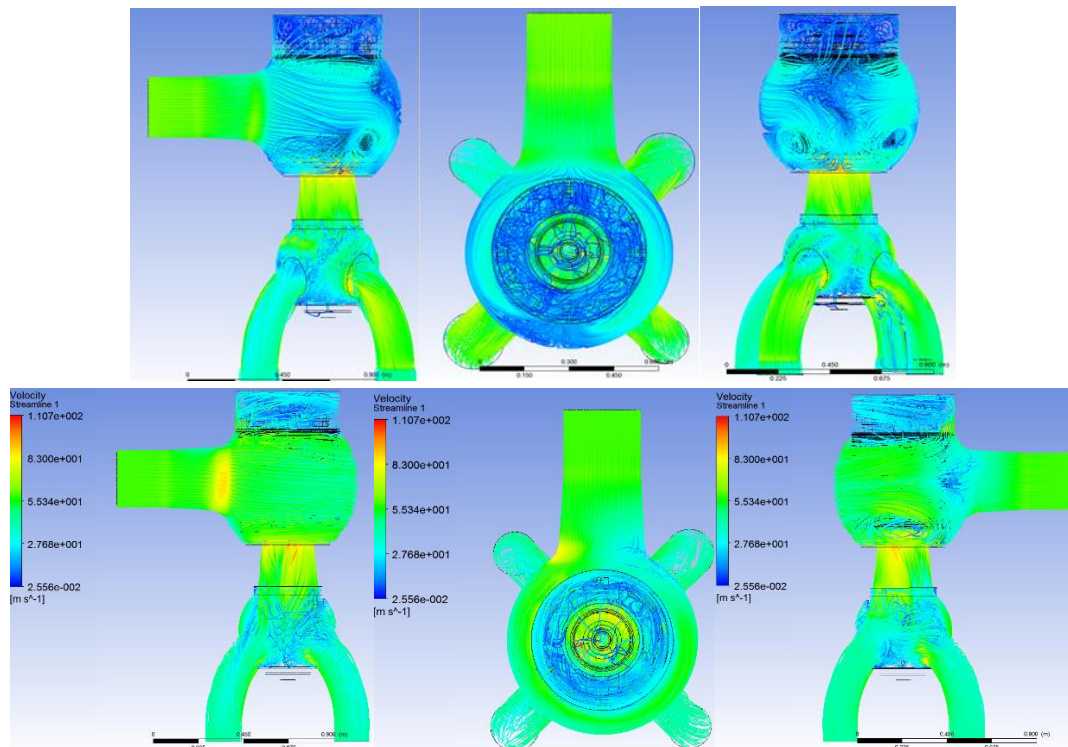


Рис. 1. Распределение скоростей в СК

Анализ результатов показал, что СК должен иметь, как минимум, три наиболее термонапряженных места: фланец, задняя стенка, область под обтекателем. Для каждой из этих областей было получено критериальное уравнение для определения граничных условий 3-го рода: 1 – фланец, 2 – ПК, 3 – область под обтекателем.

$$Nu_{\text{фл}} = 0,016 Re^{0,8} Pr^{0,43}, \quad (1)$$

$$Nu_{\text{ПК}} = 0,031 Re^{0,8} Pr^{0,43}, \quad (2)$$

$$Nu_{\text{опт}} = 0,012 Re^{0,8} Pr^{0,43}, \quad (3)$$

где Nu – число Нуссельта; Re – число Рейнольдса; Pr – число Прандтля. Полученные уравнения (1–3) уточняют уравнение, полученное Нуссельтом для расчета теплоотдачи при турбулентном течении пара в прямой гладкой трубе:

$$Nu_{\text{фл}} = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \quad (4)$$

Падение давления на выходе из СК не превысило 2,5 %, что свидетельствует, что СК является достаточно газодинамически совершенным (рис. 2).

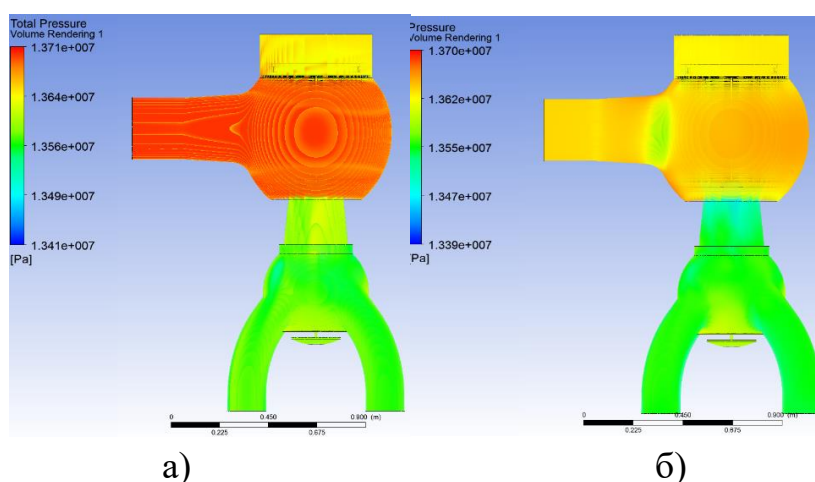


Рис. 2. Распределение полного (а) и статического (б) давления в СК

Список использованных источников

1. Ивановский А. А. Моделирование теплового и термонапряженного состояния критических узлов высокотемпературной части теплофикационных паровых турбин с целью повышения их надежности и маневренности.: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.12: защищена 06.11.08 / Ивановский Александр Александрович. – Екатеринбург, 2008. – 164 с. Библиогр.: с. 150–162.
2. Колядюк А. С., Шульженко Н. Г. Анализ течения пара через сито регулирующего клапана паровой турбины К-325 на стационарном режиме работы // Вестник НТУ «ХПИ». 2013. № 14. С. 19–23.
3. Колядюк А. С., Шульженко Н. Г., Бабаев И. Н. Численное моделирование течения пара в регулировочном клапане турбины // Вестник двигателестроения. 2011. № 2. С. 106–110.
4. Швецов В. Л., Кожешкурт И. И., Конев В. А., Солодов В. Г., Хандримайлов А. А. Газодинамический анализ эффективности стопорных клапанов с паровыми ситами турбин типа К-220-44 // Проблемы машиностроения. 2012. № 3–4. С. 16–22.