

для теплопроводности

560	10	542	$0,1132 \times 10^{-2}$	$0,1384 \times 10^{-1}$	$0,6704 \times 10^{-3}$
640	10^2	617	$0,3300 \times 10^{-2}$	$0,1027 \times 10^{-1}$	$0,2191 \times 10^{-2}$
740	10^3	716	$0,9092 \times 10^{-2}$	$0,1276 \times 10^{-2}$	$0,5776 \times 10^{-2}$
870	10^4	853	$0,2443 \times 10^{-1}$	$-0,2066 \times 10^{-1}$	$0,1381 \times 10^{-1}$
970	4×10^4	966	$0,4145 \times 10^{-1}$	$-0,4262 \times 10^{-1}$	$0,2106 \times 10^{-1}$
1060	10^5	1058	$0,5318 \times 10^{-1}$	$-0,5536 \times 10^{-1}$	$0,2452 \times 10^{-1}$
1150	2×10^5	1140	$0,5731 \times 10^{-1}$	$-0,5681 \times 10^{-1}$	$0,2385 \times 10^{-1}$
1240	4×10^5	1237	$0,5504 \times 10^{-1}$	$-0,4910 \times 10^{-1}$	$0,2002 \times 10^{-1}$
1310	6×10^5	1301	$0,4874 \times 10^{-1}$	$-0,3833 \times 10^{-1}$	$0,1585 \times 10^{-1}$
1400	10^6	1393	$0,3633 \times 10^{-1}$	$-0,2022 \times 10^{-1}$	$0,9523 \times 10^{-2}$

Здесь Z — соответствующий коэффициент переноса (η или λ), измеренный в единицах системы СИ; $X = 10^{-3}$ Т. Значения коэффициентов C_i приведены для насыщенного пара эвтектики в табл. 1, а для перегретого пара — в табл. 2. В этих таблицах T_1 и T_2 — соответственно нижняя и верхняя границы аппроксимируемого диапазона температур; T_3 — расчетная температура насыщения при заданном давлении. Для η и λ перегретого пара верхняя граница аппроксимируемого диапазона составляет 1500 К. Погрешность аппроксимации расчетных данных [1] для всех рассматриваемых интервалов температур и давлений не превышает 2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таблицы переносных свойств эвтектики NaK в газовой фазе / Н. И. Сидоров, Е. Л. Студников, В. С. Яргин и др. — Деп. в ВИНТИ № 614—82 Деп.—29 с.
2. Переносные свойства насыщенного пара эвтектики NaK / Ю. К. Виноградов, Н. И. Сидоров, Е. Л. Студников и др. — ИФЖ, 1982, т. 42, № 4, с. 682.

Представлена кафедрой физики

[31.1.1983]

УДК 536.24

РАСЧЕТ ТЕПЛОТДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОБЩЕННЫХ КООРДИНАТ

Канд. техн. наук, доц. СВИТНЕВА М. М.

Гомельский политехнический институт

Многие инженерные задачи о теплообмене, в том числе для плоской поверхности в замкнутом объеме, связаны с расчетом коэффициента теплоотдачи при совместном действии свободной и вынужденной конвекции. Приближенные методы расчета для многих вариантов данной задачи изложены в [1].

В данной работе ставится задача о теплообмене вертикальной поверхности при смешанной конвекции в условиях сравнимых или равных скоростей обоих видов движения. Для решения задачи предлагается использовать обобщенные переменные, в качестве которых служат безразмерная координата и функция тока, выраженные через скорость свободной или вынужденной конвекции.

За скорость свободной конвекции на уровне x принимается максимальная скорость в пограничном слое на этом уровне, определяемая как [2]:

$$U_c = 0,5 \sqrt{g\beta\Delta T x}. \quad (1)$$

При этом обобщенные переменные для свободной и вынужденной конвекции запишутся в единой форме:

$$\eta = \sqrt{\frac{U}{\nu x}} y; \quad \psi = \Lambda \sqrt{\nu x U_c} \zeta(\eta), \quad (2)$$

где $U = U_\infty$; $A = 1$; $\zeta(\eta) = f(\eta)$ — для вынужденной конвекции;

$U = U_c$; $A = 4$; $\zeta(\eta) = \varphi(\eta)$ — для свободной конвекции;

$f(\eta)$, $\varphi(\eta)$ — функции распределения скорости в пограничном слое, рассчитанные Польгаузенном, соответственно для вынужденной и свободной конвекции.

На основе обобщенных переменных (2) можно получить критериальные уравнения теплоотдачи для вынужденной и свободной конвекции также в единой форме. При этом определяющим критерием для свободной конвекции является критерий Рейнольдса, рассчитанный через ее характеристическую скорость. За последнюю принимается ее максимальное значение в пограничном слое, т. е. скорость, рассчитанная по формуле (1), на уровне, равном высоте теплоотдающей поверхности ($x=l$), соответствующий критерий Рейнольдса:

$$Re_c = \frac{U_c^0 l}{\nu}. \quad (3)$$

Критериальное уравнение теплоотдачи для свободной конвекции запишется следующим образом [3]:

$$Nu_m = 0,75 Pr^{0,33} Re^{0,5}. \quad (4)$$

Путем сравнительного анализа уравнения (4) и обычного критериального уравнения для вынужденной конвекции в [3] получено условие тождественности теплоотдачи. Теплоотдача будет равной при свободной и вынужденной конвекции при следующем соотношении их скоростей:

$$U_b^r = 1,26 U_c^0 = 0,63 \sqrt{g \beta \Delta T l}. \quad (5)$$

Этот вывод удобно использовать для расчета теплоотдачи при смешанной конвекции. В этом случае теплоотдачу при свободной конвекции необходимо заменить равной ее теплоотдачей при вынужденной. В результате замены переходим от смешанной конвекции к чисто вынужденной, при которой два параллельных потока накладываются друг на друга. При этом скорость суммарного потока вне пограничного слоя определяется как сумма скоростей:

$$U_{\Sigma} = U_b + 1,26 U_c^0. \quad (6)$$

Теплоотдача в этом случае определится по критериальному уравнению для вынужденной конвекции, в котором за скорость принимается скорость суммарного потока.

В качестве примера рассчитываем теплоотдачу от вертикальной поверхности высотой 2,5 м, при температурном напоре 10 °С к потоку воздуха, набегающему на теплоотдающую поверхность снизу параллельно поверхности со скоростью 0,2 м/с. Данные, рассмотренные в примере, соответствуют условиям панельно-лучистого отопления в современных жилых зданиях.

Характеристическая скорость свободной конвекции у поверхности, рассчитанная по формуле (1), будет 0,46 м/с. Таким образом, скорости вынужденной конвекции 0,2 м/с и свободной — 0,46 м/с сравнимы между собой, что соответствует поставленной задаче. Естественно, что в данном примере ведущую роль при теплоотдаче имеет свободная конвекция. Скорость вынужденной конвекции, заменяющей свободную на условиях равенства теплоотдачи, согласно (5), будет 0,57 м/с. Суммарная скорость 0,77 м/с.

Теплоотдача при свободной конвекции, рассчитанная на скорости тождественного вынужденного течения по общеизвестным для него формулам, будет пропорциональна 0,57^{0,5}. Теплоотдача при смешанной конвекции, рассчитанная по тем же формулам по суммарной скорости, пропорциональна 0,77^{0,5}.

Таким образом, коэффициент теплоотдачи при смешанной конвекции возрос в данном примере по сравнению со свободной конвекцией в следующее число раз:

$$K = \frac{\alpha^c}{\alpha_{\Sigma}} = 1,18.$$

Из экспериментов, приводимых в натуральных условиях при тех же определяющих параметрах, результаты которых опубликованы в литературе [4, 5], известно, что коэффициент теплоотдачи при указанных выше условиях возрастает в среднем на 20 %. Таким образом, опубликованные ранее результаты экспериментов подтверждают предположенную в данной работе методику расчета коэффициента теплоотдачи при смешанной конвекции.

Из приведенного примера следует, что методика расчета в практическом применении довольно проста и состоит из следующих элементов.

1. Расчет характеристической скорости свободной конвекции по формуле (1).
2. Определение скорости тождественного вынужденного течения через характеристическую скорость согласно условию (5).
3. Определение суммарной скорости вынужденного течения и течения, тождественного по теплоотдаче свободному.
4. Расчет теплоотдачи смешанной конвекции по формулам для вынужденной конвекции с суммарной скоростью.

Данная методика расчета дает возможность определить теплоотдачу вертикальной поверхности при совместном действии свободной и вынужденной конвекции при условии сравнимых или равных их скоростей и в ряде случаев обойтись без длительных и дорогостоящих экспериментов в натуральных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартыненко О. Г., Соковишин Ю. А. Теплообмен смешанной конвекцией.— Минск: Наука и техника, 1975.—256 с.
2. Сбитнева М. М. Введение обобщенных переменных в задачу о теплообмене плоских вертикальных поверхностей.— Изв. вузов СССР — Энергетика, 1983, № 4.
3. Сбитнева М. М. Условия тождественности теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции.— В сб.: Эволюционные задачи энергопереноса в неоднородных средах.— Минск: Изд. ин-та тепломассообмена АН БССР, 1982.
4. Миссенар А. Лучистое отопление и охлаждение.— М.: Госстройиздат, 1961.—120 с.
5. Титов В. П., Хачикян О. Е. Теплофизические вопросы панельно-лучистого охлаждения помещений.— М., 1964. Вып. 48.

Представлена кафедрой гидропневмоавтоматики и гидропривода

[8.2.1983]

УДК 621.311.22

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МАНЕВРЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГБЛОКОВ НА ТОПЛИВНЫЕ ЗАТРАТЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Докт. техн. наук, проф. АМИНОВ Р. З.

Саратовский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт

К важнейшим маневренным характеристикам энергоблоков относятся регулировочный диапазон и скорость приема нагрузки. Первую — принято называть статической, а вторую — динамической. К числу последних относят скорость нагружения в пусковых режимах с момента синхронизации генератора и в прогретом состоянии при переходе от одной нагрузки к другой.

Вопросы оценки топливных затрат в энергосистеме при изменении регулировочного диапазона и скорости нагружения энергоблоков в пусковых режимах уже рассматривались в отечественной литературе [1, 2].

Значительный интерес представляет определение изменения расходов топлива и топливных затрат в зависимости от скорости нагружения из прогретого состояния, например, при повышении мощности после длительной работы на минимальной нагрузке. Рассмотрим эти особенности.

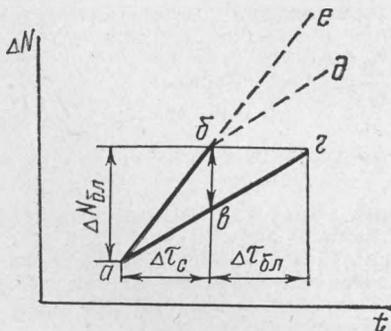


Рис. 1. Условные процессы нагружения энергосистемы и рассматриваемых энергоблоков

Моноблочная схема с одним турбоагрегатом. Нагружение турбоагрегатов после длительной работы на пониженной нагрузке связано с изменением температурных полей ротора и корпуса турбины и приводит к соответствующим термическим деформациям. Эти факторы и определяют допустимую скорость нагружения. Если необходимая абсолютная скорость подъема мощности в энергосистеме $a_c = \Delta N_{бл}/\Delta t_c$ не обеспечивается путем загрузки на величину $\Delta N_{бл}$ рассматриваемых энергоблоков вследствие их низких маневренных свойств, то это приводит к преждевременному запуску полупиковых (пиковых) энергоустановок, как правило, работающих на более дорогом топливе.

Для пояснения сказанного обратимся к рис. 1. Здесь линия $a-b$ соответствует изменению нагрузки в энергосистеме, а линия $a-b-z$ — энергоблоков суммарной мощностью $\Delta N_{бл}$.

Поскольку требуемая скорость подъема нагрузки не обеспечивается рассматриваемыми энергоблоками, небаланс потребляемой и производимой мощностей $\Delta N_{пн}$ покрывается дополнительными полупиковыми установками, что соответствует отрезку $b-v$ по истечении времени ΔT_c . Повышение мощности после точки b осуществляется как путем дальнейшей загрузки рассматриваемых энергоблоков (линия $b-d$, параллельная $b-z$), так и полупиковых энергоблоков. Площадь $a-b-z-a$ эквивалентна