

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ ГЛАВНОГО КОРПУСА КОСТРОМСКОЙ ГРЭС

БУХМИРОВ В.В., д-р техн. наук, РАКУТИНА Д.В., канд. техн. наук, ГИЛЬМУТДИНОВ А.Ю., асп.

**Предлагается методика экспериментального исследования микроклимата в главном корпусе Костромской ГРЭС с блоками 300 МВт. Приведены описание и некоторые результаты натурного промышленного эксперимента.**

*Ключевые слова:* система аэрации, микроклимат, температура воздуха, коэффициент тепловыделения в рабочую зону.

## AERATION SYSTEM EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF KOSTROMA HPS MAIN BUILDING

V.V. BUKHMIROV, Ph.D., D.V. RAKUTINA, Ph.D., A.Yu. GILMUTDINOV, postgraduate

**The work represents the method of microclimate experimental research in Kostroma hydroelectric power station main building with 300 megawatt power units. The authors give the description and some results of full-scale experiment.**

*Key words:* aeration system, microclimate, air temperature, heat generation rate into working space.

Микроклимат в рабочих зонах производственного помещения определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения. Система аэрации промышленного здания решает задачи по созданию комфортных условий труда производственного персонала, организации требуемых параметров воздушной среды для проведения технологических процессов и функционирования оборудования.

Основная задача экспериментального исследования системы аэрации главного корпуса КГРЭС - определение параметров микроклимата в зависимости от температуры окружающей среды, числа работающих энергоблоков и их мощности, а также от количества воздуха, забираемого из помещения на технологические нужды.

Главный корпус КГРЭС – трехпролетное здание с размещением в пролетах турбогенераторного, деаэрационного и парогенераторного отделений (рис. 1). Разделительная стенка между отделениями отсутствует. В главном корпусе установлено восемь энергоблоков мощностью по 300 МВт. Парогенераторы I очереди ТГМП-114 – двухкорпусные, II очереди ТГМП-314 – однокорпусные. В машинном зале в поперечном направлении расположены восемь турбоагрегатов К-300-240 с генераторами ТВВ-320-2.

Воздухозаборные отверстия дутьевых вентиляторов котлоагрегатов расположены в парогенераторном отделении на отметках: для I очереди – 42,0 м, для II очереди – 49,0 м.

Для частичного подогрева приточного воздуха в котельном отделении установлены калориферы в стеновых панелях ряда Г (отметка 1,8 м). Калориферы работают на самотяге («на просос») за счет естественного напора и разрежения, создаваемого дутьевыми вентиляторами. В главном корпусе также имеется шесть ворот, оборудованных воздушно-тепловыми завесами. В блочных щитах управления

(БЩУ) и кабинах мостовых кранов установлены автономные кондиционеры.

Приток воздуха в помещение главного корпуса в теплое время года осуществляется через фрамуги световых проемов по ряду А (отметка 10,5 м) и Б (отметка 30,0 м) и через калориферы, встроенные в стены ряда Г (отметка 1,8 м), а в холодное время года через калориферы ряда Г, работающие «на просос» и за счет инфильтрации.

Удаление воздуха из помещения главного корпуса производится дутьевыми вентиляторами и за счет присосов через неплотности обмуровки парогенератора. Летом воздух удаляется также через аэрационный фонарь парогенераторного отделения и неорганизованные неплотности стеновых ограждений (эксфильтрация). При этом забор воздуха дутьевыми вентиляторами из помещения составляет 100% их производительности.

Таким образом, для организации оптимального микроклимата в главном корпусе Костромской ГРЭС с блоками 300 МВт используется аэрация с установкой калориферов «на просос» по ряду Г и частичным или полным забором воздуха на горение из помещения главного корпуса (рис. 1). В этом случае эффективность аэрации определяется режимом работы технологического оборудования и геометрическими размерами приточных проемов и фонарей, а также климатическими условиями окружающей среды. В условиях неритмичной работы технологического оборудования и неполной его загрузки актуальной является задача выбора оптимального соотношения количества воздуха, забираемого на горение из атмосферы, к количеству воздуха, забираемого из помещения при соблюдении санитарных норм воздушной среды [1]. Для достижения поставленной задачи разработаны методики экспериментального исследования микроклимата и балансовых расчетов тепла и массы воздуха в главном корпусе Костромской ГРЭС с блоками 300 МВт.

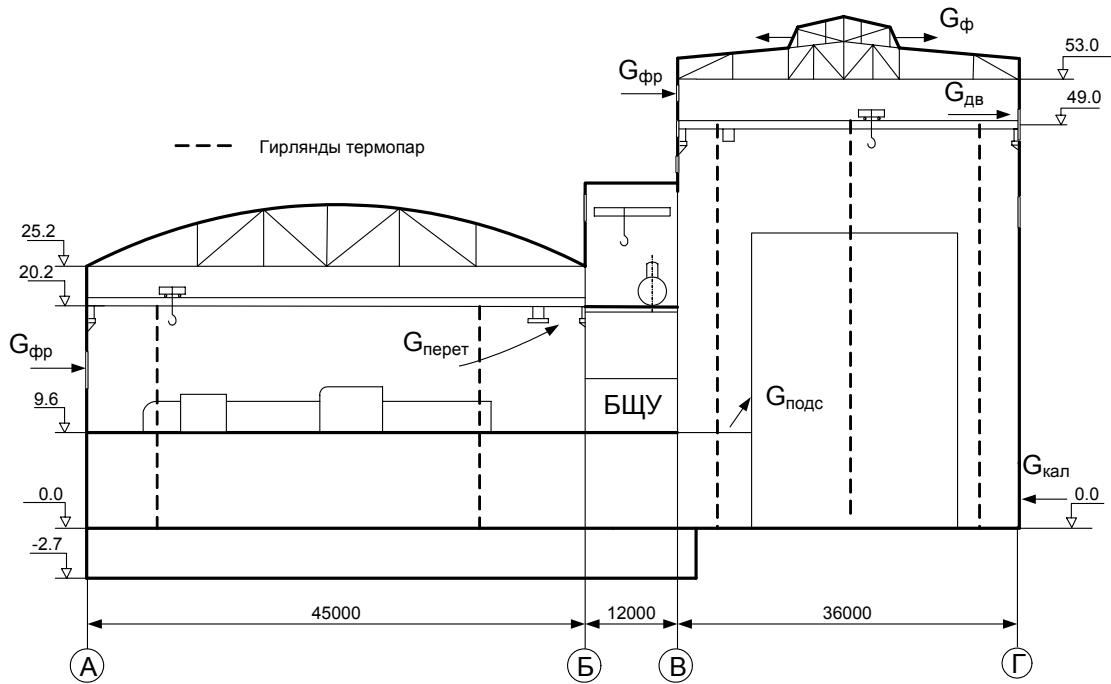


Рис. 1. Схема аэрации главного корпуса Костромской ГРЭС

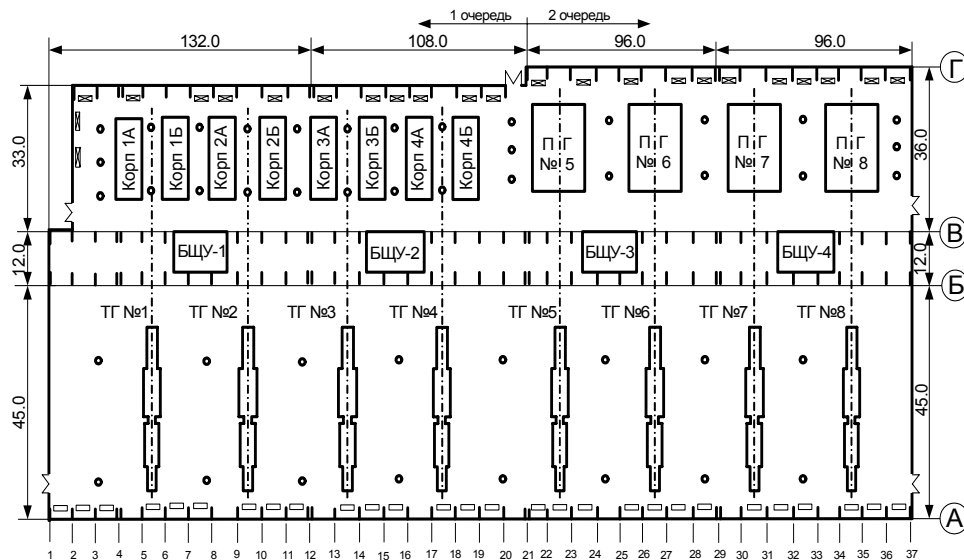


Рис. 2. План главного корпуса Костромской ГРЭС с указанием точек измерения температуры

□ Регистры под оконными проемами ряда «А»    ⊠ Калориферы в стеновых панелях ряда «Г»    ● Точки измерения температуры воздуха

Экспериментальное исследование микроклимата в главном корпусе КГРЭС проведено в холодный период года с декабря 2003 по апрель 2004 года в соответствии с программой испытаний, составленной на основе РД 34.21.401-90 [2].

В процессе эксперимента было выполнено измерение температуры воздуха в помещениях парогенераторного и турбогенераторного отделений. Температуру измеряли при помощи термоэлектрических термометров типа ТМК, которые были смонтированы в две гирлянды по восемь термомпаров в каждой. В качестве регистрирующих приборов использованы два модуля распределенного ввода ADAM-4018M с функцией запоминания сигнала. Измерительная погрешность данного комплекса составила не более 1<sup>0</sup>С. Установка рабочих спаев медь-константановых термомпаров в точки замера про-

водилась с рабочих площадок кранов, которые перемещались в заранее намеченные позиции между парогенераторами в котельном отделении и турбогенераторами в машинном зале (рис. 2).

Таким образом, была получена подробная информация о распределении температуры воздуха по высоте главного корпуса. Кроме этого выполнено измерение температуры и влажности воздуха на основных рабочих отметках метеометром МЭС-2. В процессе эксперимента также фиксировали температуру и расход воздуха, поступающего в главный корпус через калориферы, расположенные по ряду Г. Температуру измеряли в выходном сечении калориферной секции. Расход наружного воздуха, просасываемого через калориферы, определяли по значению скорости, измеренной метеометром МЭС-2. При этом

погрешность измерения температуры составила  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , влажности –  $\pm 3\%$  и скорости –  $\pm 0,01\text{м/с}$ .

Для определения тепловой мощности воздушно-тепловых завес у ворот и калориферов, расположенных по ряду А, было выполнено измерение температуры и скорости воздушных потоков на входе и выходе из данных установок прибором МЭС-2.

В процессе эксперимента по штатным приборам, установленным на станции, регистрировали параметры системы теплоснабжения котельного и турбинного отделений, а также рабочие параметры действующих энергоблоков (электрическая мощность, паропроизводительность, расход топлива).

В результате проведения зимних и весенних испытаний получена информация о микроклимате в главном корпусе КГРЭС с блоками 300 МВт в зависимости от температуры наружного воздуха (рис. 3), числа работающих блоков и величины забора воздуха дутьевыми вентиляторами из помещения.

Измерения температуры воздуха по длине главного корпуса при разных значениях температуры наружного воздуха и величины забора воздуха дутьевыми вентиляторами из помещения ( $\beta$ ) проводились в пределах рабочей зоны на отметках 0,0 м (рис. 4), 9,0 м, 15,0 м и 21,0 м.

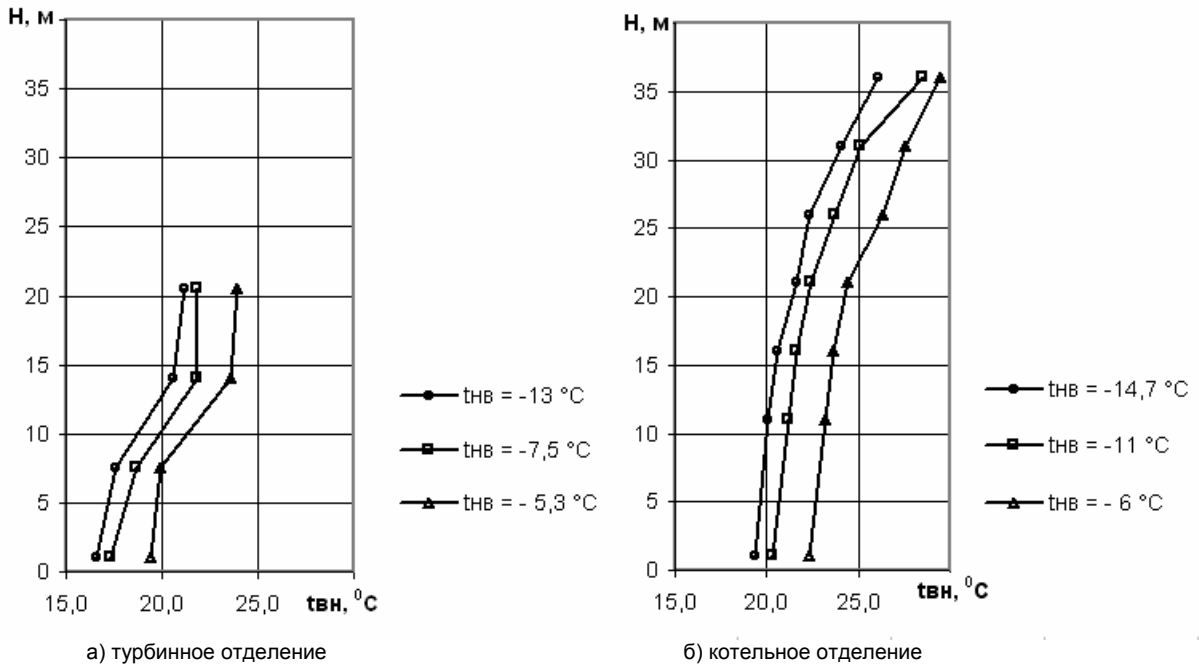


Рис. 3. Распределение температуры воздуха ( $t_{вн}$ ) по высоте главного корпуса

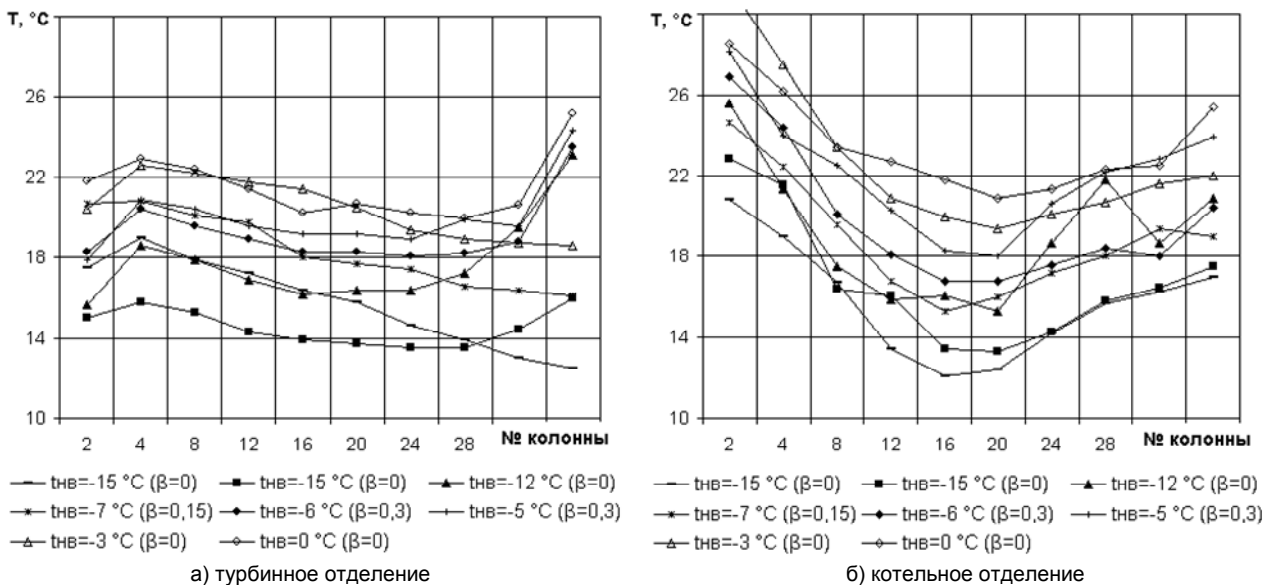


Рис. 4. Распределение температуры воздуха по длине станции на отметке 0,0 м

**Градиент температуры по высоте главного корпуса Костромской ГРЭС**

Ряд	Высота, м	Градиент температуры, °С/м
ряд А	1,0 ÷ 7,5	0,143
	7,5 ÷ 14,0	0,504
	14,0 ÷ 20,5	0,048
среднее значение по ряду А		0,232
ряд Б	1,0 ÷ 11,0	0,117
	11,0 ÷ 16,0	0,100
	16,0 ÷ 20,0	0,032
среднее значение по ряду Б		0,083
ряд В I очередь	1,0 ÷ 11,0	0,175
	11,0 ÷ 16,0	0,104
	16,0 ÷ 21,0	0,297
	21,0 ÷ 26,0	0,185
	26,0 ÷ 31,0	0,304
	31,0 ÷ 36,0	0,354
среднее значение по ряду В (I очередь)		0,236
ряд В II очередь	1,0 ÷ 11,0	0,085
	11,0 ÷ 16,0	0,087
	16,0 ÷ 21,0	0,171
	21,0 ÷ 26,0	0,266
	26,0 ÷ 31,0	0,297
	31,0 ÷ 36,0	0,478
среднее значение по ряду В (II очередь)		0,231
ряд Г I очередь	9,0 ÷ 15,5	0,347
	15,5 ÷ 22,0	0,320
	22,0 ÷ 28,5	0,120
	28,5 ÷ 34,5	0,330
	34,5 ÷ 37,5	0,250
среднее значение по ряду Г (I очередь)		0,273
ряд Г II очередь	1,0 ÷ 7,5	0,212
	7,5 ÷ 14,0 м	0,251
	14,0 ÷ 20,5	0,086
	20,5 ÷ 26,5	0,224
	26,5 ÷ 32,5	0,392
	32,5 ÷ 37,5	0,434
	37,5 ÷ 41,5	0,250
среднее значение по ряду Г (II очередь)		0,264

Экспериментальное исследование тепловоздушного режима показало, что параметры микроклимата (температура в рабочей зоне, скорости воздуха и влажность), в основном, соответствуют санитарным нормам. Однако при температурах наружного воздуха ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  температура в рабочей зоне на отметке 0,0 м опускалась ниже допустимой. Кроме этого, во время всех экспериментов зафиксировано пониженное в 1,5–2 раза по отношению к нормативу значение относительной влажности воздуха. Во время весенних испытаний при частично открытых фрамугах и фонаре II очереди скорости воздуха в ряде зон на границе машинного и котельного отделений в 3–5 раз превышали предусмотренное нормативными документами. Также были зафиксированы обратные перетоки воздуха из котельного в машинное отделение, что свидетельствует о нарушении вентиляции верхней зоны машинного отделения.

В результате эксперимента также было установлено влияние степени открытия шиберов на всасе

дутьевых вентиляторов и изменения температуры наружного воздуха на температуру воздуха внутри корпуса. Анализ экспериментальных данных показал, что открытие шиберов на всасе дутьевых вентиляторов на 50 % на двух блоках из четырех работающих приводит к изменению температуры внутри корпуса не более чем на  $1^{\circ}\text{C}$ . Увеличение температуры наружного воздуха на  $1^{\circ}\text{C}$  приводит к росту температуры внутри корпуса в среднем на  $0,4^{\circ}\text{C}$ .

По результатам экспериментов рассчитаны коэффициенты тепловыделений в рабочую зону (коэффициенты эффективности воздухообмена) и градиенты температур по высоте машинного и котельного отделений (см. таблицу).

Коэффициент тепловыделения в рабочую зону рассчитывали по формуле

$$m = \frac{\Delta t_{pz}}{\Delta t_{yx}} = \frac{t_{pz} - t_{nv}}{t_{yx} - t_{nv}}, \quad (1)$$

где  $t_{nv}$  – температура наружного воздуха;  $t_{pz}$  – температура воздуха в рабочей зоне;  $t_{yx}$  – температура воздуха, уходящего из главного корпуса.

При допущении о линейном характере изменения температуры воздуха по высоте помещения  $t_{yx}$  можно найти по формуле

$$t_{yx} = t_{pz} + (h_{\Sigma} - h_{pz}) \nabla t, \quad (2)$$

где  $\nabla t$  – градиент температуры по высоте помещения;  $h_{\Sigma}$  – расстояние между центрами приточных и вытяжных отверстий;  $h_{pz}$  – высота рабочей зоны.

Среднее значение коэффициента тепловыделения в рабочую зону, рассчитанного по данным таблицы, для котельного отделения составило 0,786, а для машинного отделения – 0,926. Данные величины существенно (в 1,5–2 раза) отличаются от принятых в проекте.

**Заключение**

Выполненное экспериментальное обследование микроклимата главного корпуса с блоками 300 МВт Костромской ГРЭС показало, что все основные параметры микроклимата (температура в рабочей зоне и скорости воздуха) соответствуют санитарным нормам. Влажность воздуха занижена по отношению к нормативу в ~ 2 раза.

По результатам экспериментов рассчитаны коэффициенты тепловыделений в рабочую зону (коэффициенты эффективности воздухообмена) и градиенты температур по высоте машинного и котельного отделений.

**Список литературы**

1. СНиП II-58-75. Электростанции тепловые, 1976.
2. РД 34.21.401-90. Методические указания по испытанию и наладке тепловоздушного режима главных корпусов ТЭС: СПО ОРГРЭС, 1991.

Бухмиров Вячеслав Викторович,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теоретических основ теплотехники,  
телефон (4932) 26-97-78,  
e-mail: buhmirov@tot.ispu.ru

Ракутина Дарья Валерьевна,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры теоретических основ теплотехники,  
телефон (4932) 26-97-76.

Гильмутдинов Алексей Юрьевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирант кафедры теоретических основ теплотехники,  
e-mail: awr@dsn.ru