

Оценка теплового воздействия сбросов ТЭЦ с использованием модели гидродинамического факела (на примере ТЭЦ г. Казани)

Тана Хассан, канд. техн. наук, доцент¹

Р.Я. Дыганова, заведующая кафедрой, д-р биолог. наук, профессор²

¹Университет Дамаска, Сирия

²Казанский государственный энергетический университет

e-mail: thanahassan@gmail.com, Dyganova.roza@yandex.ru

Ключевые слова:

тепловые сбросы,
природный водоем-охладитель,
тепловой факел,
модель гидродинамического факела.

Представлены результаты расчета теплового воздействия сбросов тепловой электрической станции на водоем-охладитель, выполненного с помощью модели гидродинамического факела. Изучено распределение температуры в непосредственной близости от точки сброса и оценена конфигурация теплового факела в результате сброса теплых вод в природный водоем.

1. Введение

Одной из наиболее острых экологических проблем водоемов-охладителей объектов энергетики является их тепловое загрязнение, возникающее в результате поступления термически нагретых вод, сбрасываемых после охлаждения энергетического оборудования. Согласно санитарным нормам и правилам СанПиН 2.1.9.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» летняя температура воды в водоеме в результате сброса сточных вод не должна превышать более чем на 3°C среднемесячную температуру самого жаркого месяца года за последние 10 лет.

Для прогноза влияния тепловых сбросов ТЭЦ с выявлением участков водоема с повышенной температурой, превышающей установленные нормативы, широко используются методы построения математических моделей. Использование программного комплекса CORMIX (Корнельская экспертная система для зоны смешивания), разработанная Управлением по охране окружающей среды США, позволяет смоделировать конфигурацию теплового факела в водоеме при наличии фактических данных по морфометрическим, гидрологическим, температурным условиям, соответствующих экологическим параметрам конкретного водоприемника.

Озеро, расположенное в черте г. Казани, используется в качестве пруда-охладителя ТЭЦ (мощностью электрической — 220 МВт, тепловой — 630 Гкал/ч). Отработанная теплая вода сбрасывается в циркуляционный канал и далее в озеро. В данной работе была использована модель CORMIX для оценки теплового факела в результате сброса теплых вод ТЭЦ в данное озеро.

2. Основные принципы CORMIX

CORMIX используется главным образом для прогнозирования геометрии и характеристик сброса с целью оценки его воздействия на окружающую среду.

После ввода исходных данных модель CORMIX вычисляет среднюю линию факела, ширину и глубину факела, а также среднюю линию концентрации и разбавления в течение времени перемещения факела в водоеме.

Общее поведение всплывающей поверхностной струи продиктовано в основном процессами ближнего поля струи. Любые переменные потока ближнего поля могут быть описаны в модели CORMIX как функции этих независимых переменных [1]:

$$\Phi = f(Q_0, M_0, J_0, u_a, s, H, h_0, b_0, \sigma), \quad (1)$$

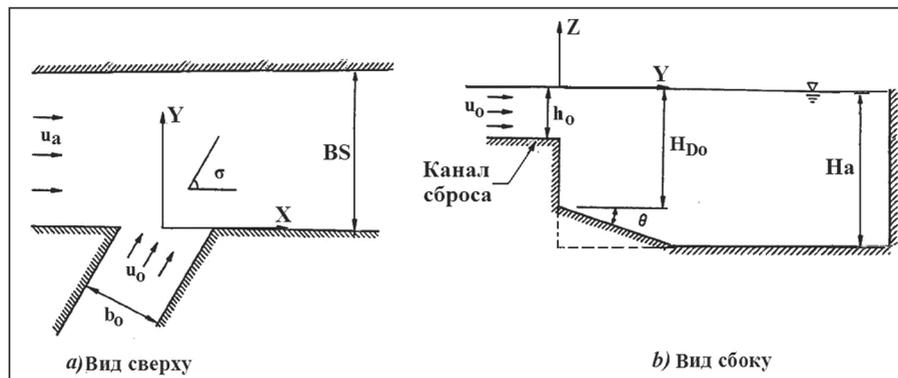


Рис. 1. Предполагаемая схематизация водоема в CORMIX
(θ — угол уклона дна при выпуске, H_{Do} — локальная глубина водоема при выпуске, H_a — средняя глубина водоема, u_0 — скорость разгрузки канала)

где: Q_0 , m^3/c ; M_0 , m^4/c^2 ; J_0 , m^4/c^3 — соответственно начальные объем, количество движения и плавучести потоков; u_a — скорость потока воды в водоеме, m/c ; s — расстояние вдоль траектории, m ; H — локальная глубина водоема, m ; h_0 и b_0 — глубина и ширина канала сброса, m ; σ — угол сброса.

Расчет с использованием программы CORMIX предполагает, что водоем прямоугольный в сечении с постоянной шириной BS и глубиной H_a (рис. 1).

В программе CORMIX используются масштабы длин для классификации режима течения и прогноза начального разбавления. Динамические величины сброса и их взаимодействия с окружающим потоком даются по следующим масштабам длины:

- масштаб длины сброса — L_Q , измеряющий отношение начального объема по сравнению с количеством движения потока, m ;
- масштаб длины «струи-на-факел» — L_M , измеряющий отношение начального количества движения к начальной плавучести потока, m ;
- масштаб длины «струи-на-поперечный поток» — L_m , измеряющий отношение начального количества движения к скорости поперечного потока, m ;
- масштаб длины «факел-на-поперечный поток» L_b , измеряющий отношение начального факела потока к поперечному потоку, m ;

$$L_Q = Q_0 / M_0^{1/2}; \quad (2)$$

$$L_M = M_0^{3/4} / J_0^{1/2}; \quad (3)$$

$$L_m = M_0^{1/2} / u_a; \quad (4)$$

$$L_b = J_0 / u_a^3. \quad (5)$$

Кроме того, гидродинамические процессы характеризуют следующие безразмерные параметры: число Фруда Fr_0 и параметр поперечного потока R :

$$Fr_0 = L_M / L_Q; \quad (6)$$

$$R = L_m / L_Q. \quad (7)$$

Различные конфигурации сброса могут привести к принципиально иной характеристике течения в ближнем поле. Это формирует основу для классификации всплывающей поверхностной струи. Можно выделить категории структуры потока ближнего поля: свободная струя (FJ), стенки струи (WJ), поток, прилегающий вплотную к береговой линии (SA), и обратное вторжение факела (PL) [2].

3. Входные данные, используемые при моделировании в среде CORMIX

В табл. 1 и 2 приведены основные технические данные для сценариев А, В, С, D, необходимые для проведения математического моделирования по изучению распределения температуры в непосредственной близости от точки сброса и оценке конфигурации теплового факела в результате сброса теплых вод в озеро.

Таблица 1

Основные неизменяемые параметры, используемые при проведении математического моделирования

H_a , м	u_a , м/с	σ , °	H_{Do} , м	σ , °	b_0 , м	h_0 , м
7,1	0,4	60	1	1,67	5	1

Концентрация сброса, в среде CORMIX, определяется по сравнению с окружающей средой, поэтому для сценариев А и С (где $T_1 = 4$ и $26^\circ C$) учитываются требования [3], согласно которым разница

Таблица 2

Основные переменные для сценариев проведенного математического моделирования и рекомендованные стандартами нормативные значения

Номер сценария	$Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	$T_1, \text{°C}$	$T_2, \text{°C}$	$\Delta T_0, \text{°C}$	$\Delta T_{\text{стан.}}, \text{°C}$
A (15 марта 2010)	1,60	4,0	14,0	10,0	3,0
B (25 мая 2010)	3,16	19,6	26,8	7,2	3,4
C (17 июля 2010)	3,33	26,0	34,0	8,0	3,0
D (4 сентября 2010)	2,93	18,0	27,0	9,0	5,0

Примечание: Q_0 – циркуляционный расход; T_1 – средняя температура воды на поверхности водного объекта; T_2 – температура воды озера в месте впадения канала стоков; $\Delta T_0 = T_2 - T_1$; $\Delta T_{\text{стан.}} = T_{\text{стан.}} - T_1$; $T_{\text{стан.}} = 23^\circ\text{C}$ – нормативная температура, установленная санитарными нормами и правилами СанПиН 2.1.9.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», по которым температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца.

между температурой тепловых сбросов и температурой воды в окружающей среде не должна превышать 3°C .

4. Результаты моделирования теплового факела сбросов ТЭЦ

Результаты математического моделирования по оценке конфигурации теплового факела в четырех сценариях в среде программы CORMIX представлены на рис. 2–3. Начало координат находится на поверхности воды в центре канала сбросных вод, ось X параллельна береговой линии со стороны циркуляционного канала и ось Y указывает на направление слева от наблюдателя, смотрящего вниз по течению, Z – глубина (см. рис. 2).

Из результатов моделирования, показанных на рис. 2–3, видно, что факел сбрасываемой воды, при-

легающий к береговой линии, классифицируется в среде программы CORMIX как факел «SA» и характеризуется созданием зоны рециркуляции потоков, которая уменьшает разбавление тепловых сбросов.

Результаты математического моделирования по изучению распределения температуры в непосредственной близости от точки сброса приведены на рис. 4, где $\Delta T = T - T_1$ – разность температуры воды в любой точке теплового факела и воды в озере.

Конечной целью моделирования являлось определение температурного распределения воды в районе сброса в озеро и расстояния от места сброса, на котором уровень температуры воды озера будет соответствовать допустимому.

В табл. 3 приведены результаты математического моделирования воздействия тепловых сбросов ТЭЦ на озеро и их соответствие нормативным требованиям для теплового сброса в водоемы.

Таблица 3

Параметры граничных значений теплового загрязнения факелов для четырех сценариев

Сценарий	Расстояние (вниз по течению), м	Полуширина факела, м	Толщина факела, м	Разбавление ($\Delta T_0/\Delta T$)
A	34,84	14,3	1,00	3,3
B	157,31	37,8	0,44	2,1
C	235,0	53,7	0,41	2,7
D	178,47	43,1	0,45	2,6

Данные, приведенные в табл. 3, позволяют сделать вывод о том, что участок зеркала озера, который под-

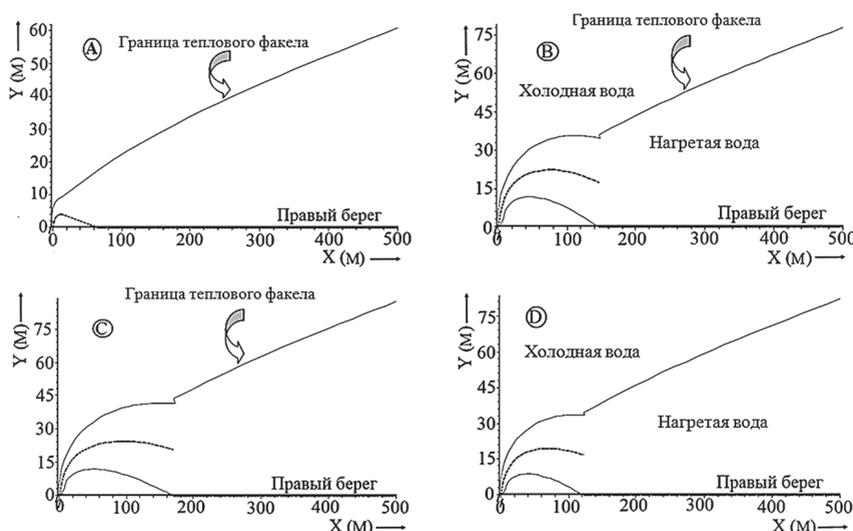


Рис. 2. Результаты математического моделирования данных по геометрии теплового факела, полученные в среде программы CORMIX (вид сверху)

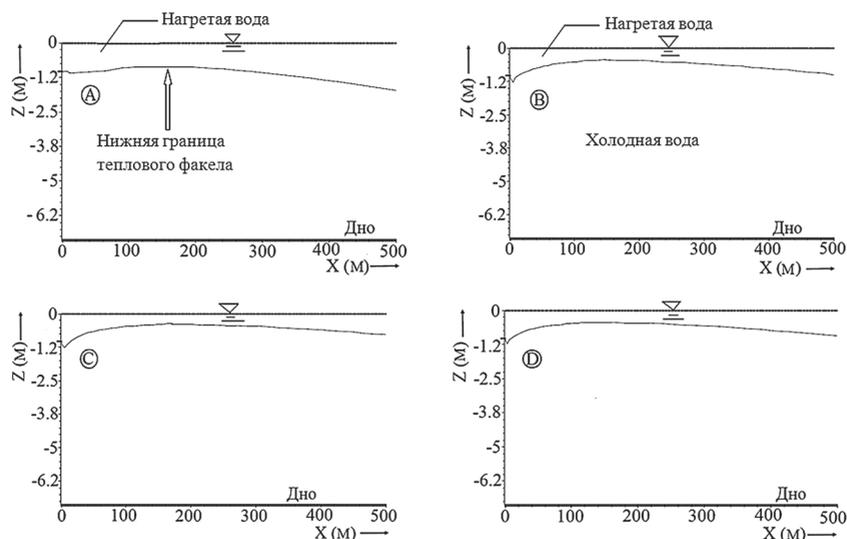


Рис. 3. Результаты математического моделирования данных по геометрии теплового факела, полученные в среде программы CORMIX (вид сбоку)

вержен тепловым загрязнениям со стороны сбросов подогретой воды ТЭЦ, составляет 235 м вниз по течению и около 100 м в ширину.

Для проверки результатов моделирования в среде программы CORMIX были использованы измерения температуры воды озера в июле и сентябре 2010 г. Данные измерений, представленные на рис. 4 (сценарии С и D), демонстрируют соответствие температуры воды в озере в июле и сентябре 2010 г. результатам математического моделирования. Кроме того, измеренная температура воды в озере (для сценария С) на расстоянии 100, 150, 200 м от места сброса теплых вод приблизительно равна средней температуре воды

данного озера (26°C). Эти данные также показывают направление теплового факела, прилегающего к береговой линии, вниз по течению.

5. Заключение

В ходе проведенной работы средствами программы CORMIX оценена конфигурация теплового факела теплых вод в водоеме охладителя ТЭЦ и определено распределение температуры в непосредственной близости от точки сброса. Результаты проведенного моделирования показали, что факел сбрасываемой воды прилегает к береговой линии вниз по течению. Участок зеркала водоема, который подвержен тепловым загрязнениям

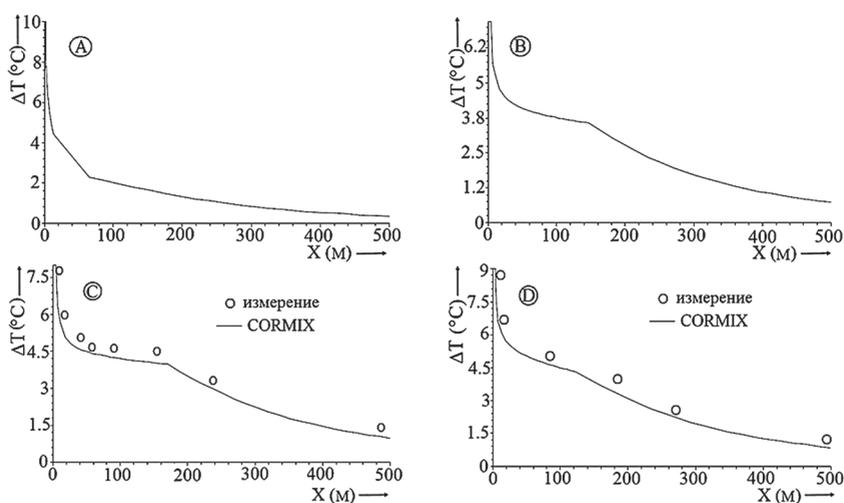


Рис. 4. Разность температуры вдоль оси факела для четырех сценариев

С – сопоставление данных, полученных в среде программы CORMIX, с измеренной температурой воды озера в июле 2010 г.,
D – сопоставление данных, полученных в среде программы CORMIX, с измеренной температурой воды озера в сентябре 2010 г.)

со стороны сбросов теплой воды ТЭЦ, составляет 235 м вниз по течению и около 100 м в ширину.

Проведенные расчеты позволили разработать ряд инженерных решений для снижения вредного воз-

действия тепловых сбросов ТЭЦ на экосистему природного водоема (о. Кабан в г. Казани). Инженерные решения и их экологический и социально-экономический анализы представлены в работах [4, 5, 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Jones G.R., Nash J.D., Jirka G.H. CORMIX3: an expert system for mixing zone analysis and prediction of buoyant surface discharges // DeFrees Hydraulics Laboratory, Cornell University, 1996.
2. Robert L.D., Jirka G.H. CORMIX user manual: A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters // EPA-823-K-07-001, December 2007.
3. Jirka G.H., Donker R.L., Hinton S.W. User's manual for CORMIX: A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface Waters // Environmental protection agency, Tech. Rep., Environmental research Lab, Athens, Georgia, USA, 1996.
4. Дыганова Р.Я., Хассан Т. Инженерные решения по снижению воздействия тепловых сбросов энерготехнологических установок на качество вод водоемов-охладителей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — Казань: КГЭУ, 2010. — № 5–6. — С. 105–109.
5. Хассан Т. Снижение воздействия тепловых сбросов энерготехнологических установок брызгальными устройствами // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — Казань: КГЭУ, 2010. — № 7–8. — С. 141–143.
6. Хассан Т. Сравнительный анализ инженерных решений по снижению теплового загрязнения водоема-охладителя ТЭЦ // Депонировано в ВИНТИ 25.03.2010. № 177-B2010.

Thermal Effect Assessment of Combined Heat and Power Plant Dumpings With Use of Hydrodynamic Flare Model (on the Example of Kazan Combined Heat and Power Plant)

Tana Khassan, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Damask University, Syria

R.Ya. Dyganova, Head of Chair, Doctor in Biology, Professor, Kazan State Energy University

The mathematical calculation results related to thermal effect of thermal power plant dumping on a cooling reservoir, carried out by means of hydrodynamic flare model are presented. The temperature distributions in close proximity to a point of dumping are studied and the thermal flare configuration as a result of dumping of thermal waters at a natural reservoir is estimated.

Keywords: thermal effluent, natural cooling reservoir, thermal flare, hydrodynamic flare model.

«Эксперт РА» начал подготовку рейтинга вузов России 2013 г.

Рейтинговое агентство «Эксперт РА» объявило о начале подготовки ежегодного рейтинга вузов РФ и приглашает российские вузы принять участие в анкетировании, которое продлится до 31 мая 2013 года. В рейтинге не могут участвовать вузы творческой и спортивной направленности, а также вузы силовых ведомств.

На втором этапе подготовки будут проводиться опросы референтных групп — академического и научного сообщества, работодателей, студентов и выпускников; кроме того, будет осуществляться сбор иной статистической информации. О старте второго этапа будет сообщено дополнительно.

Рейтинговое агентство «Эксперт РА» осуществляет подготовку ежегодного рейтинга высших учебных заведений России с 2012 года при поддержке фонда Олега Дерипаска «Вольное Дело». Рейтинг вузов РФ «Эксперта РА», в частности, был представлен в Общественной палате РФ, где получил высокую оценку от российского академического сообщества.

«Эксперт РА» является полноправным членом-участником IREG Observatory — одной из самых авторитетных международных организаций в области ранжирования университетов. В 2013 году по итогам совещаний экспертной группы с участием руководителей ведущих вузов РФ были внесены коррективы в методику рейтинга.

С подробной информацией можно ознакомиться на сайте: http://www.raexpert.ru/project/vuz_rating/2013/analytics/