

тов при том же условии зависят от коэффициента заложения откоса. Анализ уравнений предельного равновесия и пробные расчеты устойчивости откосов свидетельствуют, что значение $\text{ctg} \varphi$ увеличивается примерно пропорционально и погрешности гипотез мгновенного снижения уровня бьефа и установившейся депрессионной поверхности вне границ $0,05 < \alpha < 5$ остаются в прежних допустимых пределах независимо от значения m .

ЛИТЕРАТУРА

1. Можевитинов А. Л., Сулейманов И. А.-Г. Расчет неустановившейся фильтрации в грунтовых плотинах. Изв. ВНИИГ, т. 122, 1978.
2. Можевитинов А. Л., Шинтемиров М. Расчеты устойчивости земляных откосов. (Сб. трудов по гидротехнике и гидростроительству НТС Минвуза СССР и РСФСР). М., «Наука», 1970.

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

УДК 628.8.001.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ВВОДОВ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ПРИСОЕДИНЕНИЕМ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ОТОПЛЕНИЯ

Ю. Л. ЛИПОВКА

Новосибирский инженерно-строительный институт имени В. В. Куйбышева

Задача экспериментальных исследований — обоснование основных зависимостей, теоретически полученных в работах [1, 2]. Для проведения опытов были смонтированы специально оборудованные промышленные установки на вводах функционирующих зданий в городах Омске, Братске и Новосибирске.

На первом этапе проводились натурные замеры для получения фактических режимов работы абонентских теплофикационных вводов в реальных условиях. На втором — велись эксперименты по методу факторного планирования с целью изучения влияния различных сочетаний основных первичных факторов на работу последовательно включенных систем теплоснабжения калориферной и отопительной установок.

На рис. 1 приведена принципиальная схема установки с указанием мест размещения датчиков и измерительных приборов.

Испытываемый комплекс включает в себя абонентский теплофикационный ввод, калориферную и вентиляционную установки, а также отапливаемые помещения. Основные измерительные приборы сосредото-

точены в индивидуальном тепловом пункте здания и соединены удлиняющими проводами с первичными преобразователями.

В качестве датчиков температуры использованы терморезисторы (ПТС), сопротивления которых измерялись по нулевому методу универсальным измерительным прибором УПИП-60м, соединенным с датчиками через пульт переключения. Ввиду отсутствия единой градуировочной таблицы для данного типа ПТС, каждый датчик градуировался индивидуально.

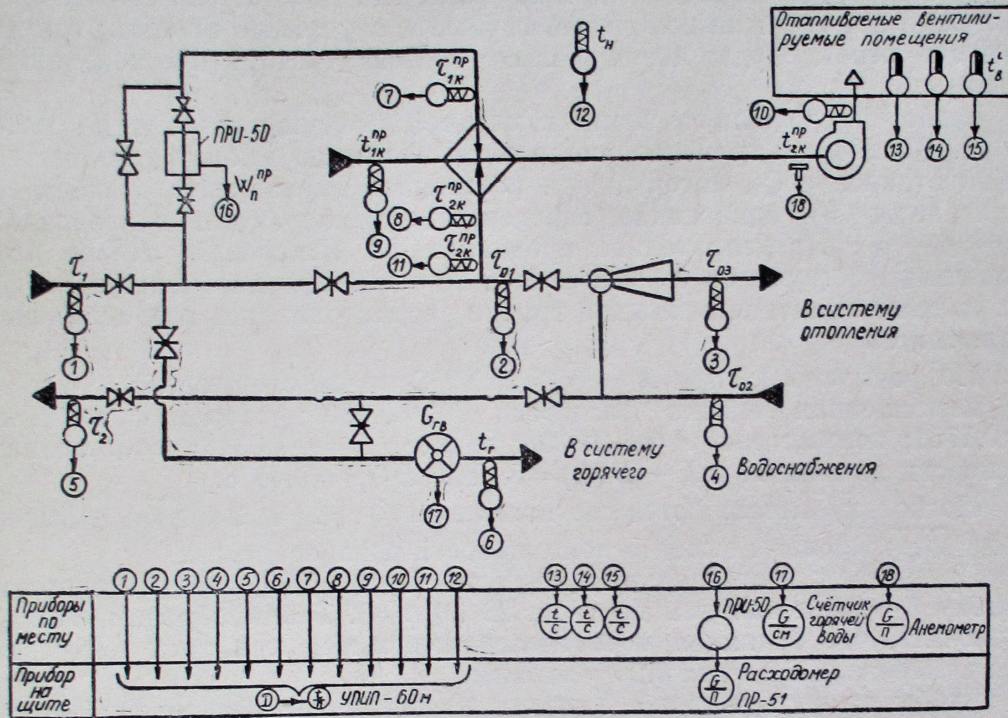


Рис. 1. Схема испытываемого комплекса

Измерение расходов сетевой воды производилось электромагнитным расходомером ИР-51, преобразователь ПРИ-50э которого был установлен на трубопроводе и соединен с измерительным устройством ИУ-51.

Величина непосредственного водоразбора замерялась счетчиком горячей воды PEWG POWOGAZ, установленном на технической врезке, имитирующей водоразбор. Опыты проводились в административном здании в ночное время при отключенной существующей установке. Расход воздуха через калориферную установку определялся чашечным анемометром и микроанометром ММН-240.

На всем протяжении замеров осуществлялась непрерывная автоматическая запись температур воздуха в контрольных помещениях недельным и суточным термографами.

Порядок проведения отдельного опыта:
 фиксировался заслонкой определенный расход воздуха через вентиляционную установку $G_v^{пр}$, который впоследствии не изменялся;
 один раз в сутки перекрывался поток теплоносителя через преобразователь расхода и выверялся нуль расходомера;

устанавливался требуемый расход сетевой воды на ввод G_n^0 при отсутствии водоразбора;

устанавливался расход воды на горячее водоснабжение, для чего фиксировались показания (начальное $G_{гв}^I$ и конечное $G_{гв}^{II}$) счетчика горячей воды за время z , измеренное секундомером;

прибором УПИП-60м регистрировались показания терморезисторов, измеряющих температуры сетевой воды на вводе $\tau_1, \tau_{01}, \tau_2$; местной воды в системе отопления τ_{03}, τ_{02} ; в системе горячего водоснабжения t_r ; сетевой воды на входе и выходе из калориферной установки $\tau_{1k}^{np} : \tau_{2k}^{np}$; вентиляционного воздуха t_{1k}^{np}, t_{2k}^{np} ; наружного воздуха t_n .

Известно, что если измерение повторено достаточно много раз, то можно практически исключить грубые и случайные ошибки, так что точность ответа будет определяться только систематической ошибкой β_0 .

Выбор достаточного числа измерений n осуществлялся по методу [3]. В качестве косвенно измеряемой величины выбран расход тепла на отопление Q_0 , который при постоянном эквиваленте расхода сетевой воды W_0 однозначно определяется температурным перепадом $\delta\tau_0 = \tau_{01} - \tau_{02}$. Предварительно проведено 32 измерения. Далее они разбиты на 8 групп по 4 измерения в каждой. При дальнейших расчетах средние значения в каждой группе рассматривались как единичное измерение.

По формулам [3] при $\bar{x} = \bar{\delta\tau_0} = 29,99^\circ\text{C}$ имеем следующее: несмещенная оценка дисперсии $D\xi = 0,0307$; стандарт выборки $s = 0,1751$; асимметрия $A \approx -0,8238$; эксцесс $E = -1,0348$; собственные дисперсии величин A и $E - D(A) = 0,4242$; $D(E) = 0,4973$.

Поскольку выполняются соотношения $|A| \leq 3\sqrt{D(A)}$ и $|E| \leq 5\sqrt{D(E)}$, делаем вывод о нормальности распределения.

Принимаем доверительную вероятность $p_0 = 0,95$, систематическую ошибку $\beta_0 = 0,5$ и находим по табл. 23 [3] $n = 3$. Таким образом, можно заключить, что заданная вероятность получается при трех независимых измерениях в идентичных условиях.

Чтобы выявить влияние каждого из первичных факторов (температура в подающей линии тепловой сети τ_1 , расход сетевой воды при отсутствии водоразбора G_n^0 и величина непосредственного водоразбора $G_{гв}$), каждому задается по 5 значений. Тогда полное число опытов, учитывая число повторений ($n = 3$) и принимая во внимание, что опыты проводились в двух различных режимах (водоразбор из подающего и обратного трубопроводов), составит $2 \cdot 3 \cdot 5^3 = 750$.

Сокращение числа опытов в работе осуществлено за счет систематического изменения всех влияющих факторов по методу рационального планирования экспериментов, при котором каждое сочетание трех влияющих факторов встречается только один раз.

Рациональный план экспериментов, блочно рандомизированный по фактору τ_1 при пяти значениях факторов $G_n^0, G_{гв}^{обр} (G_{гв}^{под})$ и трех значениях τ_1 без учета повторений замеров, представлен в табл. 1. Средние значения уровней факторов сведены в табл. 2.

В результате экспериментов при указанных в табл. 1 сочетаниях первичных факторов были получены соответствующие значения функций $Q_{гв}, Q_0, \tau_{01}, \alpha_{пр}$. Обработка результатов замеров проведена по методике М. М. Протодьяконова с целью нахождения эмпирических формул, которые охватывали бы влияние всех трех первичных факторов. Покажем ее на примере получения зависимости $Q_{гв} = f(G_n^0, \tau_1, G_{гв}^{обр})$.

Результаты парного усреднения экспериментальных значений $Q_{гв}$ по независимым переменным G_n^0, τ_1 и $G_{гв}^{обр}, \tau_1$ приведены на рис. 2

(вверху). Из графиков зависимости результатов Q_b от каждого из факторов в отдельности при средних значениях прочих факторов видно, что наиболее сильно влияет фактор G_n^0 , несколько слабее фактор τ_1 , влияние фактора $G_{гв}^{обр}$ выражено неявно.

Таблица 1
Рациональный план экспериментов

Фактор № замера	τ_1	G_n^0	$G_{гв}^i$
I	1	1	1
II	1	2	4
III	1	3	2
IV	1	4	5
V	1	5	3
VI	2	2	2
VII	2	3	5
VIII	2	4	3
IX	2	5	1
X	2	1	4
XI	3	3	3
XII	3	4	1
XIII	3	5	4
XIV	3	1	2
XV	3	2	5

Таблица 2
Средние значения уровней факторов
 $\tau_1, G_n^0, G_{гв}^i$

Фактор Уровень	$\tau_1, ^\circ C$	$G_n^0, т/ч$	$G_{гв}^i, т/ч$
1	61,86/65,12	2,79/2,83	0,00/0,00
2	74,09/73,52	3,07/3,07	2,23/1,06
3	85,17/86,17	3,36/3,36	3,99/2,88
4		3,58/3,60	6,90/3,32
5		3,79/3,85	10,42/6,78

Примечание. В числителе — при водоразборе из обратного трубопровода; в знаменателе — из подающего.

Исходя из того, что экспериментальные точки зависимости Q_b от G_n^0 ложатся вблизи некоторой прямой, опишем ее посредством линейной функции, которую найдем по способу наименьших квадратов:

$$Q_b = 6,527 G_n^0 + 13,016. \quad (1)$$

Пользуясь этой эмпирической формулой, пересчитаем все исходные данные на одно и то же среднее значение фактора $G_n^0 = 3,36$ т/ч (3 уровень).

Таким пересчетом (рис. 2, внизу) нейтрализуется действие наиболее сильного фактора G_n^0 , и тогда яснее выступает влияние других факторов.

Опишем вышеназванным методом влияние следующего по силе фактора τ_1 в виде степенной функции

$$Q_b = 2,122 \tau_1^{0,650}. \quad (2)$$

Поскольку после первого пересчета не выявлено влияние третьего фактора $G_{гв}^{обр}$, нейтрализуем действие τ_1 , в результате чего получим формулу

$$Q_b = 0,135 G_{гв}^{обр} + 34,261. \quad (3)$$

Основываясь на формулах (1) ÷ (3) парной корреляции и учитывая, что при выводе последних исходили из пересчета на средние, а не на единичные значения первичных факторов, формулу множественной корреляции получим в виде алгебраической суммы:

$$Q_b = 6,527 G_n^0 + 2,122 \tau_1^{0,650} - 0,135 G_{гв}^{обр} - 21,245. \quad (4)$$

Результаты сравнения экспериментальных значений Q_b с вычисленными по формуле (4) показывают, что среднее отклонение составляет 3,6%.

Аналогично приведенному выше получены формулы для определения:

расхода тепла на вентиляцию

$$Q_v = 4,73 (G_n^0)^{1,5} + 8,758 (\tau_1)^{0,269} - 32,935 (G_{ГВ}^{под})^{-0,145}; \quad (5)$$

на отопление

$$Q_0 = 0,124 (\tau_1)^{1,541} + 32,02 (G_0)^{0,904} + 0,122 G_{ГВ}^{обп} - 95,292; \quad (6)$$

$$Q_0 = 0,526 \frac{(G_0)^{3,579} \exp(0,0051 \tau_1)}{(G_{ГВ}^{под})^{-0,298}}; \quad (7)$$

температуры сетевой воды перед элеватором системы отопления

$$\tau_{01} = 0,9 \tau_1 + 57,71 (G_n^0)^{0,085} + 0,0005 G_{ГВ}^{обп} - 66,6; \quad (8)$$

$$\tau_{01} = 25,204 \exp(0,012 \tau_1) + 44,945 (G_n^0)^{0,245} - 63,363 (G_{ГВ}^{под})^{-0,056}; \quad (9)$$

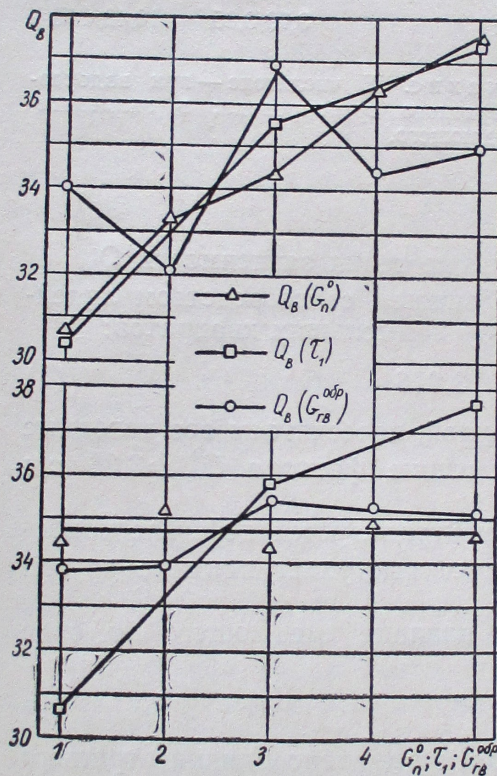


Рис. 2 Графики первых и вторых усреднений зависимостей функции Q_v от значений переменных факторов G_n^0 , τ_1 , $G_{ГВ}^{обп}$.

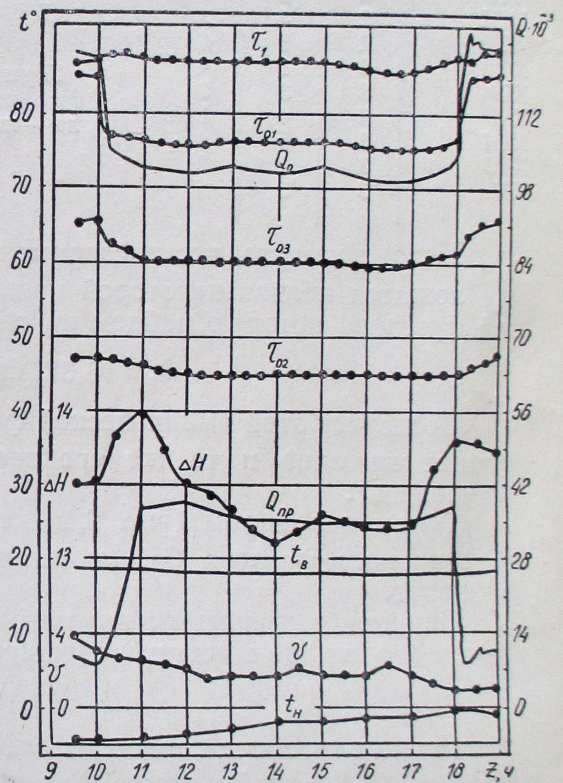


Рис. 3. Результаты натуральных замеров режима работы ввода

степени перераспределения часовых расходов тепла между предвключенной калориферной установкой и системой отопления

$$\alpha_{np} = 66,833 - 0,404 \tau_1 + 53,136 \exp(-0,112 G_n^0) - 38,523 \exp(-0,005 G_{ГВ}^{обп}); \quad (10)$$

$$\alpha_{np} = 22,262 \frac{\exp(0,109 G_{ГВ}^{под}) \tau_1^{-0,575}}{\exp(-0,814 G_n^0)}. \quad (11)$$

Результаты натуральных замеров режима работы абонентского ввода с соотношением максимальных часовых расходов тепла на предвключенную калориферную установку и систему отопления $\alpha_{пр} = 0,36$ представлены на рис. 3. Как видно из графиков, для переходных процессов, связанных с включением и выключением вентиляционной нагрузки, характерным является значительное отличие в скорости изменения температур по времени dt/dz . Если при включении вентилятора переход к установившемуся режиму температур t_{01} и t_{03} не превышает соответственно 15 и 60 мин., то этот процесс для температуры в обратном трубопроводе составляет более двух часов. Поэтому при проведении дискретных замеров по методу факторного планирования последние начались спустя 2,5 ч после включения вентилятора.

Анализ термограмм, записанных в контрольных помещениях, подтвердил полученные ранее [2] выводы о том, что амплитуда колебания температуры внутреннего воздуха при рекомендуемых $\alpha_{пр}$ находится в пределах $0,8 \div 1,5^\circ\text{C}$. Кроме того, при работающей предвключенной калориферной установке сокращается температура обратной воды. Последнее обстоятельство способствует улучшению показателей теплофикации тем значительнее, чем больше $\alpha_{пр}$ в пределах допустимого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липовка Ю. Л. Влияние непосредственного водоразбора на режимы работы последовательно включенных теплообменников. «Изв. вузов. Строительство и архитектура», 1979, № 6.
2. Липовка Ю. Л., Рохлецов Л. П. Исследование влияния неравномерности суточной теплоподачи на режим отапливаемых помещений. «Изв. вузов. Строительство и архитектура», 1978, № 1.
3. Калиткин Н. Н. Численные методы. М., «Наука», 1978.

УДК 628.3.001.5 : 667.214

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ТРАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ФЕРРИТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е. Б. БАЙСАЛБАЕВ

Московский ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт имени В. В. Куйбышева

В процессе травления черных металлов образуется большое количество отработанных травильных растворов. Регенерация этих растворов и возврат регенерированной кислоты в производство — большая народнохозяйственная задача.

В настоящее время предусматривается перевод всех существующих травильных производств на заводах черной металлургии на солянокислотное травление, с последующей регенерацией отработанной соляной кислоты по методу «Рутнера». Данный метод осуществляется в уста-