

6. Устройство для образования ступенчатой куполообразной жидкостной завесы. Пат. №5496 Респ. Беларусь, МПК В 05В 17/08 / В.М. Новиков, Б.Н. Житенёв, С.Г. Нагурный / Заявитель Брестский

гос. ун-т. – № и 20090090; заявл. 09.02.09; опубл. 30.08.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 4(69). – 188 с.

Материал поступил в редакцию 04.03.10

**NOVIKOV V.M., MEZENNAJA O.B., NAGURNYJ S.G. Laws of process of heat exchange in fan-driven gradirnia with sprinkler as four circles spillway with a round edge**

Regularities of heat-exchange process in the mechanical-draft towers with a sprinkler in the form of four tiers of round-crested weirs

In the paper is presented the heat-exchange in the mechanical-draft towers with a sprinkler in the form of four tiers of round-crested weirs in general outline and the applicability of this graduation tower as a chiller system.

УДК 551.524.36

**Валуев В.Е., Мешик О.П.**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Введение.** Температурные воздействия на здания и сооружения, вызванные климатическими и эксплуатационными изменениями температуры, в настоящее время учитываются Европейскими стандартами при определении расчетных параметров, если существует возможность превышения предельных состояний по несущей способности и эксплуатационной пригодности, вследствие температурных перемещений и/или напряжений конструктивных элементов [1]. Температурные воздействия на конструкции, в этом случае, должны быть установлены, в соответствии с нормами, для каждой расчетной ситуации. Суточные и сезонные изменения температуры наружного воздуха, солнечное излучение, обратное отражение приводят к изменению распределения температуры в составных элементах конструкции. Деформации и любые напряжения являются результатом изменений распределения температур в зависимости от геометрии, условий опирания, физических свойств материала конструктивных элементов.

Особенностью современного подхода к оценке годовой минимальной и максимальной температур наружного воздуха является использование их характеристических значений, соответствующих годовой вероятности превышения  $p=0,02$  для географического положения сооружения, установленных по национальным картам изотерм. В отдельных случаях эти значения необходимо корректировать применительно к высоте местности над уровнем моря, другим значениям вероятности превышения или при учете влияния азональных (местных) условий.

В местностях, где минимальные значения температур наружного воздуха отличаются от представленных на национальных картах изотерм, отклонения следует применять с учетом местных метеорологических данных. К ним относятся территории со скоплением холодного воздуха в низинах или хорошо защищенные низко расположенные местности. Здесь значения минимума температур воздуха существенно меньше указанных на картах изотерм. И, наоборот, в крупных районах с высокой плотностью населения минимум температур воздуха может быть выше картированных значений.

В условиях крупномасштабной мелиорации земель осуществлены значительные изменения в гидрографии регионов и изменения гидрологического режима водных объектов. Причем, могут иметь место изменения гидрологического режима самих водных объектов и изменения гидрологического режима в нижних бьефах и подкомандных зонах. За изменениями в гидрографии регионов, как правило, следуют: снижение уровней поверхностных вод, уменьшение площади водных объектов на осушенных территориях, изменения в структуре процесса суммарного испарения и, как следствие, – изменения термического режима на территории водосборов. Изменения гидрологического режима водных объектов приводят к адекватным изменениям их термического и ледового режимов: образованию устойчивого ледового покрова, опусканию льда на дно водохрани-

лищ при их сработке, стравливаю его в водохранилище, температурному расслоению водной массы; росту испарения, замедленному накоплению и отдаче запасов тепла. Изменения гидрологического режима в нижних бьефах водохранилищ и подкомандных зонах вызывают изменения термического и ледового режимов, что в свою очередь, приводит к выравниванию годового хода, понижению летних, повышению зимних температур воды, образованию незамерзающих полыней. В обоих случаях (изменения в гидрографии; изменения гидрологических режимов водных объектов) необходимо корректировать минимальные и максимальные значения температуры наружного воздуха, указанные на картах изотерм, с учетом местных метеорологических данных прибрежных районов.

**Методика и результаты исследований.** В качестве базовых характеристик температуры наружного воздуха в оценках температурных воздействий на конструкции, в соответствии с EN 1991-1-5 [1], используются: максимальная температура наружного воздуха ( $T_{max}$ ) и минимальная температура наружного воздуха ( $T_{min}$ ) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$ , соответствующей периоду повторяемости 50 лет. В исследованиях нами приняты 60-летние ряды абсолютных максимумов и минимумов температур воздуха по данным 50 метеостанций Беларуси. Временная изменчивость температур воздуха достаточно хорошо описывается нормальным законом распределения вероятностей, что дало возможность по среднему квадратическому отклонению и среднему многолетнему значению температуры получить величины расчетной обеспеченности по формуле:

$$T_p = \bar{T} \cdot \left( \Phi_p \cdot \frac{\sigma}{\bar{T}} + 1 \right), \quad (1)$$

где  $T_p$  – величина температуры наружного воздуха расчетной обеспеченности, °С;

$\bar{T}$  – среднее многолетнее значение температуры воздуха, °С;

$\Phi_p$  – нормированное отношение ординаты кривой обеспеченности;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

На рис. 1, 2 представлены разработанные нами карты изотерм, представляющие собой характеристические значения температур воздуха и вошедшие в Национальное приложение к EN 1991-1-5 [1].

Значения температурных воздействий для переходных расчетных ситуаций EN 1991-1-5 предлагает устанавливать с использованием следующей методики [1].

Если максимальное (или минимальное) значение температуры наружного воздуха ( $T_{max,p}$ ) или ( $T_{min,p}$ ) базируется на годовой вероятности превышения ( $p$ ), отличной от 0,02, отношение  $T_{max,p} / T_{max}$  и  $T_{min,p} / T_{min}$  может быть определено из рис. 3.

**Валуев Владимир Егорович, к.т.н., доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.**

.Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

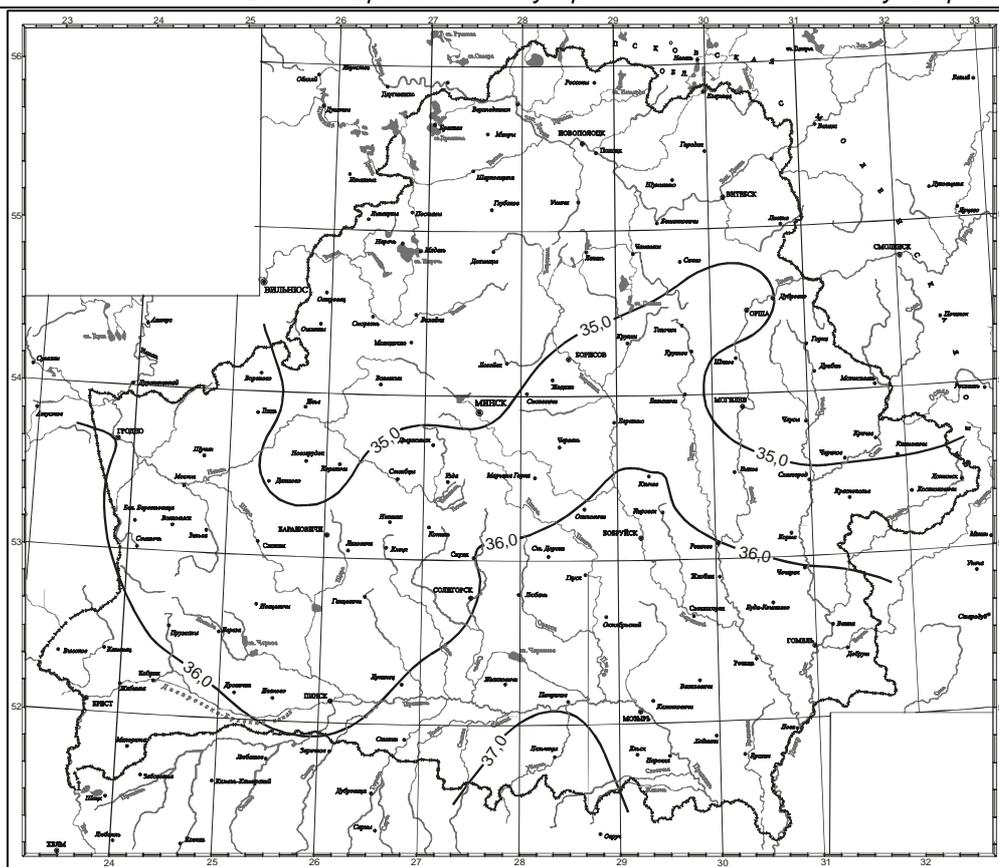


Рис. 1. Максимальная температура наружного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$

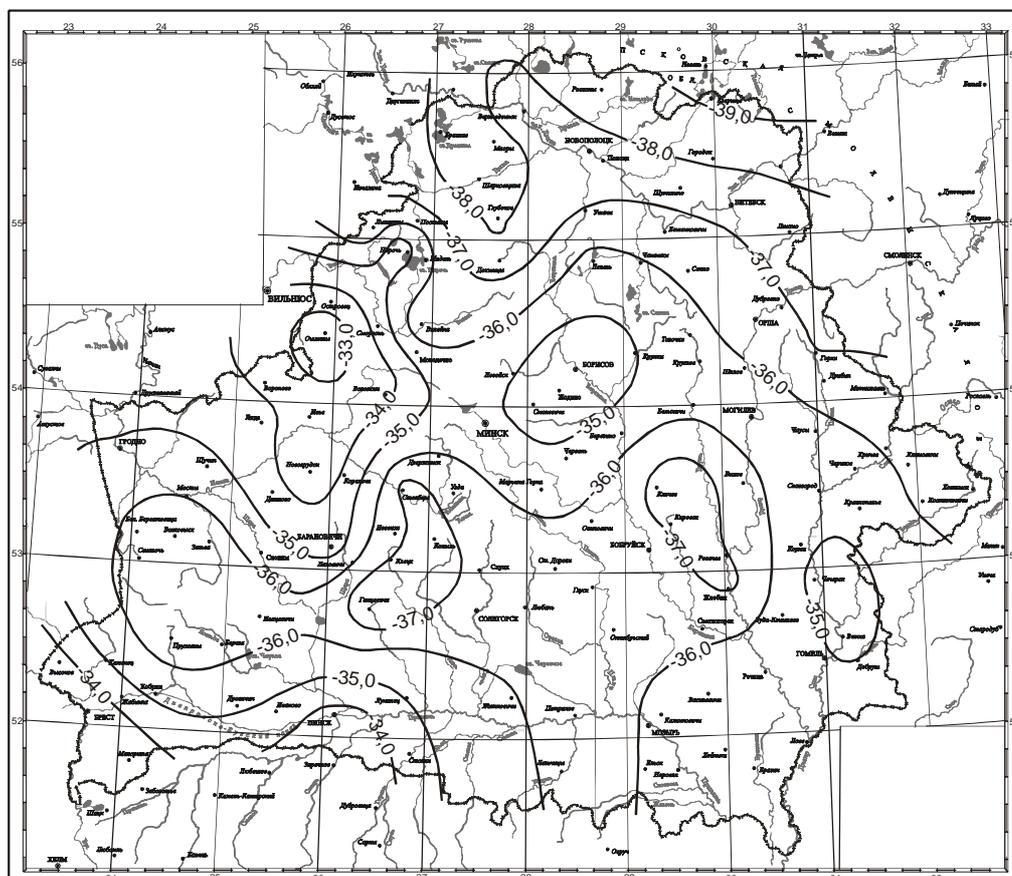


Рис. 2. Минимальная температура наружного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$

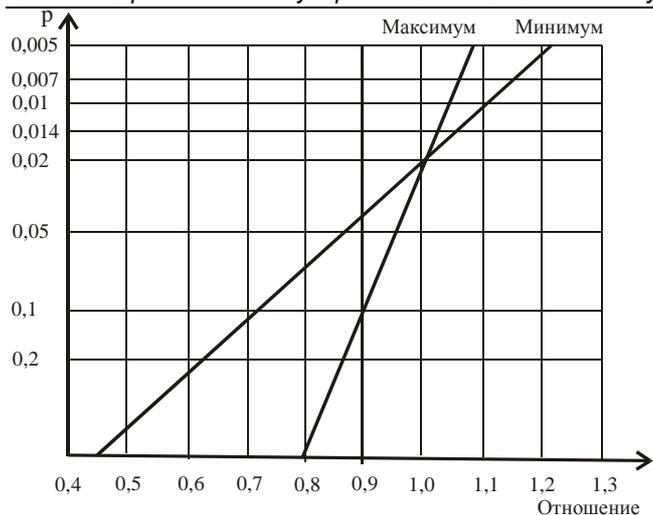


Рис. 3. Отношения  $T_{max,p} / T_{max}$  и  $T_{min,p} / T_{min}$

В общем случае ( $T_{max,p}$ ) или ( $T_{min,p}$ ) может быть получено из формул, основанных на распределении экстремальных значений температур:

$$\text{для } T_{max,p} = T_{max} \{k_1 - k_2 \ln [- \ln (1-p)]\}, \quad (2)$$

$$\text{для } T_{min,p} = T_{min} \{k_3 + k_4 \ln [- \ln (1-p)]\}, \quad (3)$$

где  $T_{max}$  ( $T_{min}$ ) – значение максимальной (минимальной) температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02;

$$k_1 = (u, c) / \{(u, c) + 3,902\}; \quad (4)$$

$$k_2 = 1 / \{(u, c) + 3,902\}; \quad (5)$$

$$k_3 = (u, c) / \{(u, c) - 3,902\}; \quad (6)$$

$$k_4 = 1 / \{(u, c) - 3,902\}; \quad (7)$$

где  $u, c$  – параметры вида и функции распределения годовых максимумов температуры наружного воздуха, зависящие от среднего значения ( $m$ ) и стандартного отклонения ( $\sigma$ ) выборки экстремальных значений:

$$\text{для максимума: } (u = m - 0,57722 / c \text{ и } c = 1,2825 / \sigma), \quad (8)$$

$$\text{для минимума: } (u = m + 0,57722 / c \text{ и } c = 1,2825 / \sigma). \quad (9)$$

При отсутствии информации о параметрах ( $u$ ) и ( $c$ ), EN 1991-1-5 [1] рекомендует применять следующие значения:  $k_1 = 0,781$ ;  $k_2 = 0,056$ ;  $k_3 = 0,393$ ;  $k_4 = -0,156$ .

Выполненные нами исследования для территории Беларуси позволили получить для годовых максимумов следующие значения соответствующих параметров:  $m=31,1$ ;  $\sigma=2,07$ ;  $u=30,1683$ ;  $c=0,6196$ ;  $k_1=0,827$ ;  $k_2=0,044$ .

Таблица 1. Максимальные температуры воздуха ( $T_{max}$ ) различных вероятностей превышения ( $p$ ) для Минска, полученные различными способами, °С

Вероятность превышения	Способ определения ( $T_{max,p}$ )			
	по графику (рис. 3)	по рекомендуемым EN 1991-1-5 [1] коэффициентам $k_1=0,781, k_2=0,056$	по средним для территории Беларуси коэффициентам $k_1=0,827, k_2=0,044$	по коэффициентам $k_1=0,832, k_2=0,043$ для Минска
$p=0,01$	36,1	36,0	35,7	35,7
$p=0,1$	31,2	31,5	32,1	32,2

Таблица 2. Максимальные температуры воздуха ( $T_{min}$ ) различных вероятностей превышения ( $p$ ) для Минска, полученные различными способами, °С

Вероятность превышения	Способ определения ( $T_{min,p}$ )			
	по графику (рис. 3)	по рекомендуемым EN 1991-1-5 [1] коэффициентам $k_3=0,393, k_4=-0,156$	по средним для территории Беларуси коэффициентам $k_3=0,608, k_4=-0,101$	по коэффициентам $k_3=0,620, k_4=-0,097$ для Минска
$p=0,01$	-38,6	-39,0	-37,6	-37,4
$p=0,1$	-25,6	-26,1	-29,3	-29,4

Пространственная изменчивость итоговых коэффициентов ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ) для территории Беларуси незначительна, например: в Минске –  $k_1=0,832, k_2=0,043$ ; в Лельчицах (наибольшие значения ( $T_{max}$ )) –  $k_1=0,847, k_2=0,039$ ; в Езерицах (наименьшие значения ( $T_{max}$ )) –  $k_1=0,825, k_2=0,045$ . Обеспеченные величины ( $T_{max,p}$ ), полученные по значениям коэффициентов ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ) для конкретных пунктов и средним для территории Беларуси, имеют различия в пределах статистической погрешности, что дает возможность принимать единые для всей исследуемой территории коэффициенты ( $k$ ).

В таблице 1 приведены результаты расчетов ( $T_{max}$ ) различными способами для Минска.

Результаты таблицы 1 свидетельствуют о различиях между значениями ( $T_{max,p}$ ), полученными нами различными способами, в том числе по способам, рекомендуемым EN 1991-1-5 [1].

Подобно годовым максимумам исследованы параметры годовых минимумов температур воздуха на территории Беларуси и получены следующие значения соответствующих параметров:  $m=-25,3$ ;  $\sigma=4,90$ ;  $u=-23,0946$ ;  $c=0,2617$ ;  $k_3=0,608$ ;  $k_4=-0,101$ .

В таблице 2 приведены результаты расчетов ( $T_{min}$ ) различными способами для Минска.

Пространственная изменчивость коэффициентов ( $k_3$ ) и ( $k_4$ ) в пределах территории Беларуси несколько больше коэффициентов ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ), однако конечные результаты определения ( $T_{min,p}$ ) по коэффициентам ( $k_3$ ) и ( $k_4$ ) для конкретных пунктов не дают существенных расхождений между температурами ( $T_{min,p}$ ), полученными по средним для территории Беларуси значениям ( $k_3$ ) и ( $k_4$ ).

**Заключение**

1. На современном этапе развития прикладных исследований оценка температурных воздействий на конструкции зданий и сооружений на территории Беларуси базируется на характеристических значениях температур воздуха ( $T_{max}$ ) и ( $T_{min}$ ) с годовой вероятностью превышения  $p=0,02$ , представленных на соответствующих картах изотерм (рис. 1, 2).
2. При изменениях гидрографической сети и гидрологических режимов водных объектов необходима корректировка максимальных и минимальных значений температур наружного воздуха, представленных на рис. 1, 2.
3. Для переходных расчетных ситуаций, требующих значения максимальных и минимальных температур наружного воздуха с годовой вероятностью превышения, отличной от  $p=0,02$ , не рекомендуется использовать коэффициенты ( $k_1$ ), ( $k_2$ ), ( $k_3$ ), ( $k_4$ ) уравнений (2) и (3), а также отношения  $T_{max,p} / T_{max}$  и  $T_{min,p} / T_{min}$  (рис. 3), предлагаемые EN 1991-1-5 [1], в связи со стати-

стически значимыми отклонениями температур воздуха, полученными по реальным метеорологическим данным для территории Беларуси.

4. Значения температур воздуха ( $T_{\max}$ ) и ( $T_{\min}$ ) с годовой вероятностью превышения, отличной от  $p=0,02$ , предлагается рассчитывать по формулам (2) и (3) с использованием следующих ко-

эффициентов, полученных нами для территории Беларуси:  $k_1=0,827$ ;  $k_2=0,044$ ;  $k_3=0,608$ ;  $k_4=-0,101$ .

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- EN 1991-1-5:2003 «EUROCODE 1: Actions on structures. Part 1-5: General actions – Thermal actions» (ЕН 1991-1-5:2003. Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1-5: Общие воздействия. Температурные воздействия).

Материал поступил в редакцию 09.03.10

#### VALUYEV V.Ye., MESHIK O.P. Modern approaches to an estimation of temperature influences on a design of buildings and constructions

In article modern approaches to an estimation of temperature influences on a design of buildings and constructions are stated. Maps of isotherms of the maximum and minimum temperatures of external air for territory of Belarus are constructed. The technique of definition of temperatures of air is specified at probabilities of excess differing from  $p=0,02$ .

УДК 534.142, УДК 628.3

Новосельцев В.Г., Нагурный С.Г.

### ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

**Введение.** Ежегодно в республике образуется более 80 тыс. т осадков сточных вод (в пересчете на сухое вещество). Большая масса осадков сточных вод накапливается, занимая значительные площади плодородных земель. Целесообразно использовать осадки в качестве удобрения, так как они содержат комплексы биогенных элементов.

По данным известных исследований число спорообразующих бактерий в осадках снижается лишь в результате их термической сушки. Известные исследования термически высушенного осадка показывают полное отсутствие жизнеспособных яиц гельминтов, кишечных палочек и сальмонелл. Термическая сушка обеспечивает наиболее устойчивую эффективность обеззараживания и обезвреживания осадков, что определяет актуальность исследований этого процесса.

#### Анализ методов термической обработки осадков сточных вод

**Сушка и сжигание.** Для сушки осадков применяют конвективные сушилки. В качестве сушильного агента используют топочные газы, перегретый пар или горячий воздух, наиболее часто – дымовые газы при температуре 500...800°C. Применяют сушилки различной конструкции: многоподовые, барабанные, ленточные, петлевые, с кипящим слоем, распылительные и вакуум-установки.

Осадки подвергаются сжиганию, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна, территория для их складирования ограничена или отсутствует, а также в тех случаях, когда это допускается санитарно-гигиеническими соображениями. Технологическое и конструктивное оформление процесса сжигания зависит от условий и режима окисления и разложения осадков сточных вод.

Наибольшее распространение при сжигании осадков сточных вод получили процессы сжигания, т.е. окисления и разложения, протекающие в интервале температур 700...1500°C.

На нагревание осадка до температуры 100°C, затем на его сушку при температуре около 200°C расходуется основное количество тепла и основное время. Эти параметры также влияют на выбор габаритов основного и вспомогательного оборудования, а следовательно, определяют стоимость и технико-экономические показатели в целом.

Возгорание осадка происходит при температуре 200...500°C вследствие тепловой радиации факела и раскаленных стенок камеры сжигания, а также конвекционной теплопередачи дымовых газов. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением до температуры, при которой золу можно вывозить за пределы площадки.

В настоящее время основное распространение получили печи кипящего слоя, многоподовые и вращающиеся барабанные печи [1].

**Тепловая обработка осадка.** В ряде стран получила распространение тепловая обработка осадка перед обезвоживанием. Сущность метода состоит в прогревании осадков при температуре 140...200°C и соответствующем давлении.

*Установки для термовибрационной обработки осадка.* Анализируя топочные устройства, используемые в вышеуказанных методах, можно сделать следующие выводы:

- Обычные способы сжигания требуют значительного топочного объема для надежного дожига топлива, а также коэффициента избытка воздуха существенно большего единицы. Это ведет к большим капитальным затратам и перерасходу энергии на тягу и дутье. Поэтому требуются интенсифицированные методы сжигания топлив, причем без дополнительных расходов энергии.
- Способы сжигания существующих установок требуют существенного расхода энергии на преодоление аэродинамического сопротивления топочных устройств (слой, циклон).
- Высокие показатели топочного режима в существующих топках достигаются усложнением конструкции и эксплуатации.

Существует установка для термовибрационной обработки осадков сточных вод, разработанная специалистами кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ [2]. Она может быть использована как эффективное устройство для термической обработки осадков сточных вод.

Принципиальная схема термовибрационной обработки осадков показана на рис. 1.

При использовании камеры пульсирующего горения (КПГ), по сравнению с традиционными стационарными котельными установками, имеется экономия теплоресурсов.

Для данной установки можно применить правило Рэлея (совпадение положительных фаз давления и тепловыделения), в случае теплообмена, оно дополняется новым условием попадания максимума теплоотвода в фазу давления, т.е. к центру диска в данной установке, что удобно реализуется теплотехнически в компактной установке с помощью применения металлического диска небольшой толщины. В установке часть энергии газов расходуется на сообщение потоку возвратно-поступательного движения; в нашем случае, при подведении теплоносителя к центру диска, мембрана выполняет виброво-колебательные движения. При таком колебательном процессе происходит относительное снижение энтальпии газа, и его можно описать зависимостью:

$$\varepsilon = \frac{E_n - E_{cm}}{E_{cm}} = 1,5 \cdot \left( \frac{V_a}{V_{cm}} \right)^2,$$

где  $E_{n,cm}$  – кинетическая энергия пульсирующего и стационарного потоков;

$V_{a,cm}$  – амплитудная и средняя скорость.

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к.т.н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

.Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология