МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

«ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Макеевка, 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

III открытая международная очно-заочная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов

«ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Электронный сборник статей по материалам III открытой международной очно-заочной научно-практической конференции молодых ученых и студентов

(04 февраля 2022 г., Макеевка)

Макеевка, 2022 г.

УДК 696/697.004.163(063)
ББК 38.7-03я43
Э 65

Печатается по решению ученого совета ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», протокол № 8 от 30.03.2022 г.

Редакционная коллегия:

Мущанов В. Ф. - проректор по научной работе, д.т.н., профессор, председатель оргкомитета;
Лукьянов А. В. - декан факультета инженерных и экологических систем в строительстве, д.т.н., профессор;
Яковенко К. А. - заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства, к.т.н., доцент;
Найманов А. Я -д.т.н., профессор кафедры городского строительства и хозяйства;
Удовиченко З. В. - к.т.н., доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции;
Олексюк А. А. - д.т.н., профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции;

Э65 Энергоресурсосбережение в инженерных и энергетических системах зданий и сооружений: электронный сборник научных трудов III открытой международной очно-заочной научно-практической конференции молодых ученых и студентов / Редколлегия: В. Ф. Мущанов, А. В. Лукьянов, В. И. Нездойминов и др. - Макеевка, ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2022. - 196 с.

Электронный сборник содержит 41 научную работу участников III открытой международной очно-заочной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Энергоресурсосбережение в инженерных и энергетических системах зданий и сооружений». Материалы представлены по таким тематическим направлениям: «Энергоресурсосбережение», «Инженерная инфраструктура городов».

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, молодым ученым и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки по рассматриваемым тематическим направлениям.

Научное электронное издание

Авторы научных статей несут ответственность за оригинальность текстов, а также достоверность изложенных фактов и положений.

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2022

УДК 628.3.034.24; 628.541

Балинченко Оксана Иосифовна,
кандидат технических наук,
доцент каф. ВВ и ОВР;
Павлюченко Яна Дмитриевна,
магистрант гр. ВВ-48м
ГОУВПО «ДОННАСА»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДОНЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

В представленной статье дан вариант технологии использования очищенных шахтных вод для подпитки оборотного водоснабжения Донецкого металлургического завода. Составлена технологическая схема, рассчитан входной открытый гидроциклон.

Ключевые слова: шахтные воды, открытый гидроциклон, гидравлическая крупность

Поиск новых источников воды, если не для коммунального, то хотя бы технического, в идеале − оборотного водоснабжения вывел специалистов на так называемые «шахтные воды», использование которых ранее почти не практиковалось, ввиду наличия других возможностей. Отсутствие внимания к этим водам привело к повышению фонового загрязнения природных вод, по составу в среднем более чистых. По своему гидрологическому положению, шахтные воды оказались насильственно извлеченными из своих геологических глубин и зачастую с невозможностью водворения на прежние места. И они подались в водоемы самотеком, вне зависимости от функционирования породивших их шахтных выработок. Главной задачей скоро станет уже не их утилизация, а защита от них всех остальных, не шахтных водных ресурсов на их пути.

Поэтому важнейшая задача – задать этим водам «полезную работу», серьезно сокращающую их объем и приносимый вред.

ДНР и сейчас богат промышленными оборотными системами с потребностями подпитки, и теперь особенно страдает от нехватки водообеспечения. Для дополнительного (резервного) питания промышленного объекта – оборотных циклов Донецкого металлургического завода было решено разработать технологическую схему и определить ее экономическую выгодность. Пока же для этой цели используется питьевая вода. Ранее, в другой магистерской диссертации, были проделаны расчеты с подпиткой оборотных циклов ДМЗ из водохранилища №2 г. Донецка. Экономически это оказалось весьма невыгодным. Решено найти более перспективный вариант.

Нельзя сказать, что вопросом создания эффективных технологических комплексов очистки шахтных вод никто не занимался. Этим вопросом, в ДНР в частности, заняты специалисты ДОНУГИ [8] разработав подробный и обширный по охвату проблем проект, но последовавшие военные проблемы не позволили его оценить и внедрить даже частично. С 2012 г. до настоящего времени произошли такие неблагоприятные ценовые изменения в экономической целесообразности обращения к этому проекту, что потребуются совершенно новые подходы, в которых на первое место выходят проблемы экономии и применения собственных технических ресурсов (например, использование открытых гидроциклонов и волокнистых фильтровальных аппаратов, изготавливаемых по месту).

Изучив состояние современных шахтных вод, насколько это возможно по последним опубликованным сведениям [1,3,8], обнаружена интересная тенденция улучшения качества

шахтных вод, поступающих от давно закрытых шахт, по сравнению с «свежезакрытыми». Даже при условии закрытия их очистных сооружений.

Это значит, что сами шахты служат как-бы фильтрами, отстойниками и минерализаторами органики и микрофлоры, содержащихся в собственных водах. И эту тенденцию нужно, видимо, как-то поддерживать.

Предполагаемое направление водоочистки

Оно определено**,** сопоставляя составы шахтных вод и требуемых в производстве.

Очевидно, что в воде ожидаемо превышены показатели качества: взвешенные вещества (значительно) жесткость, общее железо (немного) (таблицы 1-2).

Таблица 1 − Граничные требования по качеству воды для подпитки оборотных циклов ДМЗ, 2020 г.

Наименования показателей	Доменная печь – мартеновская печь
1	2
Температура С^{o}	28-32
Взвешенные вещества, мг/л	40-50
Фракционный состав взвеси, мм	не >0,5
Соли временной жесткости, мг-экв/л	2,5-3,5
Масла	-
Железо общее, мг/л	0,3

Такие показатели качества воды потребны для оборотных циклов цеха ЭСПЦ-1, который состоит из УНРС (установка непрерывной разливки стали), печи-ковша «чистый», ДСП-150 – дуговой сталеплавильной печи [4,5].

Теперь представим примерные показатели качества шахтных вод (табл. 2), от шахт Донецкого угольного бассейна по данным производственного объединения «Донецкуголь», при которых возможна относительно недорогая очистка на соответствующих очистных сооружениях.

Таблица 2 − Показатели качества шахтных вод п/о «Донецкуголь», 2021 г.

Наименования показателей	Шахтные воды
1	2
Температура С^{o}	2-25
Взвешенные вещества, мг/л	600
Фракционный состав взвеси, мм	0,5- >100
Соли временной жесткости, мг-экв/л	До 10
Общее солесодержание, мг/л	До 2900 мг/л
Хлориды	не более 750 мг/л
Сульфаты	не более 950 мг/л
Масла	-
Железо общее, мг/л	До1,9
Общее микробное число (ОМЧ)	До100
Индекс БГКП	менее 3 КОЕ/дм^{3}
соли тяжелых металлов, фенолы нефтепродукты, токсичные элементы, число колифагов (БОЕ/мл).	отсутствие

Теперь можно составлять вероятные технологические схемы очистки шахтных вод для подпитки оборотных циклов ДМЗ и выбрать наиболее экономичную.

Проанализируем список процессов очистки, предложенный в разделе 1 от ООО НТЦ «Энергетика и экология» [1] для очистки шахтной воды с подобным качеством до питьевого уровня очистки и сделаем в нем некоторые замены, поскольку хотим получить подпиточную воду, а не питьевую.

1) Предварительное хлорирование – обеззараживание воды и окисление растворенного железа и органических примесей.

2) Предварительная фильтрация – удаление механических примесей с размерами частиц свыше 100 мкм (заменяется удалением в открытом гидроциклоне).

3) Фильтрация через слой кварцевого песка – удаление механических примесей с размерами частиц менее 100 мкм и взвесей (отменяем ввиду получения после гидроциклона более мелких взвешенных частиц).

4) Фильтрация через слой активированного угля – удаление нефтепродуктов и растворенных органических соединений (заменяем волокнистыми фильтрами, более эффективными сооружениями).

5) Обессоливание воды методом обратного осмоса – удаление растворенных солей, органических соединений, микроорганизмов (Заменяем сооружениями реагентного умягчения воды в составе осветлителей со взвешенным осадком и волокнистых фильтров).

6) Вторичное хлорирование – обеспечение микробиологической чистоты подготовленной воды.

Измененный (и удешевленный вариант) представлен на рисунке 1.

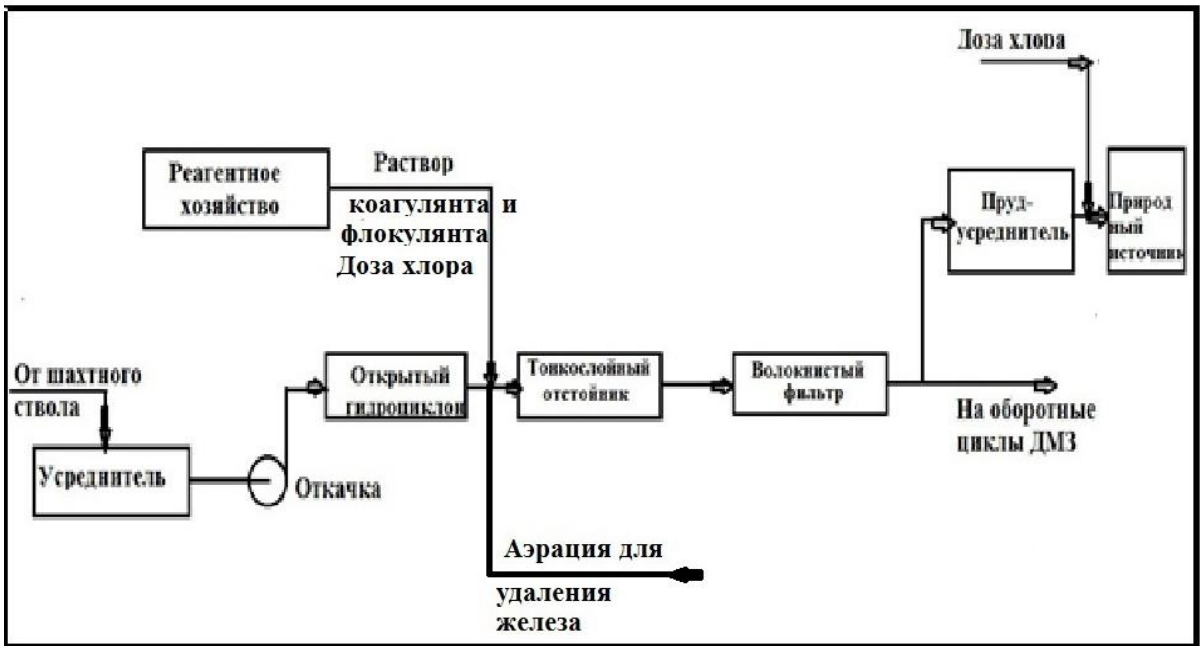


Рисунок 1 – Общая технологическая схема очистки шахтных вод для отправки их в использование на ДМЗ

Расчет приемного резервуара - усреднителя шахтных вод

Шахтные воды поступают в систему очистки неравномерно в течение суток. При этом происходит осаждение поступающих с водой взвесей. Для равномерной подачи воды по ходу очистки подбирается насос, взмучивающий частью подаваемой воды придонный осадок (рис. 2) [8, с.9].

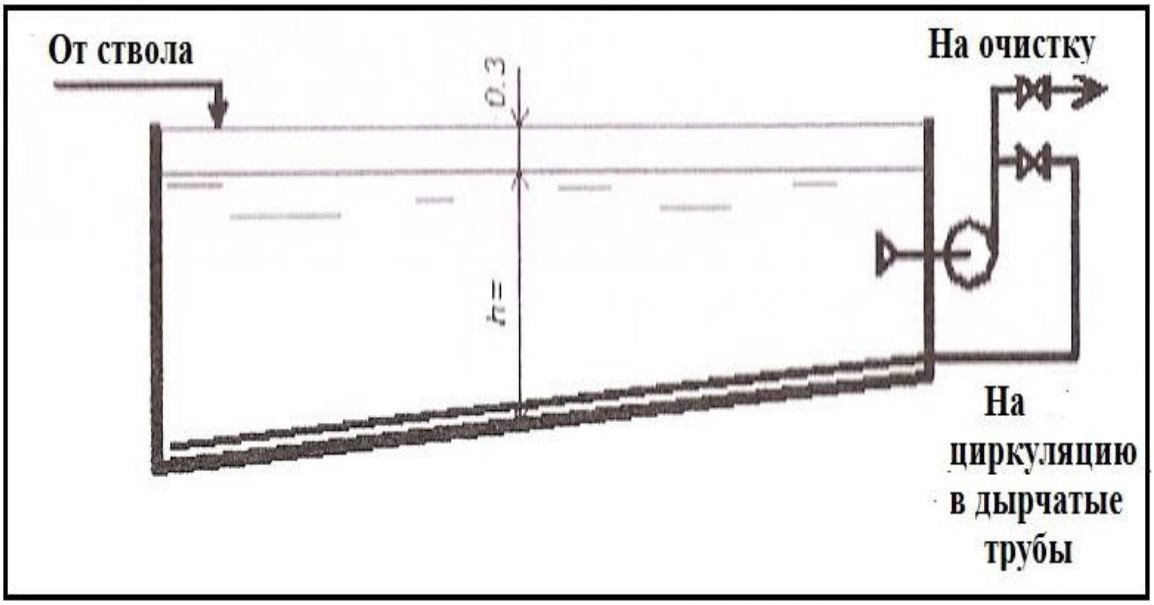


Рисунок 2 - Предполагаемый резервуар-усреднитель шахтных вод

Рекомендуются 2 подобных резервуара (1 рабочий, 1 резервный) с объемом накопления не менее, чем за 3 часа равномерной работы насоса.

Итак, объем одного резервуара-усреднителя при расчетном расходе 10 м^3/ч за 3 часа усреднения [8, с.8] будет равен: 10*3 = 30 м^3.

Размеры резервуара–усреднителя, а*в, будут зависеть от принятой глубины h.

Подбор насоса-повысителя напора и взмутителя осадка в резервуаре-усреднителе

Как видим на рисунке 2, указанный насос находится на выходе воды из резервуара - усреднителя и на входе в гидроциклон. Его расход определяется как среднечасовой, по п. 2, т.е. 10 м^3/ч. Часть расхода циркулирует в резервуаре-усреднителе на процессе взмучивания осадка угольных частиц. И несколько десятых процентов нужно добавить в расчетный расход, идущий на гидроциклон. То есть расчетный расход для насоса нужно принять чуть большим, как для параллельной работы 2-х насосов (при 2 категории надежности) для 2 рабочих насосов и 2-х резервных [10, с.18], например, на 0,3%, тогда расчетный расход насоса составит 10,3 м^3/ч. По справочнику[11] подобран насос К20/30 на подачу 20 м^3/ч и напор 30 м в. ст.

Устройство и расчет открытого гидроциклона

Простейший открытый гидроциклон (рис.3) представляет собой открытый безнапорный резервуар с цилиндрической рабочей и конической частью [8,с.9, и 9, с. 106-144]. Очищаемая вода, подводится в коническую часть тангенциально по касательной и обретает, кроме вращения, восходящее направление движения. При этом она освобождается от взвешенных частиц загрязнения, в основном угольных. Эти частицы не поднимаются, а

наоборот, опускаются в нижний конический водосборник и периодически самоудаляются в специальные хранилища. Откуда их можно утилизировать, например, в системе отопления.

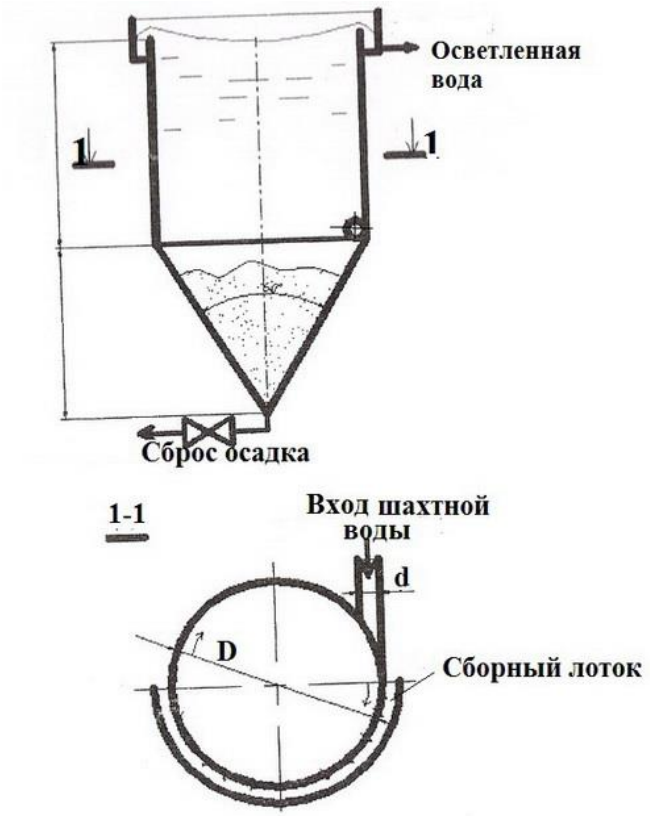


Рисунок 3 - Схема устройства открытого гидроциклона простейшей конструкции

Поскольку речь идет о первоочередной экономии − стоимости проекта, предлагаем именно простейший гидроциклон, исходя из его дешивизны. Более производительные гидроциклоны с дополнительными очистительными устройствами (например, с центральной водораспределительной трубой [9, с. 113]) обойдутся дороже.

Расчет открытого гидрациклона [8, с.10] произведен в таблице 3.

Таблица 3 − Расчет открытого гидроциклона

Наименование показателя	Единица измерения	Форма для определения	Результат расчета
1	2	3	4
1. Количество гидроциклонов	шт.	N=2-4	Принимается 2
2. Расход воды на 1 г-циклон	$м^3/ч$	Q_1=Q /N – половина среднечасового расхода: 10,3/2	5,15
3. Минимальная гидравлическая крупность задержанных частиц суспензии	мм/с	U_{min}=4-6	Принимается 5
4. Удельный расход воды	$м^3/ч*м^2$	$q=4,42U_{min}=4,42*5$	22,1

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
5. Площадь одного аппарата	$м^2$	$F=Q_1/q=5,15/22,1$	0,23
6. Диаметр гидроциклона	м	$D=\sqrt{\frac{4F}{\pi}}=\sqrt{\frac{4*0,23}{3,14}}$ ($D\leq3,5$)	0,52
7. Высота цилиндрической части	м	$H_ц=D$	0,52
8. Высота конической части	м	$H_k=0,5Dtg600=0,5*0,52*1,73$	0,45
9. Объем конической части	$м^3$	$W_к=\pi D^2H_k/3=3,14*(0,52)^2*0,45/3$	0,13
10. Диаметр впускного патрубка	м	$d=0,1D=0,1*0,52$ Принимаем	0,05 50 мм, пластиковые трубы по ГОСТ 18599-73
11. Плотность осадка	$т/м^3$	ρ	1,6
12. Процентное содержание частиц суспензии, больших, чем 1 мм	%	(Из табл. 2) P	93
13. Объем осадка, выпадающего в час	$м^3/ч$	$W_1=P(C_{вх}-C_{вых})*Q_1/\rho*10^6=(600-42)*5,5/(1,6*10^6)$	0,018
14. Периодичность удаления осадка	часов	$\tau=W_k/W_1=0,13/0,018$	7,22

Примечание 1. ($C_{вх}$-$C_{вых}$) – разница концентраций взвешенных веществ, мг/л на входе и выходе гидроциклона с учетом 93% удаления всех взвешенных частиц [8, с. 10].

Примечание 2. Расчет остальных сооружений, отмеченных на рис.1, последует.

Выводы. В виду залпового, неподготовленного закрытия множества шахт Донецкого бассейна, образовалось большое количество сточных шахтных вод. Эти воды требуют утилизации и наиболее подходящая ее форма – использование в техническом (желательно оборотном) водоснабжении промышленных предприятий.

Наряду с технической возможностью использования шахтных вод в водоснабжении промышленных промпредприятий, речь идет об экономической возможности, то есть экономической выгодности, особенно при угрозе закрытия самих промышленных предприятий.

При отсутствии опыта пока нужно составлять и реализовывать технологические схемы и проекты конкретно для каждого сочетания «шахтная вода – техническая вода», а потом сделать обобщающие варианты и рекомендации к ним.

Список литературы

1. Комплексное использование шахтных вод при закрытии шахт в Украине. - ООО «Ассоциация угольных предприятий». -[Электронный ресурс]. URL: Режим доступа: http://coalmines.org.ua с 2007 г. (Дата обращения 20.12.21).

2. Омельченко М.П., Коваленко Л.І. Про розрахунок волокняних фільтрів// «Проблеми екології» №1, 2012. с. 37-42.

3. Гулько С. Е. Опыт и перспективы использования шахтных вод / С. Е. Гулько, И. И. Гомаль // Уголь Украины. - 2013. - № 6. - С. 30-34. - Режим доступа:UPL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr_2013_6_10.

4. Григорюк Е.В., Родин Д.П., Григорюк М.Е. Исследование природоохранной деятельности на предприятиях угольной промышленности в 2003 - 2004 годах и разработка мероприятий по обеспечению экологической безопасности // Работы ДонУГИ: Сб.науч.трудов. – Вып.104. – Донецк: «Алан», 2005. – С.250-265.

5. Внутренний технологический регламент качества подпиточной воды в оборотных циклах Донецкого металлургического завода (информация для служебного пользования).

6. Алексеев В.В., Балинченко О.И. Возможности использования водохранилища г. Донецка в качестве источника дополнительного водоснабжения.− Энергоресурсосбережение в инженерных и энергетических системах зданий и сооружений. Секция 2. Энергосбережение. /Эл. сб. статей по м-лам 14-й открытой международ. очно-заоч. конф. Макеевка, ГОУ ВПО ДОННАСА, 2020, -с.140 -143.

7. Долина Л.Ф.Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки / Справочное пособие. – Днепропетровск, Молодежная экологическая лига Приднепровья, 2000, - 61С.

8. Костенко В.К. Проектування очисних споруд шахтних вод: навчальний посібник / В.К. Костенко, М.П.Омельченко, Л.И.Коваленко та ін. // Донецьк: ДВНЗ «ДОННТУ», 2013.- 60 с.

9. Скирдов И.В. Очистка сточных вод в гидроциклонах / И.В.Скирдов, В.Г. Пономарев // М.: Стройиздат. – с. 126-144.

10. Канализация. Наружные сети и сооружения /СНиП 2.04.03.-85 // М.: Госком СССР по делам строительства. – с.18.

11. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / Под ред. А.С. Москвитина // М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.

УДК 697.11

Вудвуд Екатерина Руслановна,
магистрант I курса профиль ПЗиСиОИДвС
кафедра строительной инженерии и экономики;
Агафонова Ирина Петровна,
ст. преподаватель кафедра инженерно-экологических систем,
Бендерский политехнический филиал ПГУ им. Т.Г. Шевченко
Приднестровье, г. Бендеры

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

Аннотация: В данной статье рассматриваются энергосберегающие мероприятия для многоквартирных домов. Наиболее подробно из энергосберегающих мероприятий рассмотрены стеклопакеты с низкоэмиссионным покрытиями, система вентиляции с рекуперацией тепла, поквартирные горизонтальные системы отопления.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, стеклопакеты, низкоэмиссионное покрытие, качество воздуха, микроклимат, системы вентиляции, рекуперация, система отопления.

В настоящее время задачи создания качественного микроклимата в помещениях зданий уверенно выходят на первый план по сравнению с вопросами по энергосбережению. Здание, в котором приоритет при выборе энергосберегающих технологий имеют технические решения, одновременно способствующие улучшению микроклимата помещений и защите окружающей среды, построенное с применением экологически чистых материалов, называется здоровым.

В многоквартирном доме можно выделить следующие мероприятия для получения эффекта энергосбережения и повышения энергетической эффективности здания:

- наладка систем отопления и опломбирование элеваторов и регуляторов в положение в соответствии с наладочными картами;
- установка автоматизированных узлов регулирования теплопотребления с балансировочными клапанами или индивидуальных тепловых пунктов;
- установка теплоотражателя между отопительным прибором и стеной;
- модернизация осветительной системы на основе современных энергосберегающих светильников, светодиодов;
- оборудование систем освещения подъездов, лестничных клеток, мест общего пользования системами автоматического регулирования (датчиками движения, присутствия);
- модернизация действующего лифтового оборудования, в том числе с установкой частотно-регулируемых приводов;
- внедрение многоставочных счетчиков электроэнергии, замена приборов учета по мере истечения межповерочного интервала на многотарифные приборы учета с подключением к информационной магистрали;
- установка современных приборов учета тепловой энергии с подключением к информационной магистрали;
- усиление теплозащиты стен и перекрытий (замена старых окон на стеклопакеты, остекление лоджий и балконов);
- снижение потерь тепла с инфильтрацией воздуха путем уплотнения щелей и неплотностей оконных и дверных проемов, установка доводчиков входных дверей;
- оптимизация работы вентиляционных систем;

➲ теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения в неотапливаемых подвалах и на чердаках;

➲ снижение гидравлических и тепловых потерь за счет удаления отложений с внутренних поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводных систем экологически чистыми технологиями без демонтажа оборудования.

Рассмотрим более подробно несколько из выше предложенных мероприятий по энергосбережению в многоквартирных домах.

I. Стеклопакеты с низкоэмиссионным покрытиями. Большую часть оконных конструкций занимают светопропускающие изделия – стеклопакеты. Для улучшения теплотехнических характеристик стеклопакетов в настоящее время широко применяют стёкла с низкоэмиссионным покрытиями. Низкоэмиссионное покрытие представляет собой тончайшую (порядка 100 нм) пленку из оксида металлов. Такое покрытие играет роль теплового «зеркала». Нанесение на поверхность стекла низкоэмиссионного покрытия незначительно снижает светопропускание (на 1-2%), однако позволяет существенно (в 2,4 раза) улучшить теплоизолирующие свойства стеклопакетов за счёт отражения тепловых лучей от стекла в помещение. Наилучшие теплозащитные свойства имеет окно с двухкамерными стеклопакетом с двумя низкоэмиссионными и одним обычным стеклами. В этом случае температура на внутренней поверхности окна приближается к температуре стены, создавая изотермическую оболочку здания. Такая конструкция обеспечивает оптимальные условия по тепловому комфорту и рекомендуется для применения в зданиях с энергопотреблением, близким к нулевому [1].

II. Система вентиляции с рекуперацией тепла. Важность и необходимость системы вентиляции, равно как и её влияние на здоровье человека, неоднократно подтверждены различными исследованиями. Всемирная организация здравоохранения отдельно подчеркивает важность свежего воздуха для здоровья человека, также большое количество исследований посвящено негативному воздействию недостаточного воздухообмена на здоровье и жизнедеятельность людей и роли вентиляции в решение этой проблемы. В рамках проекта «Бюрен» на базе нового многоквартирного дома было проведено исследование, направленное на сравнение механической приточно-вытяжной вентиляции и естественной вентиляции, осуществляемой с помощью окон, а также изучение их влияния на качество внутреннего воздуха и выявление, какая вентиляция является наиболее энергоэффективной.

Многоквартирный жилой дом 2017 года постройки расположен в деревне Бюрен, Швейцария, и соответствует современным требованиям герметичности и теплоизоляции строительных конструкций, поэтому исследование полностью сосредоточилось на типе вентиляции, итоговом качестве воздуха в помещении и потреблении энергии для обогрева и охлаждения квартир. В результате исследования квартир было выявлено ряд закономерностей [2].

Для поддерживания здорового микроклимата требуется обеспечивать необходимый воздухообмен. Контроль качества воздуха в помещениях с естественной (оконной) вентиляцией показывает, что квартиры проветриваются, когда открываются окна или двери, но их невозможно держать постоянно открытыми. Как только окна закрываются, а в доме все ещё находятся люди, концентрация вредностей во внутреннем воздухе снова начинает расти. Результатом является плохой микроклимат в помещении, который 30-60% времени в году можно оценивать как нездоровый.

Качество воздуха в помещении, обеспечиваемое механической вентиляцией, показывает, что воздух в квартирах постоянно и в достаточной степени обновляется. Жильцы по-прежнему используют свои окна для временного проветривания комнаты, но открывать окна для поддержания здорового климата в помещении не обязательно, скорее это

обусловлено силой привычки. Результатом является хорошее качество воздуха в помещении, где только 1% или ниже случаев в году значения CO_2 превышают норму.

Открытие окон и дверей для проветривания приводит к тому, что больше энергии используется для поддержания желаемой температуры в комнатах. Использование механической вентиляции не приводит к более высокому потреблению энергии. Причина в том, что вентиляция использует рекуперацию теплоты вытяжного воздуха и, следовательно, снижает энергетическую нагрузку на отопление. Именно эти системы чаще всего рассматриваются как метод энергосбережения, при котором удаляемый из здания воздух используется в теплый период года для предварительного охлаждения, а в холодный период – для подогрева приточного воздуха с уменьшением затрат энергии на подогрев приточного воздуха [3]. Для рекуперации используются пластинчатые, роторные и другие рекуператоры.

В результате затраты на отопление на 24% ниже, а на охлаждение на 35% ниже для квартиры с механической вентиляцией, по сравнению с квартирой с естественной вентиляцией. Эти цифры действительны для квартир с одинаковым количеством открытых окон, одинаковой настройкой термостата и одинаковым расположением в многоквартирном доме относительно нежилых помещений.

Можно сделать вывод, что механическая вентиляция обеспечивает гораздо более качественный и здоровый микроклимат с меньшим потреблением энергии. Ожидается, что люди в квартире с механической вентиляцией привыкнут к тому, что им не нужно открывать окна для хорошего качества воздуха в квартире. Как только это произойдёт, потребление энергии на отопление и охлаждение снизится ещё сильнее и будет намного ниже, чем в квартирах, вентилируемых только через оконные проемы.

III. Поквартирная система отопления. Зарубежным опытом подтверждено, что на первых этапах повышения энергоэффективности зданий наиболее эффективное и менее затратное решение – это их утепление и устройство автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления дома в зависимости от изменения температуры наружного воздуха с учетом теплового баланса здания и выявленного запаса тепловой мощности системы [4]. Современные требования по обеспечению энергетической эффективности систем отопления организации индивидуального регулирования и учета потребления энергетических ресурсов создают предпосылки для применения поквартирных горизонтальных систем отопления. В горизонтальных поквартирных системах каждая квартира отапливается отдельной ветвью, имеющей самостоятельный узел регулирования гидродинамического режима и учета расхода теплоты. Квартирные системы могут быть двухтрубными или однотрубными, радиальными (лучевыми) или периметральными, с прокладкой в цементной стяжке или с плинтусной прокладкой.

Можно выделить следующие достоинства поквартирной системы отопления с точки зрения энергоэффективности:

- обеспечивает экономию тепловой энергии;
- в поквартирной системе отопления легче, чем в других реализуется поквартирный учёт расхода тепловой энергии, что приводит к значительному повышению энергоэффективности.

Важный аспект применения горизонтальных систем в новом строительстве – возможность монтажа, наладки и запуска в эксплуатацию системы отопления по мере возведения здания. В этом случае удаётся ощутимо сократить финансовые затраты и время строительства.

Выводы. Энергосбережение в многоквартирном доме – это прежде всего уменьшение потерь тепла за счет утепления полов, стен, потолков. Сектор многоквартирного жилья считается одной из самых проблемных областей в том, что касается экономии энергии. Большинство многоквартирных домов не отвечают современным требованиям энерго - и ресурсосбережения, так как построены они с учетом старых строительных норм. Решение проблем энергосбережения в многоквартирном доме включает в себя проведение энергетического аудита, который даст общую картину потерь тепла в доме и выявит слабые места, нуждающиеся в решении, и уже после этого решение этих проблем, выбор варианта, наиболее подходящего для того или иного дома.

Список литературы

1. Корниенко С.В. Умное окно - необходимый элемент здорового здания./ Корниенко С.В.// Энергосбережение, -2021 №3-С.26-30.

2. Левенцов А.А. Проект «Бюрен»: сравнение естественной и механической приточно-вытяжной вентиляцией./ Левенцов А.А.// АВОК, -2021 №5-С.26-30.

3. John Dieckmann Improving humidity control with energy recovery // ASHRAE Journal, August. 2008. Pp. 38- 45.

4. Ливчак В.И.Оптимизация алгоритма подачи теплоты на отопление зданий: экономия от 15 до 40% и более без дополнительных инвестиций// Энергосбережение. 2020.№2.

УДК 621.644.07

Ланкевич Наталья Валериевна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Долгов Николай Викторович,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

В работе освящены проблемы, возникающие в результате непланомерного и несистемного развития систем газоснабжения населенных пунктов, влекущие за собой снижение эксплуатационной надежности газоснабжения потребителей. Рассмотрены основные причины возникновения дефицита пропускной способности газопроводов, снижения качества одорированного газа при его транспортировке конечным потребителям. Выявлена необходимость комплексного подхода к созданию системы мониторинга безопасности и надежности газовых сетей.

Ключевые слова: газопровод, газовые сети, одоризация, запорная арматура, эксплуатационная надежность, система мониторинга.

В последние годы возникают определенные проблемы в развитии газораспределительных систем, а именно расширение существующих населенных пунктов, существенно влияет на потокораспределение в системе и стабильность подачи газа потребителям в полном объеме. Также существенным фактором является децентрализация систем теплоснабжения многоквартирных жилых домов, установка отдельных котельных для объектов соцкультбыта и ликвидация центральных котельных с сопутствующими тепловыми сетями. Отмечаются также случаи хаотичного (неупорядоченного) развития газораспределительных сетей, что приводит к снижению эксплуатационной надежности существующих систем распределения газа и создает препятствие для дальнейшего их развития.

В результате все вышеизложенное сказывается на надежности газоснабжения конечного потребителя, так как параметры газа, в частности давление перед газоиспользующим оборудованием, могут не соответствовать нормативным значениям. Отклонение указанного параметра газа в распределительных сетях приводит не только к снижению эксплуатационной надежности газоиспользующего оборудования и безопасности использования газа в качестве топлива, но и влечет за собой экономические последствия в виде повышенного расхода газа прибором. Кроме того, эксплуатация газопотребляющих приборов сопровождается повышенными выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, что по сегодняшнему законодательству энергосбережения и экологической безопасности недопустимо [1].

Поэтому в процессе эксплуатации газораспределительных систем необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению эксплуатационной надежности, под которой понимается обеспечение потребителей сетевым газом в требуемом объеме с параметрами, соответствующими техническим регламентам и нормативно-технической документации предприятий-изготовителей газоиспользующего оборудования.

Для решения указанных проблем необходим комплексный подход к мониторингу состояния параметров эксплуатационной надежности газораспределительной сети, а именно: оперативный замер давления в характерных точках газораспределительной сети в зимний

период во время наиболее холодного времени года, когда имеют место пиковые максимальные нагрузки; определение расхода газа у потребителей; гидравлический расчет газораспределительной системы по фактическим параметрам сети и замеренным данным с целью определения пропускной способности газопровода; оценка пропускной способности газопроводов сетей газораспределения с целью определения технической возможности подключения перспективных потребителей и определения резерва пропускной способности.

В качестве мероприятий предполагается проводить своевременную реконструкцию и ликвидацию дефицита пропускной способности газопроводов известными способами: замена пунктов редуцирования газа, перекладка участка сети с увеличением диаметра газопровода, строительство газопроводов – закольцовок с целью подпитки ненадежного участка газопровода и выравнивания давления по сети в целом, а также реконструкцию с переводом участка газопровода на высшую категорию давления (повышение давления) с установкой пунктов редуцирования газа у каждого потребителя.

В результате анализа работы существующих газораспределительных систем также отмечаются недостатки схем газоснабжения, связанные с отсутствием секционирующих отключающих устройств, что влечет за собой в случае аварийных или плановых отключений большого количества потребителей, а также значительным потерям газа. Процесс подключения потребителей после остановок подачи газа весьма трудозатратный как с материальной точки зрения, так и в отношении потребностей профессионального персонала, задействованного в нем.

За время эксплуатации колодцев были выявлены следующие дефекты:

• в результате нарушения гидроизоляции в полость колодца попадали грунтовые и талые воды;

• в результате температурных перемещений трубы внутри футляра в месте прохода через стенки колодца нарушается герметизация ввода и место прохода в результате повреждения изоляции и благоприятных увлажненных условий является очагом коррозионных процессов;

• разрушение бетонных конструкций в результате излишнего увлажнения и пучинистых свойств прилегающих грунтов при сезонном промерзании;

• утечки газа из разъемных соединений.

Кроме того колодезная установка отключающих устройств предусматривает большие затраты на обслуживание узла в процессе эксплуатации газораспределительной сети. Также наличие подземной полости с потенциальным источником утечки газа ведет к повышению вероятности возникновения аварийной ситуации, особенно в условиях плотной застройки городских и сельских поселений.

Также в структуре газораспределения имеется ряд проблем, связанных с эксплуатацией надземных отключающих устройств. В частности, указанный способ управления потоками газа в некоторых случаях имеет определенные недостатки и дефекты, приводящие к снижению эксплуатационной надежности газовых сетей.

Анализ работы применяемых на разных этапах развития газовых сетей отключающих устройств, выполненных в надземном исполнении, показал наличие следующих недостатков:

• необходимость проведения мероприятий по организации защиты от несанкционированного доступа к запорной арматуре;

• наличие разъемных соединений и уплотнений, требующих затрат на эксплуатацию, а также приводящих в процессе эксплуатации к возможным утечкам газа в атмосферу;

• подверженность механическим воздействиям места опускания газопровода в землю в результате влияния сил морозного пучения и температурных перемещений стальных участков газопровода, приводящих к созданию благоприятных условий для протекания коррозионных процессов в месте повреждения;

• наличие недопустимых конструктивных элементов в виде штуцеров с резьбовыми соединениями и заплатами на участках обвязки запорной арматуры;

• низкое качество строительно-монтажных работ по устройству защитных футляров, опор под запорную арматуру, изоляционных работ на подземных участках, а также несоблюдение вертикальности труб и недостаточное уплотнение грунта в местах опуска газопровода в землю особенно в начальный период эксплуатации.

В настоящее время значительную долю в общем балансе газораспределения занимают стальные газопроводы, однако согласно действующему законодательству, проектирование и строительство газопроводов необходимо вести преимущественно с применением полиэтиленовых труб [2]. Поскольку материал труб влияет на надежность распределительных газопроводов [3], то есть сети, выполненные из полиэтиленовых и стальных труб, имеют разную степень надежности. Следовательно, для повышения надежности системы газораспределения в целом необходимо устройство запорной арматуры в местах подключения проектируемых полиэтиленовых газопроводов в существующие стальные газораспределительные сети.

Таким образом, для обеспечения требуемой надежности распределения газа необходимо совершенствовать узлы управления потоками газа путем их рациональной расстановки и при необходимости, замены существующих ненадежных отключающих устройств на современные. Для повышения эксплуатационной надежности работы газовых сетей необходимо проводить периодический мониторинг газораспределительных систем с целью оценки надежности существующих отключающих устройств, определения необходимого количества и рационального размещения запорной арматуры в условиях существующей застройки. Моделирование рациональной расстановки запорной арматуры на газораспределительных сетях должно выполняться как по каждой категории газопровода отдельно (низкого, среднего и высокого давления), так и в комплексе переключения по всей газораспределительной сети от газораспределительной станции до конечного потребителя газа.

Также следует отметить, что при расстановке запорной арматуры в структуре газораспределительной сети необходимо учитывать затраты на устройство новых отключающих устройств, в том числе затраты на землеотвод, проектирование, материалы, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы.

Реализация данной системы контроля надежности управления потоками газа в газораспределительных сетях позволит обеспечить:

• уменьшение затрат на аварийные отключения (при отсутствии запорной арматуры на участках газораспределительной системы при аварийных ситуациях возникает необходимость отключения всей газовой сети, в том числе закольцованной, что ведет к значительным затратам и технологическим потерям);

• повышение надежности поставок газа потребителям за счет переключения секционированной сети при аварийных и плановых прекращения подачи газа;

• повышение безопасности при аварийных ситуациях;

• минимизацию технологических и аварийных потерь газа.

Еще одной проблемой, присущей действующим сетям газораспределения, является качество одоризации газа, то есть придание ему специфического запаха для обнаружения утечек потребителями.

Источником одоризации газовых сетей, как правило, является газораспределительная станция [4]. В результате развития газораспределительных сетей на большие расстояния от газораспределительной станции в удаленных точках концентрация одоранта в транспортируемом газе снижается, что приводит к понижению способности обнаружения

потребителями возможных утечек газа. А это в значительной степени ведет к повышению аварийности и снижению безопасности распределения газа.

Основной причиной снижения концентрации одоранта в протяженных газопроводах является выпадение его вместе с капельной влагой на стенки газопровода, а также коррозия внутренних стенок стальных газопроводов [5]. В настоящее время для контроля за одоризацией газа можно использовать как переносные, так и стационарные газоанализаторы, устанавливаемые в пунктах редуцирования газа или у потребителей [6]. Увеличить количество вводимого одоранта в газораспределительную сеть не всегда возможно, поскольку у ближайших к ГРС потребителей концентрация одоранта может достигать максимальных значений, что не допустимо нормативными документами. Поэтому решение указанной проблемы возможно путем устройства одоризаторов в пунктах редуцирования газа, но это технически осуществить достаточно сложно. В результате указанный подход не всегда можно осуществить в условиях существующей застройки.

Другим способом является совершенствование существующих одорантов с целью создания такого вещества, которое бы имело стабильность на всем протяжении транспорта газа по газопроводам. Решение указанной проблемы также возможно путем контроля за одоризацией газа в процессе эксплуатации газораспределительных сетей и ограничения развития газораспределительной сети при ожидаемой критической концентрации одоранта у конечного потребителя. Для контроля за содержанием этилмеркаптана в поставляемом потребителю газе предлагается проводить мониторинг системы путем периодических замеров с применением переносных датчиков, а также постоянный контроль с использованием стационарных устройств в пунктах редуцирования газа. Указанные показатели регистрируются, в результате создается статистическая база данных. С использованием полученной информации разрабатывается модель одоризации газораспределительной сети, которая учитывает технологические параметры газа, а также конструктивные особенности газопровода. В результате моделирования одоризации существующей сети газораспределения разрабатываются мероприятия по обеспечению требуемого качества одоризации. Также возникает необходимость в прогнозировании уменьшения количества меркаптанов в транспортируемом газе в результате чрезмерного увеличения расстояния от источника одоризации до потребителя.

Внедрение системы мониторинга одоризации газа и системы контроля качества одорированного газа у потребителя позволит повысить эксплуатационную надежность газораспределительной системы и, соответственно, безопасность использования газа в качестве топлива.

Для совершенствования развития газораспределительных систем с точки зрения повышения их эксплуатационной надежности и безопасности возникают предпосылки создания системы комплексного мониторинга эксплуатационной надежности и состояния газораспределительной сети. Система должна представлять собой процесс наблюдения за состоянием газораспределительной сети, систематический сбор и обработку информации, моделирование процесса распределения газа по направлениям, влияющим на эксплуатационную надежность работы газовых сетей.

Список литературы

1. Шурайц, А.Л. Газопроводы из полимерных материалов: пособие по проектированию, строительству и эксплуатации / А.Л. Шурайц, В.Ю. Каргин, Ю.Н. Вольнов. - Саратов: Волга – XXI век, 2007. - 612 с.

2. СП 62.13330.2011*. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с изменениями № 1,2,3,4). Свод правил. – Введ. 2011-05-20. - М. : Госстрой, 2014. - 70 с.

3. Шурайц, А.Л. Подземные полиэтиленовые газопроводы. Проектирование и строительство / А.Л. Шурайц, В.Ю. Каргин, М.С. Недлин. - Саратов: ООО «Приволжск. изд-во», 2012. - 408 с.

4. СТО Газпром 2-3.5-051 2006. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. М., 2006. 205 с.

5. Ковалев. Б.К. Одоризация природного газа: проблемы и решения // Газовая промышленность / Б.К. Ковалев. – М. : Территория «НЕФТЕГАЗ», 2015. - № 9. - С. 86–87.

6. Скорнякова П.Ю. Разработка метода контроля и повышения эксплуатационной надежности газовых сетей / П.Ю. Скорнякова, М.Ю. Земенкова, Н. Стоянович // Нефтегазовый терминал : сб. научн. тр. междунар. научно-техн. конф. им. проф. Н.А Малюшина. - Тюмень: ТИУ, 2019. – Выпуск 16. - С. 282-286.

УДК 697.11

Дудник Анна Вячеславовна,
старший преподаватель кафедры
строительной инженерии и экономики,
БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г.Шевченко»

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

В данной статье рассмотрены конструктивные особенности высотных зданий и возможные варианты сокращения затрат энергоресурсов для многоэтажного жилого здания и проанализированы наиболее эффективные и часто используемые мероприятия по энергосбережению. Получена информация по основным научным и практическим направлениям перспективного развития систем и энергосберегающих технологий в теплоснабжении, отоплении, вентиляции и кондиционировании воздуха зданий и сооружений. Освоены оценки эффективности использования энергии на конкретных примерах.

Ключевые слова: энергосбережение, инженерные системы, экономия, использование, эффективность, высотные здания, энергоэффективность.

Возведение высотных зданий представляет собой закономерный этап развития городского строительства. Они являются индивидуальными, характерными и центральными объектами многих городов. Принято считать, что здание высотой в 20 этажей уже является высотным.

Высотные здания имеют свою специфику, существенно отличающую их конструктивно от обычных зданий. С ростом высоты здания резко увеличиваются нагрузки на несущие конструкции, что вызвало необходимость разработки специальных конструктивных систем.

Горизонтальные несущие конструкции высотных зданий, как правило, однотипны и обычно представляют собой жесткий несгораемый диск из железобетона либо сталежелезобетона.

По виду вертикальных несущих конструкций различают четыре основные системы высотных зданий: каркасную (рамную); стеновую (бескаркасную, диафрагмовую); ствольную и оболочковую.

Наряду с основными широко применяют и комбинированные конструктивные системы. В них вертикальные несущие конструкции компонуют, сочетая элементы разных видов (рис.1).

Выбор конструктивной системы зависит от многих факторов, основными их которых считаются высота здания, архитектурнопланировочные требования и условия строительства (сейсмичность, особенности грунта, атмосферные воздействия, в первую очередь ветровые).

Предусматривается зонирование по вертикали и инженерных систем здания. Это необходимо для обеспечения в нижней части зон гидростатического давления, допустимого по условиям прочности применяемого оборудования, а для систем горячего водоснабжения — также с целью предотвращения чрезмерного перепада давлений на водоразборной арматуре.

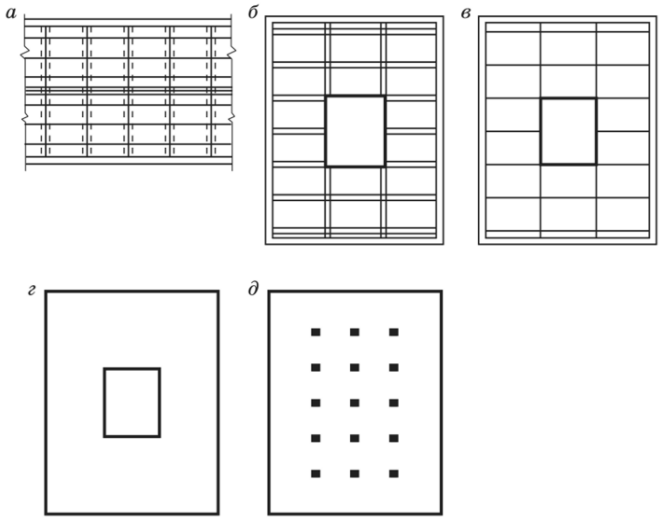


Рисунок 1 - Комбинированные конструктивные системы высотных зданий:
а - каркасно-стеновая; б — каркасно-ствольная; в — ствольно-стеновая;
г — оболочково-ствольная; д — оболочково-каркасная.

Зоны определенной высоты разделяются *техническими этажами*, на которых производится разводка магистралей сетей отопления, водоснабжения, прокладка сборных сетей канализации, объединение вентиляционных каналов.

Наличие технических этажей — оптимальный вариант для эксплуатации. При их отсутствии для прокладки трубопроводов используются шахты, а горизонтальная разводка осуществляется в межэтажных перекрытиях.

Опыт зарубежного проектирования и эксплуатации высотных зданий показывает, что оптимальная высота зоны системы отопления может составлять до 80 м, а зоны систем водоснабжения — до 60 м. Возможно совмещение зон инженерного оборудования с границами пожарных отсеков по высоте [1].

Энергетическая эффективность высотного здания зависит от многочисленных факторов, характерных для объектов, насыщенных сложными инженерно-техническими устройствами, потребляющими значительное количество тепловой, электрической и механической энергии. При этом обеспечение энергоэффективности здания связано с обеспечением его безопасности, надежности и комфортности. Решение столь сложной задачи возможно при комплексном рассмотрении здания как единой системы, все элементы которой (архитектурная форма, ориентация, ограждающие конструкции, системы теплоснабжения, ОВК, электроснабжения и т.д.) физически и энергетически взаимосвязаны.

Анализ структуры потребления энергоресурсов на примерах функционирования высотных зданий, построенных в различных климатических зонах, показывает, что до 70 % энергии расходуется на создание микроклимата среды обитания. Поэтому при разработке систем инженерного обустройства вопросы энергоэффективности и уровня теплозащиты ограждающих конструкций здания должны решаться в первоочередном порядке.

Снижения энергопотребления высотных зданий можно добиться:

- компактностью объемно-планировочного решения;
- рациональностью ориентации здания по сторонам света с учетом преобладающих направлений ветра и потоков солнечной энергии;
- выбором уровня и вида теплозащиты;
- выбором площади и вида остекления фасадов;
- выбором схемы и оборудования системы теплоснабжения;

- применением эффективных схем и оборудования систем отопления;
- выбором эффективных систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- утилизацией теплоты выбросов и использованием возобновляемых источников энергии;
- использованием низкотемпературных грунтовых вод в качестве источника холодоснабжения.

Системы инженерного обеспечения (в том числе и системы ОВК) высотных зданий индивидуальны, и каждая из них требует неординарных самостоятельных решений. Но в то же время можно выделить ряд особенностей систем ОВК, связанных с повышенной этажностью зданий и поэтому являющихся общими для всех:

- зонирование систем инженерного обеспечения;
- необходимость регулирования поступления теплоты от нагревательных приборов систем отопления в каждом помещении;
- оценка воздействия ветра на здание и учет поступления наружного инфильтрационного воздуха в расчетах воздушного режима и тепловых балансов помещений;
- «синдром замкнутого пространства» из-за загрязнения воздуховодов и оборудования элементов кондиционирования и отсутствия поступления «свежего» наружного воздуха;
- стремление к максимальному использованию систем естественной вентиляции помещений и т.д.

В региональных нормах России по проектированию высотных зданий установлены критерии эффективности и соответствующие им нормативы, основанные на энергетическом принципе нормирования здания в целом [3, 4].

Энергетическая эффективность высотных зданий во многом зависит от теплозащитных качеств ограждающих конструкций, так как они вместе с инженерными системами определяют расход энергии на поддержание в помещениях здания качественного микроклимата. Соответственно выбор конструктивного решения и материалов ограждающих конструкций в последующем оказывает влияние на расход теплоты системами ОВК воздуха зданий.

В зависимости от конструктивной системы здания, ограждающие конструкции могут быть несущими и ненесущими, выполненными кладкой из штучных материалов, стекла, металла или бетона (как легкого, так и тяжелого), однослойными или многослойными, с навесными стенами или вентилируемыми фасадами.

Расчеты переноса теплоты и массы при проектировании ограждений выполняются по общепринятым методикам (см. [5]), но с учетом особенностей изменения температуры наружного воздуха и его скорости по высоте зданий.

Выбирать оптимальные в техническом и энергетическом отношении ограждающие конструкции следует с учетом затрат на теплоту, холод и энергоснабжение помещений здания.

Энергоэффективность высотных зданий во многом зависит от конструкции оконных заполнений. Светопрозрачные конструкции в дневное время выполняют свою основную функцию, а в ночное представляют собой ограждения с пониженной теплозащитой. Для того чтобы потребление энергии было минимальным, площадь остекления фасадов здания должна соответствовать минимальным требованиям естественного освещения помещений.

Повышению теплозащитных качеств оконных заполнений способствует создание оконных блоков из алюминия с терморазрывами, деревоалюминия, клееной древесины, а также применение стеклопакетов с теплоотражающими стеклами. В ночное время теплозащитные качества светопрозрачных ограждений повышаются в результате

использования штор из теплоизоляционных материалов, а в дневное — различных пассивных защищающих экранов, навесов, жалюзи, штор, предотвращающих попадание в помещения солнечной энергии.

Энергоснабжение (в том числе и теплоснабжение) современных высотных зданий основывается на использовании как традиционных схем снабжения энергией, так и нетрадиционных, относящихся к использованию возобновляемых источников энергии.

Традиционная организация теплоснабжения высотных зданий осуществляется по двум вариантам: подсоединение инженерных систем здания к системам централизованного теплоснабжения; использование автономных источников энергии.

Общим правилом является наличие подсоединения здания к двум независимым источникам теплоснабжения.

К автономным источникам энергии, работающим на газообразном или жидком топливе, относятся: водогрейные котельные на одно или несколько зданий; мини-ТЭЦ на базе газотурбинной (ГТУ) или газопоршневой (ГПУ) установки.

Экономия энергии при теплоснабжении высотных многофункциональных и жилых зданий от источников централизованного теплоснабжения зависит от принципиального подхода к проектированию центрального теплового пункта (ЦТП). Энергетически обоснованным является использование общей группы теплообменников — подогревателей для всех потребителей теплоты с «количественнокачественным» регулированием каждого потребителя с помощью смесительных насосов и трехходовых клапанов.

За рубежом для теплоснабжения жилых высотных зданий используются (как вариант) поквартирные установки двухконтурных газовых водогрейных котлов, предназначенных для подготовки воды на отопление и горячее водоснабжение. Данный подход считается экономически и энергетически эффективным.

К нетрадиционным источникам энергоснабжения относятся топливные элементы, фотоэлектрические солнечные панели, системы использования низкопотенциальной теплоты земли, водоемов, воздуха и т.д.

В мировой практике проектирования вентиляции высотных зданий учитываются все факторы, влияющие на выбор систем подготовки вентиляционного воздуха, в том числе технические, энергетические и экономические. Существует тенденция к применению менее энергозатратных систем.

В большинстве высотных многофункциональных зданий для помещений жилой и общественной частей подготовка и подача воздуха осуществляется в основном приточно-вытяжными системами с механическим побуждением или системами кондиционирования воздуха. Для подготовки воздуха используются схемы с децентрализованной и централизованной установкой оборудования в отдельных квартирах, на обслуживаемых и технических этажах. Применяются также комбинированные схемы с размещением оборудования на технических и обслуживаемых этажах.

Использование естественной вентиляции, организованной по традиционной схеме (приток естественный неорганизованный через неплотности оконных заполнений, форточки или открываемые окна, а вытяжка — естественная организованная канальная), в высотных зданиях встречает серьезные трудности. Это связано в первую очередь с высоким ветровым и гравитационным давлением на ограждающие конструкции и с аэродинамикой здания.

Естественная вентиляция имеет ряд преимуществ по сравнению с механической или с кондиционированием воздуха. К ним относится возможность снижения затрат энергии при обеспечении микроклимата помещений, а также затрат на оборудование и т.д. Это послужило поводом к проведению многочисленных исследований, позволивших разработать ряд конструктивных решений по организации естественной вентиляции в высотных зданиях.

Одним из приемов энергосбережения в системах механической вентиляции и кондиционирования воздуха является применение утилизаторов теплоты, в качестве которых могут быть использованы теплообменники рекуперативные или регенеративные с вращающейся энтальпийной или неэнтальпийной насадкой.

Удаляемый из помещений воздух используется в летний период для предварительного охлаждения или осушения приточного воздуха, а в холодный — для его нагрева и увлажнения. При этом можно снижать потребление теплоты и холода, а также электроэнергии на поддержание микроклимата в помещениях.

Немаловажные факторы экономии энергии — снижение расчетных потерь давления при перемещении воздуха в воздуховодах, теплоизоляция оборудования, воздуховодов и трубопроводов, исключение утечек и подсосов воздуха через неплотности соединений и др.

В зависимости от назначения помещений в высотных многофункциональных и жилых зданиях используются водяные, воздушные, совмещенные с системой механической вентиляции, воздушные с отопительно-рециркуляционными агрегатами, электрические напольные и другие системы отопления.

Организация водяного отопления высотных зданий осуществляется с зонированием их по высоте. Зонирование систем отопления, как правило, совпадаете пожарным зонированием. Отдельные зоны разделяются техническими этажами, удобными для прокладки разводящих трубопроводов. Высота зон определяется допустимым гидростатическим давлением на нижние отопительные приборы. При отсутствии технических этажей зонирование может не совпадать с разделением здания на пожарные отсеки.

Системы водяного отопления высотных зданий подразделяются на вертикальные и горизонтальные, с верхней и нижней разводкой. Приоритет отдается двухтрубным системам с верхней разводкой подающей магистрали и попутным движением теплоносителя.

Анализ различных решений систем отопления показал, что для жилых зданий более энергоэффективной является горизонтальная поквартирная разводка с подключением к вертикальным стоякам, проложенным по лестничной клетке и выполненным по двухтрубной схеме с нижней разводкой магистралей.

Применение поквартирных (горизонтальных) систем отопления приводит к уменьшению протяженности магистральных труб и снижению потерь теплоты в необогреваемых помещениях, где проложены трубопроводы.

Энергоэффективность водяных систем отопления зависит от их надежности и регулируемости. Обеспечение гидравлической устойчивости является основной задачей как проектировщиков, так и службы эксплуатации. Системы должны эффективно работать и быть управляемыми во всех режимах. Такая управляемость достигается повышением сопротивления узлов отопительных приборов и гидравлической увязкой циркуляционных колец. С этой целью применяются радиаторные терморегуляторы с повышенным гидравлическим сопротивлением на обвязке отопительных приборов, а на стояках или приборных ветвях системы — автоматические балансировочные клапаны. Применение автоматических балансировочных клапанов снижает гидравлическое сопротивление системы и экономит энергию на перекачивание теплоносителя.

Индивидуальное регулирование теплоотдачи отопительных приборов осуществляется автоматическими терморегуляторами с предварительной настройкой.

Энергоэффективными являются и индивидуальные поквартирные системы отопления с двухконтурными газовыми водогрейными котлами, применяемые наиболее часто в зарубежной практике.

Для обеспечения требуемых условий микроклимата помещений высотных зданий используются сложные инженерные системы: вентиляции, кондиционирования воздуха,

отопления, теплоснабжения и др. Обеспечение надежной работы и уменьшение энергопотребления указанных систем возможно только при использовании средств автоматизации и диспетчеризации.

Автоматизируются приточные и вытяжные установки, ЦТП и индивидуальные тепловые пункты (ИТП), водяные контуры систем отопления и вентиляции, холодильные машины. Все данные о работе оборудования поступают в диспетчерскую службу, в которой отслеживаются параметры систем и корректируются режимы их работы.

В диспетчерской службе создается база данных единого информационного поля с функциями оптимизации работы инженерных систем.

Современные системы управления зданиями позволяют добиваться эффекта как за счет применения автоматики, так и благодаря объединению всех систем в общую сеть контроля и управления. При этом средневзвешенные величины энергосбережения ориентировочно равны: по отоплению — 15...30 %, электроэнергии — 20...40, воде — 10... 15 %. Срок окупаемости систем автоматизации и диспетчеризации — от 3 до 6 лет.

При определении производительности систем вентиляции и кондиционирования воздуха в тепловом балансе помещений учитываются тепловыделения от искусственного освещения. В настоящее время широко распространены осветительные устройства, в которых используются лампы накаливания и газоразрядные лампы. Из них наиболее распространены люминесцентные лампы. Но уже существует тенденция перехода к осветительным устройствам на базе сверхярких светодиодов, основное преимущество которых — низкое энергопотребление. Светодиодные светильники потребляют энергии в 5 раз меньше, чем светильники на основе ламп накаливания. Во многих странах освещение на светодиодах постепенно вытесняет традиционное — на использовании ламп накаливания и люминесцентных ламп.

Для утилизации теплоты используются светильники — воздухораспределители приточного воздуха или светильники вытяжных устройств.

Вся теплота, генерируемая в светильниках приточного воздуха, поступает в помещение, а теплота, генерируемая в светильниках вытяжных устройств, удаляется с вытяжным воздухом. Направить теплоту светильников приточного воздуха на обогрев помещения можно ее отводом и передачей в систему ОВК. Отвод теплоты может быть осуществлен путем использования в качестве теплоносителя воздуха или воды, а также утилизаторами теплоты, например на тепловых трубах, встроенных в светильники.

Зарубежный и отечественный опыт, результаты многочисленных исследований свидетельствуют о несомненной целесообразности применения в системах теплоснабжения и ОВК сберегающих технологий на базе теплообменников — утилизаторов теплоты, теплонасосных установок, приемников энергии возобновляемых источников теплоты и другого оборудования. Перечисленное оборудование применяется в отдельных системах ОВК, но наиболее эффективно используется при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий, в том числе высотных.

К актуальным задачам энергосбережения на современном этапе развития систем ОВК следует отнести разработку научных основ проектирования зданий с эффективным использованием энергии; выявление области рационального применения возобновляемых источников энергии; совершенствование систем ОВК в направлении улучшения качества теплового комфорта с одновременным снижением затрат энергии на теплоснабжение зданий.

До настоящего времени проектирование и строительство зданий с эффективным использованием энергии имеет экспериментальный характер. Сложность эксперимента заключается в том, что из-за отсутствия научных основ он часто выполняется методом проб и ошибок. Научно обоснованный подход к проектированию зданий и сооружений с эффективным использованием энергии развивается на базе методики системного анализа,

позволяющего принимать решения в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной физической природы.

Список литературы

1. Инженерное оборудование высотных зданий / под ред. М.М. Бродач. М.: АВОК-ПРЕСС, 2011.
2. Абедин А. Совместное производство теплоты и электроэнергии / А. Абедин // АВОК. 2005. № 1. С. 54-58.
3. МГСН 4.19—2005. Проектирование многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве. М., 2005.
4. ТСН 31-332—2006 Санкт-Петербурга. Жилые и общественные высотные здания. СПб., 2006.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплофизика ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. М.: АВОК-ПРЕСС, 2009.

УДК 666.9

Золотухина Наталья Викторовна,
ст. преподаватель кафедры архитектуры и дизайна,
БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко
(аспирант ФГБОУ ВО «БГИТУ» г. Брянск, РФ);
Дудник Анна Вячеславовна,
ст. преподаватель кафедры
строительной инженерии и экономики,
БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ ПРИ ВЫБОРЕ СОСТАВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. В статье раскрыты направления ресурсосбережения в производстве бетонов при использовании отходов промышленного производства, представлены рациональные области применения золошлаковых смесей (ЗШС) при изготовлении тяжелых, легких, ячеистых бетонов с целью ресурсосбережения и улучшения технологических свойств бетонной смеси и строительно-технических свойств бетона в соответсвии с ГОСТ 25592-2019. Установлено, что введение золошлаковой смеси и суперпластифицирующей добавки способствует повышению физико-механических характеристик при снижении расхода цемента в составе композиционного бетона по сравнению с традиционным.

Ключевые слова: ресурсосбережение, бетон, отходы производства, золошлаковые смеси, прочность, плотность.

Важной задачей строительного производства является разработка и внедрение ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий, которые предусматривают широкое применение местного минерального сырья и техногенных продуктов. Рассматривая основные положения Концепции социально-экономического развития РФ "Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2024 года и дальнейшую перспективу до 2035 года", которые гласят о создании экономики замкнутого цикла, системы учета углеродного следа промышленности строительных материалов, об увеличении доли использования отходов при производстве стройматериалов до 10 %, актуальными становятся вопросы организации производства строительной продукции высокого качества при минимизации расхода природного сырья.

С начала нынешнего столетия в области производства бетонов активно развиваются современные тенденции, направленные на разработку и активное внедрение технологий, обеспечивающих ресурсосбережение, а также получения бетонов с высокими темпами набора прочности и улучшенными физико-механическими характеристиками.

Применение активных минеральных добавок, композиционных вяжущих и модификаторов структуры является достаточно эффективным способом решения проблемы ресурсосбережения в производстве бетонов, который может позволить сократить расход дорогостоящего клинкерного фонда и повысить качество выпускающей продукции [1, 2]. Экспериментальные научные исследования по усовершенствованию эксплуатационных свойств бетона всегда находятся в динамичном развитии [3-6 и др.].

В последние годы накоплен значительный опыт по применению отходов теплоэнергетики, особенно зол и шлаков, в качестве минеральных добавок в бетонах [7-11 и др.]. В соответствии с ГОСТ 25592-2019 [12]: «рациональные области применения золошлаковых смесей (ЗШС), а также техногенного сырья и материалов, которые могут быть получены при предварительной подготовке ЗШС при изготовлении тяжелых, легких, ячеистых бетонов и строительных растворов для сборного и монолитного строительства

устанавливают в зависимости от вида ЗШС, ее насыпной плотности, удельной поверхности и химического состава зольной и шлаковой составляющих».

«При приготовлении тяжелых, мелкозернистых и легких бетонов ЗШС следует применять:

- для полной или частичной замены мелкого и крупного заполнителей при условии, что ЗШС содержит в основе шлаковую составляющую плотной или пористой структуры;
- для частичной замены заполнителей и цемента целесообразно применять ЗШС, в составе которой содержание шлака составляет не более 50%;
- для оптимизации составов тяжелых, легких и ячеистых бетонов с целью ресурсосбережения и улучшения технологических свойств бетонной смеси и строительно-технических свойств бетона целесообразно применять зольную составляющую ЗШС при условии оптимизации составов бетонов, определяемых на конкретных материалах.

При полной замене мелкого и крупного заполнителей в тяжелых бетонах классов до В 12,5 следует применять ЗШС с насыпной плотностью более 13000 кг/м, В15-В25 - с насыпной плотностью более 1400 кг/м, В30-В40 - с насыпной плотностью более 1600 кг/м.

Возможность применения ЗШС для полной замены мелкого и крупного заполнителей в тяжелых и легких бетонах, а также оптимальное количество ее для частичной замены заполнителей, устанавливают в результате подбора состава бетона на конкретных материалах при условии обеспечения требуемых показателей, качества бетона в изделиях, конструкциях и коррозионной стойкости арматуры.

При приготовлении ячеистых бетонов, следует применять зольную составляющую кислой или основной ЗШС с удельной поверхностью не менее 250 м и полным остатком на сите N 008 не более 20% в качестве кремнеземистого компонента или вяжущего в составе бетонной смеси.

Техногенное сырье и материалы, получаемые в результате переработки ЗШС, применяют в соответствии с существующими технологиями изготовления тяжелых, легких, мелкозернистых бетонов, строительных растворов, сухих смесей, а также и в качестве компонентов при изготовлении бетонов для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов.

Золу применяют как минеральную добавку или наполнитель при изготовлении тяжелых, легких, ячеистых бетонов, сухих строительных смесей и строительных растворов, а также в составе минеральных вяжущих для приготовления смесей и укрепленных грунтов в дорожном строительстве.

При изготовлении тяжелых, легких бетонов и строительных растворов золы следует применять в целях экономии цемента, заполнителей, улучшения технологических свойств бетонной и растворной смесей, а также показателей качества бетонов и растворов.

В конструкционно-теплоизоляционных бетонах кислую золу следует применять для частичной или полной замены пористых песков и снижения средней плотности бетона.

Оптимальное содержание золы в тяжелых, легких, ячеистых бетонах, сухих строительных смесях и строительных растворах устанавливают в результате подбора составов на конкретных материалах при условии обеспечения требуемых показателей качества бетона и раствора в изделиях, конструкциях и коррозионной стойкости арматуры.

Для повышения эффективности применения золы в бетонах применяют химические добавки по ГОСТ 24211» [1].

В связи с вышеперечисленным выделена практическая значимость исследования использования ЗШС при проектировании составов бетонных смесей, как важный аспект повышения качества бетона при экономии вяжущих веществ.

В результате ранее проведенных теоретических и экспериментальных исследований [13] установлена возможность эффективных композиционных вяжущих зольной

составляющей на основе отходов промышленности - золошлаковых смесей. Изучен химический, морфологический и зерновой состав ЗШС [14].

В качестве составляющих для приготовления мелкозернистой бетонной смеси применялись следующие сырьевые материалы: бездобавочный нормальнотвердеющий портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ОАО «Белорусский цементный завод» г. Костюковичи, Республика Беларусь); природный кварцевый мелкий песок с модулем крупности 1,47 (Брянская обл.); водопроводная вода (МУП «Брянский городской водоканал», г. Брянск), золошлаковая смесь (ЗШС) (ЗАО «Молдавская ГРЭС» г. Днестровск, Приднестровье).

Расчет составов мелкозернистой бетонной смеси выполнялся методами ортогонального центрального композиционного планирования (программные обеспечения Urorfy, Excel). Средняя плотность образцов определялась по ГОСТ 12730.1-78. Контроль прочности бетона образцов после ТВО осуществлялся на 1 сутки согласно требований ГОСТ 18105-2010 с помощью испытательного пресса С-040 №1500/250 кН Matest.

Дозирование компонентов на замес производилось по массе. Приготовление мелкозернистой бетонной смеси проводилось в следующей последовательности: цемент смешивался с ЗШС, добавлялся песок, далее вода, в составах с MasterGlenium 116 сначала 2/3 части воды и после 1/3 части воды с растворенной в ней суперпластифицирующей добавкой. Образцы формовались из подвижной смеси, расплыв конуса в пределах 110-112 мм. Уплотнение смеси при изготовлении образцов в формах производилось на лабораторной виброплощадке ВС-3. Время уплотнения смеси – 60 с. Испытания на прочность при сжатии и изгибе проводились на образцах МЗБ размерами 40×40×160 мм в первые сутки после тепло-влажностной обработки в пропарочной камере КПУ-1М (Россия) по режиму: подъем температуры в течение 3 ч., изотермическая выдержка при температуре 85 С – 4 ч. и охлаждение в течение 3 ч.

Расчет составов мелкозернистой бетонной смеси выполнялся методами ортогонального центрального композиционного планирования для установления зависимостей плотности и прочности мелкозернистого бетона от компонентов с переменными факторами: содержание цемента (Ц=х1), ЗШС (ЗШС=х2) и суперпластификатор MG (MG =х3). При проведении эксперимента интервалы варьирования для каждого компонента были следующими: цемент - от 300 до 500 кг; ЗШС - от 0 до 40%; суперпластификатор MG - от 0 до 2% от количества цемента.

По средним значениям экспериментальных данных рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии. Функции отклика средней плотности ($y_1 = \rho$), предела прочности при изгибе ($y_2 = R^1_и$) и при сжатии ($y_3 = R^1_{сж}$) мелкозернистого бетона от влияющих факторов описываются следующими уравнениями:

$$y_1 = 2122{,}5 + 48{,}1x_1 - 19{,}6x_2 + 27{,}3x_3 - 22{,}3x_1^2 - 18{,}4x_2^2 - 18{,}7x_3^2 - 6{,}4x_1x_2 + 17{,}9\,x_1x_3 - 9{,}9\,x_2x_3; \quad (1)$$

$$y_2 = 4{,}8 + 1{,}07\,x_1 + 0{,}4\,x_2 + 0{,}6x_3 - 0{,}63\,x_1^2 - 0{,}3\,x_2^2 - 1{,}06\,x_3^2 - 0{,}34\,x_1x_2 + 0{,}8\,x_1x_3 - 0{,}6\,x_2x_3; \quad (2)$$

$$y_3 = 21{,}5 + 4{,}42\,x_1 + 1{,}36\,x_2 + 3{,}62\,x_3 - 2{,}32\,x_1^2 - 1{,}7\,x_2^2 - 4{,}09\,x_3^2 - 0{,}4\,x_1x_2 + 3{,}99\,x_1x_3 - 1{,}1\,x_2x_3. \quad (3)$$

Анализ уравнений (1-3) показывает, что распределение физико-механических показателей образцов носит экстремальный характер, но определенные зависимости увеличения прочностных характеристик прослеживаются.

Данные расчета уравнения регрессии (3) показывают, что при увеличении количества ЗШС и процента пластифицирующей добавки в составах, не приводит к большому росту прочности на сжатие. При минимальном расходе портландцемента, равном 300 кг, прочность образца без добавок при сжатии составляет 6,5 МПа. Наиболее рациональным будет являться состав, включающий в себя 30% ЗШС и 1% суперпластификатора MG. Полученное содержание компонентов будет способствовать увеличению предела прочности бетона при сжатии от 6,5 до 15,2 МПа (в 2,3 раза).

При варьируемом расходе портландцемента в 400 кг прочность образца без добавок составляет 9,6 МПа. Анализ данных уравнения регрессии (3) показывает, что увеличение количества ЗШС кардинально не повышает прочность, а пластифицирующая добавка в составах показывает двойное увеличение прочности. Наиболее рациональным будет являться состав, включающий в себя 25% ЗШС и 1,5% MG. Полученное содержание компонентов будет способствовать увеличению предела прочности бетона при сжатии от 9,6 до 22,4 МПа (в 2,3 раза).

При варьируемом расходе портландцемента, равном 500 кг прочность образца без добавок составляет 8,1 МПа. Данные расчета уравнения регрессии (3) показывают, что увеличение количества ЗШС кардинально не повышает прочность, а пластифицирующая добавка в составах показывает почти тройное увеличение. Наиболее рациональным будет являться состав, включающий в себя 15% ЗШС и 2% MG. Полученное содержание компонентов будет способствовать увеличению предела прочности бетона при сжатии от 8,1 до 27,1 МПа (в 3,3 раза).

Анализ результатов уравнения регрессии (2) показывает, что увеличение количества ЗШС в составах не ведет к большому росту прочности на изгиб, увеличение прочности наблюдается в составах вместе с пластификатором. Наиболее рациональным будет являться состав, включающий в себя 15% ЗШС и 2% MG при расходе цемента 300 кг. Полученное содержание компонентов будет способствовать увеличению предела прочности на изгиб от 0,9 до 3,2 МПа (в 3,6 раза). При варьируемом расходе цемента в 400 кг рациональным будет являться состав, включающий в себя 25% ЗШС и 1,5% MG, данное содержание компонентов будет способствовать увеличению предела прочности на изгиб от 1,8 до 4,8 МПа (в 2,7 раза). При верхнем пределе варьирования портландцемента в 500 кг рациональным будет являться состав, включающий в себя 15% ЗШС и 2% MG. Полученное содержание компонентов будет способствовать увеличению предела прочности на изгиб от 1,5 до 5,6 МПа (в 3,7 раза).

Анализ результатов уравнения регрессии (1) показывает, что увеличение количества ЗШС в составах совместно с пластификатором и без него ведет к небольшому увеличению роста плотности образцов. При варьируемом расходе портландцемента в 300 кг рациональным будет являться состав, включающий в себя 30% ЗШС и 1% MG, данное содержание компонентов будет способствовать увеличению средней плотности от 2009 до 2041 кг/м^3, при расходе портландцемента в 400 кг рациональный состав с 25% ЗШС и 1,5% MG, данное содержание компонентов будет способствовать увеличению средней плотности от 2068 до 2124 кг/м^3. При расходе портландцемента в 500 кг наиболее рациональным будет являться состав, включающий в себя 15% ЗШС и 2% MG такое содержание компонентов будет способствовать повышению средней плотности от 2082 до 2183 кг/м^3.

Выводы.

1. Дан анализ результатов уравнений регрессии физико-механических показателей образцов на первые сутки после тепло-влажностной обработки, который показал рост физических и механических характеристик в составах с ЗШС и пластификатором;

2. В результате анализа расчетных показателей можно судить о возможности замены части цемента в бетонных составах на ЗШС совместно с суперпластификатором, что позволит снизить расход цемента в пределах от 15 до 30%, не ухудшая при этом прочностные характеристики бетона.

3. При минимальном и среднем уровне варьирования цемента с добавлением ЗШС и пластификатора можно получать образцы с высокими показателями прочностных характеристик на сжатие и на изгиб.

4. Использование ЗШС совместно с пластифицирующими добавками в бетонных смесях дает возможность сберегать исходные материальные ресурсы.

Список литературы

1. Баженов Ю. М., Демьянов В. С., Калашников В. И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 368 с.

2. Батркаов В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.

3. Баженов Ю.М., Федюк Р.С., Лесовик В.С. Обзор современных высокоэффективных бетонов // Наукоемкие технологии и инновации. Научно-практич. конфер. посв. 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 45-49.

4 Баженов Ю. М., Лукутцова Н. П., Матвеева Е. Г. Исследования влияния наномодифицирующей добавки на прочностные и структурные характеристики мелкозернистого бетона// Вестник МГСУ.2010. №2. С.215-218

5. Лесовик Р.В., Володченко А.А., Швецов А.В., Поспелов М.А., Минакова А.В., Гладких Е.А. К вопросу использования отходов промышленности для создания строительных композитов // Наукоемкие технологии и инновации. Научно-практич. конфер. посв. 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 290-294.

6. Муртазаев С-А.Ю., Алиев С.А., Аласханов А.Х., Хамидов М.А., Муртазаева Т.С-А. Анализ местной сырьевой природной и техногенной базы Чеченской республики для бетонов и строительных растворов // Наукоемкие технологии и инновации. Научно-практич. конфер. посв. 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 306-312.

7. Баженов Ю.М., Муртазаев С.А.Ю., Эффективные бетоны для строительных и восстановительных работ с использованием бетонного лома и отвальных зол ТЭС // Вестник МГСУ. 2008. № 3. С. 124-127.

8. Толстой А.Д. Мелкозернистый бетон повышенной прочности // Строительные материалы и изделия. 2020. Том 3. №1. С. 39 – 43. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-39-43

9. Aparna Sai Surya Sree Nedunuri, Salman Muhammad Fundamental understanding of the setting behaviour of the alkali activated binders based on ground granulated blast furnace slag and fly ash [Электронный ресурс]. ScienceDirect Construction and Building Materials, 2021. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860421003468 (дата обращения: 01.02.2022)

10. W. Micah Hale, Seamus F. Freyne, Thomas D. Bush Jr., Bruce W. Russell Properties of concrete mixtures containing slag cement and fly ash for use in transportation structures [Электронный ресурс]. ScienceDirect Construction and Building Materials, 2008. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061807001833 (дата обращения: 01.02.2022)

11. A. Keulen, A.van Zomeren, J.мJ. Dijkstra Leaching of monolithic and granular alkali activated slag-fly ash materials, as a function of the mixture design [Электронный ресурс]. ScienceDirect Waste Management, 2018. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18303738 (дата обращения: 01.02.2022)

12. ГОСТ 25592-2019 Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019

13. Золотухина Н. В., Лукутцова Н. П., Исследования влияния микронаполнителя - золы уноса МГРЭС на свойства мелкозернистого бетона. Материалы междун. науч.-практ. конференции «Инновации в строительстве-2020» БГИТУ, 2020 с. 96-103

14. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Соболева Г.Н., Золотухина Н.В., Обыденная А.А. Композиционный заполнитель для легких бетонов с использованием хризотилцементных и золошлаковых отходов // Строительные материалы. 2021. № 8. с. 53-59.

УДК 692.22

Золотухина Наталья Викторовна,
ст. преподаватель кафедры архитектуры и дизайна,
БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко
(аспирант ФГБОУ ВО «БГИТУ» г. Брянск, РФ);
Тоницой Анастасия Владимировна,
студентка 4 курса,
БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

О ВЫБОРЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ФУНДАМЕНТА ЗДАНИЯ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В данной статье описан подбор материала для конструкций фундамента общественного здания – музея современного искусства, с учетом характеристик материалов по теплопроводности; описан теплотехнический расчет фундаментных стен в программе «Теремок» 0.8.5 / 0118 Дмитрия Чигинского из монолитного железобетона с применением утепляющих материалов и без них; дается анализ расчета; выполняется сравнение и производится выбор оптимального утепляющего материала.

Ключевые слова: энергоэффективность, теплотехнический расчет, коэффициент теплопроводности, фундамент, железобетон, пенополиуретан, пенополистирол.

Проблема энергосбережения в наше время является актуальной, особенно в Приднестровье, где преобладает умеренно континентальный климат. Потеря тепла здания зависит в основном от материалов, которые используются в качестве ограждающих конструкций и теплоизоляционных материалов. Комфорт, тепло или прохлада являются одним из основных характеристик любого здания гражданского назначения. Уже давно понятно, что сами стены и полы, накрытые крышей, еще не являются надежной защитой: энергия, потраченная на обогрев или охлаждение здания, отводится в землю и окружающее пространство. Спасением от таких "энергетических потерь" является теплоизоляция. Главное, что нужно знать при выборе утеплителя - какие характеристики важнее, и где будет использоваться теплоизоляционный материал. Все изоляционные материалы имеют свои особенности, свойства, технологию, к выбору материала нужен индивидуальный подход.

Цель – подобрать наиболее подходящий материал для несущей конструкции стен фундамента в проекте общественного здания – музея (рис.1), который обеспечит нормальный температурно-влажностный режим в помещениях цокольной части здания согласно нормативам по теплопередаче конструкции [1-5], а также благоприятную влажность залов для экспонатов, находящихся внутри.

Задачи: - дать основные понятия термического сопротивления конструкций, изучить нормативную литературу и опыт зарубежных государств в области сбережения энергетических ресурсов зданий;

-подобрать материал для стен фундамента музея, изучив основные свойства, достоинства и недостатки материалов;

-изучить материалы по характеристикам теплопроводности в программе «Теремок»;

-провести расчеты термического сопротивления ограждающей конструкции с выбранными материалами;

-провести анализ расчетов и выбрать ограждающую конструкцию, удовлетворяющую требованиям по теплопроводности для общественных зданий.

Рисунок 1 - Курсовой проект на тему «Музей современного искусства в г. Бендеры» по дисциплине «Архитектурное проектирование», авторский проект - Колесниковой А.В.

Объект исследования – несущие конструкции стен фундамента музея современного искусства. Предмет исследования – теплопроводные свойства материалов несущих конструкций стен фундамента музея. Методы исследования – изучение литературных источников, обобщение, сравнение, анализ и синтез.

Здание музея – каркасное (рис. 2). Фундаменты в проекте приняты свайные, ростверк ленточный монолитный из железобетона. Стены фундамента из монолитного железобетона толщиной 400 мм. Несущие элементы каркаса: колонны - монолитные железобетонные, сечением 400х400 мм, перекрытие из сборных пустотных железобетонных плит с монолитными участками. Кровля – плоская совмещенная, неэксплуатируемая, по несущим фермам и железобетонным плитам.

Всем известно, что XXI век – век кардинальных изменений и прогресса развития практически в каждой сфере, в том числе и в строительной. За последние 20 лет заметен рост производства инновационных и энергоэффективных материалов и технологий. В европейских государствах отсутствие в больших количествах собственных энергетических ресурсов привело к росту исследований, касающихся экономии энергетических ресурсов при эксплуатации зданий. Европейские исследователи и инженеры в результате своих исследований сделали вывод, что комфортные условия в помещениях гражданских зданий, можно достичь, применив наружную теплоизоляцию в соответствии с современными нормативами, и при этом достаточно использовать лишь 20% энергии от общего потребляемого количества энергии в большинстве зданий [6].

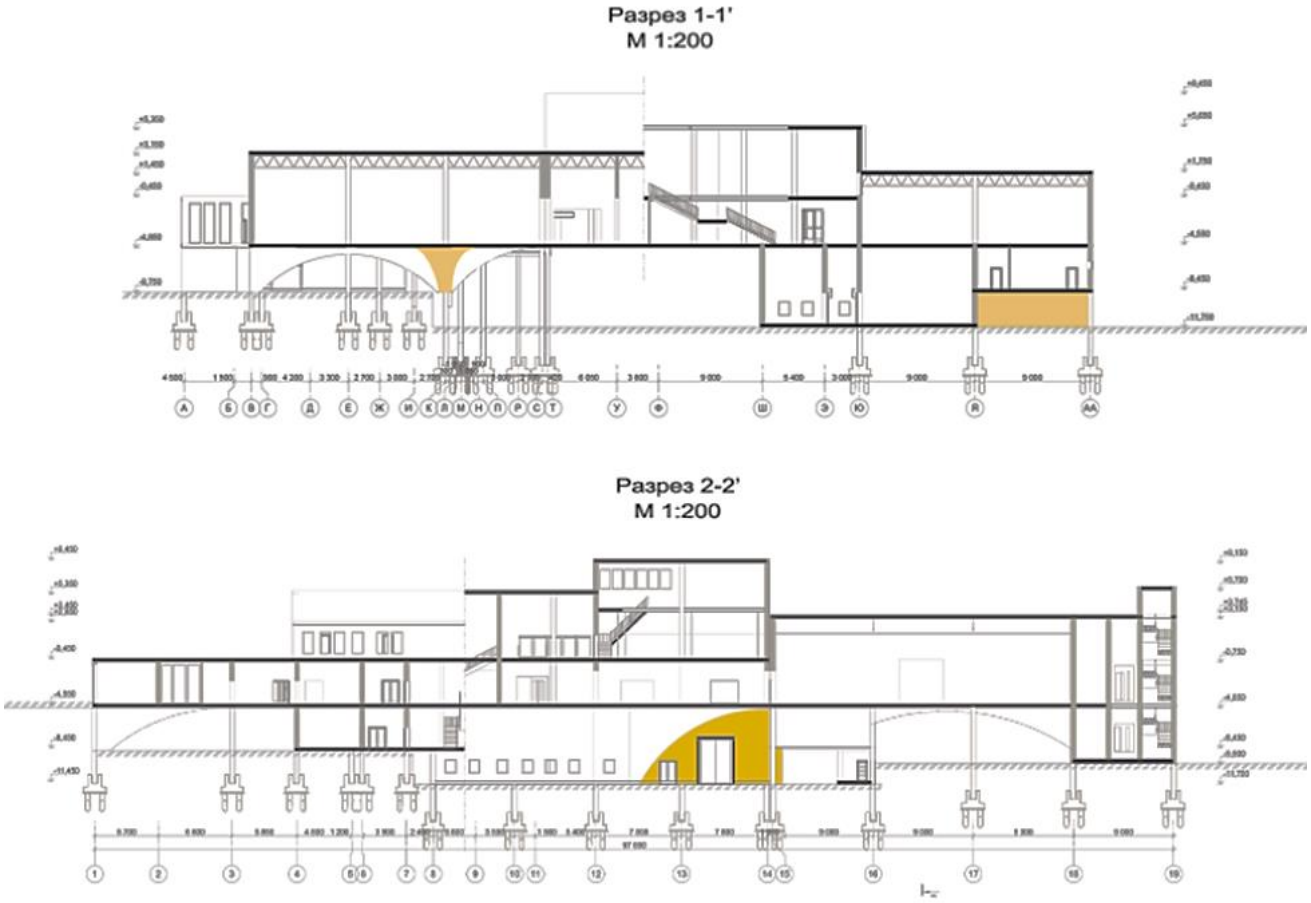


Рисунок 2 - Разрезы 1-1, 2-2 по зданию музея в курсовом проекте на тему «Музей современного искусства в г. Бендеры», автор - Колесникова А.В.

Впервые, понятие «энергоэффективности» в строительной сфере появляется в 1970-х гг, после происходит появление большого количества программ по повышению энергоэффективности. Уже в 2011 году 15 июня был опубликован международный Стандарт ISO 50001 "Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению". Он относится к стандартам Международной организации по стандартизации из серии ISO50000, разработанный для решения одной из основных задач современного предприятия - эффективного управления энергоресурсами и энергосбережения. Он служит базой для разработки и внедрения процедур организации по управлению процессами энергоэффективности, а также для их поддержания и совершенствования [7].

В многих странах Европы и бывших странах СНГ энергоэффективность является одной из важнейших стратегических направлений развития. В Молдове и, в частности в Приднестровье, данное направление только начинает набирать свои обороты. Анализируя различные исследования в ряде стран по повышению энергоэффективности жилых строений, применяемые средства для технического регулирования в области энергетической политики государств, а также способы информирования потребителей о теплоэнергетических свойствах строений, выяснилось, что наиболее действенным способом является паспортизация и сертификация энергетической эффективности зданий. Энергетический паспорт здания - это документ, содержащий достоверную информацию о геометрических характеристиках здания, теплотехнические показатели ограждающих конструкций и энергетические показатели здания. Система энергетической сертификации зданий может

служить не только инструментом оценки энергоэффективности зданий, но и служить информационной базой данных для системного анализа эксплуатационных, энергетических, теплотехнических и других параметров здания.

Теплотехнические параметры характеризуются сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций - одним из важнейших теплотехнических показателей строительных материалов. При общих равных условиях, это отношение разности температур на поверхностях ограждающей конструкции к величине мощности теплового потока (теплопередача за один час через один квадратный метр площади поверхности ограждающей конструкции, проходящего сквозь нее). Сопротивление теплопередаче отражает теплозащитные свойства ограждающей конструкции и складывается из термических сопротивлений отдельных однородных слоев конструкции [8, с.13]. «Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции – это теплотехнический коэффициент, характеризующий уровень теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций. Чем больше сопротивление теплопередаче конструкции, тем выше ее теплоизоляционные свойства, т.е. тем меньший тепловой поток, проходит через эту конструкцию, тем меньше потери тепла через нее (рис. 3).

Действующие нормы и правила [1-3] декларируют требования к тепловой защите зданий. Согласно [2], тепловая защита зданий устанавливается «… в целях экономии энергии при обеспечении санитарно-гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений».

Нормы и правила [1-3] распространяются на тепловую защиту жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий и сооружений, в которых необходимо поддерживать определенную температуру и влажность внутреннего воздуха. В нормах устанавливают требования к следующим показателям: приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий; ограничению температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции, исключая окна с вертикальным остеклением; удельному показателю расхода тепловой энергии на отопление здания; теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года и помещений зданий в холодный период года; воздухопроницаемости ограждающих конструкций и помещений зданий; защите от переувлажнения ограждающих конструкций; теплоусвоению поверхности полов; классификации, определению и повышению энергетической эффективности проектируемых и существующих зданий; контролю нормируемых показателей, включая энергетический паспорт здания [2].

Удовлетворению всех вышеперечисленных требований соответствует расчет требуемой толщины ограждающей конструкции и проверка по нормируемому значению сопротивления теплопередаче в программе «Теремок» 0.8.5 / 0118 Дмитрия Чигинского "Теплотехнический расчет многослойных ограждающих конструкций".

В прошлом, когда стоимость энергетических ресурсов не была высокой, вопрос о качественной изоляции конструкций зданий были неактуальными, так как проектирование конструкций без теплоизолирующих слоев с лихвой перекрывалось мощным отоплением. На сегодняшний день, ввиду стремительного роста цен на газ и электричество, вопрос теплоизоляции и экономии энергоресурсов приобретает все большую актуальность. Утепление стен фундамента является одним из наиболее эффективных методов для достижения вышеуказанной цели, которое помимо уменьшения теплопотерь здания, значительно продлевает срок эксплуатации самого фундамента, так как обеспечивает необходимую его защиту от воздействия внешней среды (рис.4). Варианты мест утепления фундаментов зданий приведены на рисунке 5.

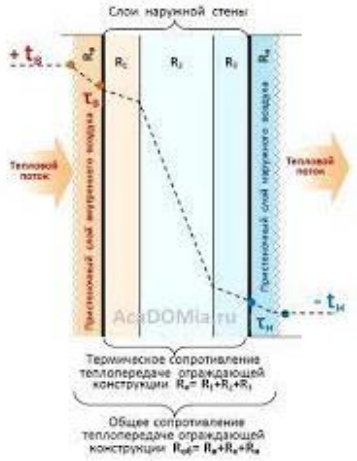


Рисунок 3 - Слагаемые сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

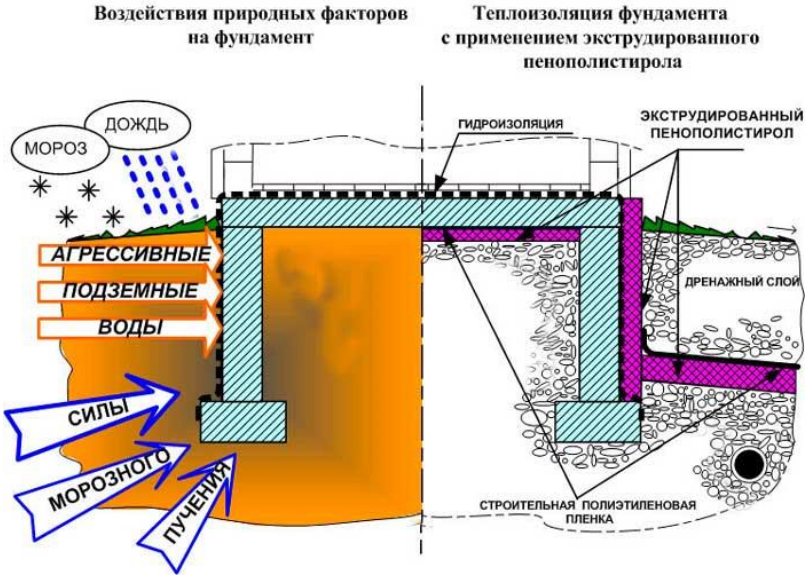


Рисунок 4 - Схемы фундамента без утепляющего слоя с воздействием природных факторов и с наличием слоя утплителя

Музей проектируется на сложном рельефе, в цокольных помещениях расположены музейные экспонаты, поэтому очень важно произвести правильный выбор материалов для конструкций здания музея ниже отметки чистого пола первого этажа. Первоначально при проектировании ограждающей конструкции музея в г. Бендеры останавливаем свой выбор на основном материале стен фундамента: железобетон, толщина стен принята 400 мм в соответствии с размерами несущих конструкций колонн. В первых расчетах в программе проверяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче железобетонной стены без утепляющих слоев, а только с внутренним отделочным слоем и наружным гидроизоляционным. Для отделочного слоя используем традиционный цементно-песчаный раствор, а для гидроизоляционного слоя рубероид.

Расчет в программе «Теремок» начинаем с выбора характеристик здания: в графе «тип здания» выбираем пункт «общественное»; температурно-влажностный режим помещений здания t - 20˚С, влажность нормальная – 55%; регион – Молдавия, населенный пункт – г. Кишинёв; тип конструкции – наружная стена (рис.6). Следующим этапом производится выбор материалов ограждающей конструкции фундаментной стены в соответствии с нормативными документами (рис.7).

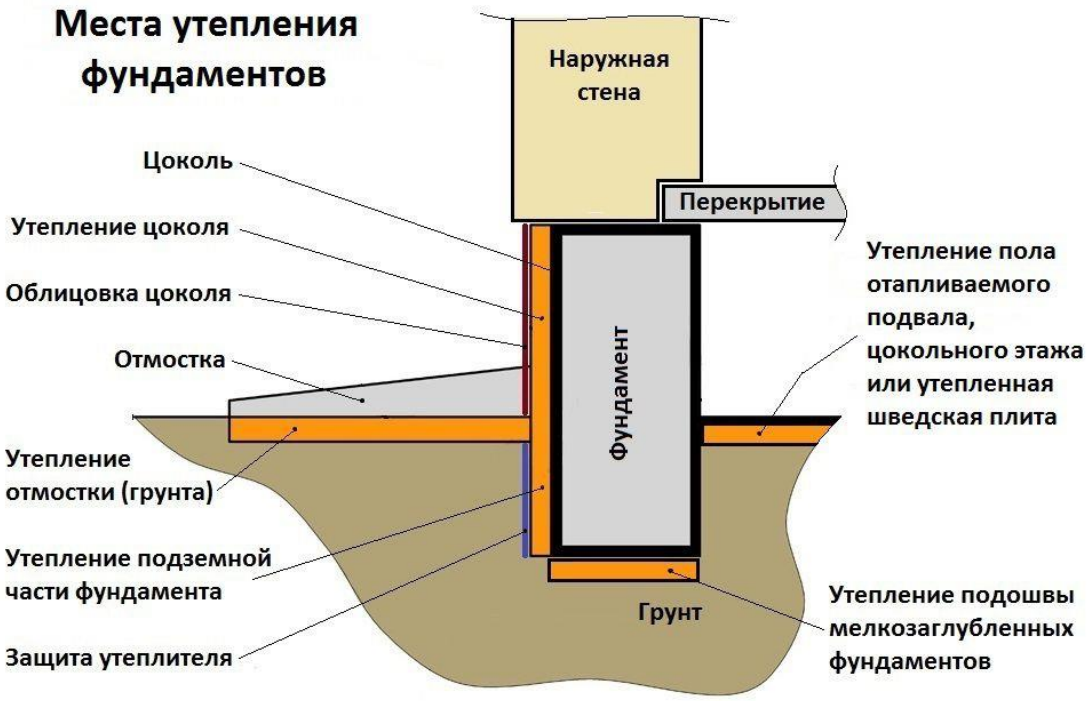


Рисунок 5 - Места утепления фундамента

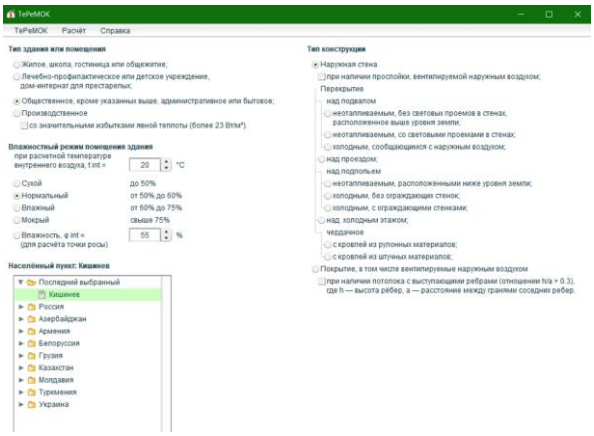


Рисунок 6 - Расчёт в программе «Теремок», выбор характеристик здания

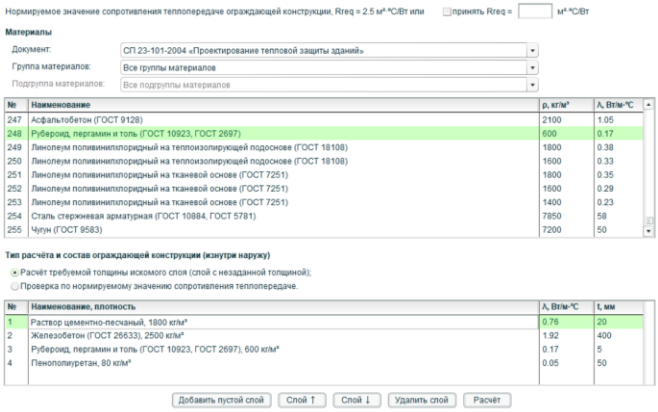
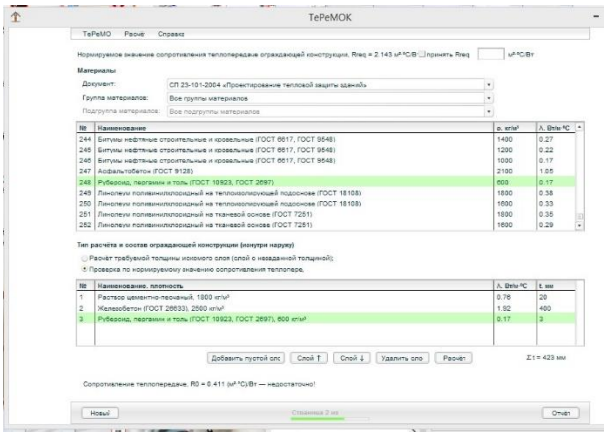


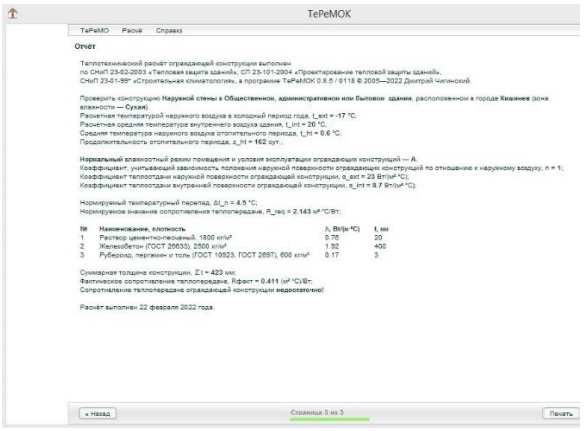
Рисунок 7 - Расчёт в программе «Теремок», выбор конструкций фундаментной стены

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции уже принято программой в соответствии с выбранным населенным пунктом – Кишинев (рис.6). В перечне групп материалов даны основные характеристики: плотность и коэффициент теплопроводности материала (рис.7).

Далее необходимо выбрать тип расчета и состав конструкции, ставим галочку во второй строке, так как производим проверку по нормируемому значению сопротивления теплопередаче (рис.8, а).



а



б

Рисунок 8 - Расчёт в программе «Теремок», проверка по нормируемому значению сопротивления теплопередаче стены фундамента без утепляющего слоя

Фактическое сопротивление теплопередаче, R факт = 0,411 ($м^2$ °С)/Вт. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции - стены без утепляющего слоя недостаточно (рис.8, б), следовательно, требуется принимать слой утеплителя.

Далее при экспериментальном проектировании ограждающей конструкции музея в г. Бендеры выполняем выбор утеплителя и расчет многослойной конструкции стены с каждым видом из выбранных с нахождением требуемой толщины утеплителя.

Для расчётов были выбраны три теплоизоляционных материала, которые применяются для утепления фундаментов: пенополиуретан, экструдированный пенополистирол «Стиродур» и экструзионный пенополистирол «Пеноплекс» [9, 10]. Изучалась область применения, основные характеристики, достоинства и недостатки, технология устройства в качестве утеплителя для стен фундаментов и доступность этих утеплителей в нашем регионе.

Кратко перечислим основные преимущества материалов и технологические процессы при их устройстве.

Пенополиуретан – перспективный синтетический утеплитель, который состоит из затвердевшей полимерной пены, он по качеству превосходит большинство современных аналогов. Структура этого материала состоит из маленьких капсул, внутри которых находится воздух. Пенополиуретан распыляется в защитных костюмах при помощи специального оборудования. Во время распыления (рис. 9) этого материала на поверхность он раздувается и при этом образует воздух внутри каждой капсулы. Достоинствами данного теплоизоляционного материала является эластичность по откосу – 35 – 45%. Высокая адгезия с любой конструкцией, перекрывает все неровности, тем самым равномерно распределяясь по поверхности, что позволяет его применять для фундаментов со сложным рельефом (рис.10). Обладает стойкостью к биологическим процессам, т.е. оказывается устойчивым к плесени и различным бактериям, можно использовать и без дополнительной гидроизоляции. У полиуретана большой температурный диапазон, это значит, что его можно использовать в регионах с различными климатами. Главными минусом этого материала является горючесть, а также плохая стойкость к воздействию прямых солнечных лучей. При его горении выделяются едкие и опасные для здоровья элементы. Также пенополиуретан не пропускает воздух [11, 12].

а

Рисунок 9 - Распыление пенополиуретана

б

Рисунок 10 - Фундамент, утепленный пенополиуретаном

Пенополистирол «Стиродур» – это плиты из экструдированного твёрдого пенополистирола, имеющие зелёный цвет (рис.11). При его изготовлении в качестве вспенивания применяют CO_2. В готовых плитах ячейки заполнены воздухом. Достоинством этого материала, благодаря наружной гладкой поверхности, является водостойкость, если сравнивать его с пенопластом, то он прочнее. У пенополистирола низкий показатель теплопроводности. Так как материал «Стиродур» на 99% состоит из газа, то он паронепроницаемый. Плиты этого материала отражают высокочастотные звуки, тем самым защищают помещения от шума. Он отлично выдерживает как низкие, так и высокие температуры в диапазоне от -50С до +75С. Данный теплоизоляционный материал часто используют при утеплении фундамента, потому как стоек к образованию грибков, плесени и гниению. Материал пожаробезопасен, так как при его производстве используют специальные добавки [13]. На рисунке 10 представлена схема укладки данного материала.

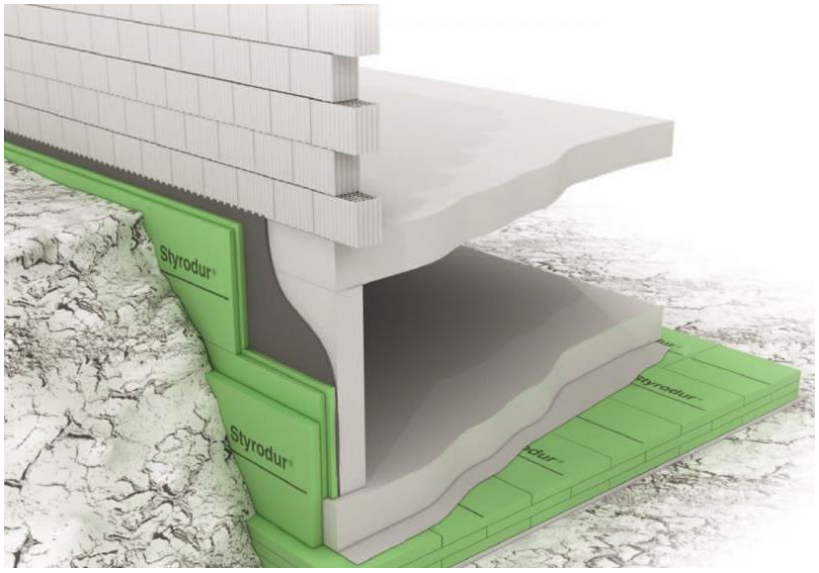


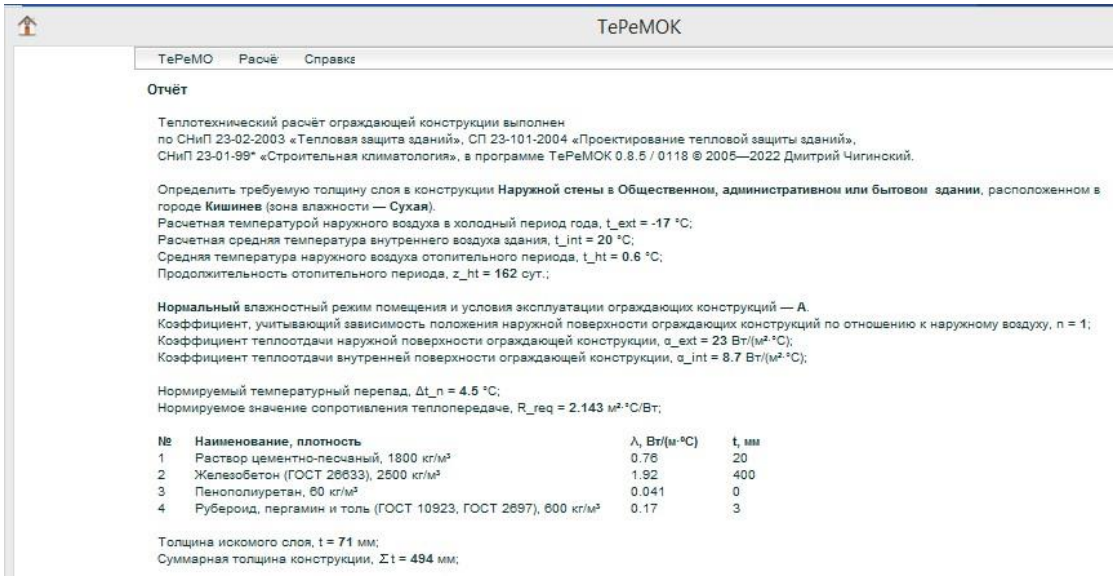
Рисунок 11 - Утепление фундамента пенополистиролом «Стиродур»

Пеноплекс, общее название которого экструзионный пенополистирол, является разновидностью классического пенополистирола, которая производится посредством его вспенивания под воздействием высоких температур, выпускаются в виде плит размерами 60х120 см, а толщина, в зависимости от модели, может составлять от 20 до 100 мм (рис.12). Технология производства Пеноплекс предусматривает использование специальных вспенивающих добавок, в качестве которых применяется смесь фреона и углекислого газа, что позволяет получить равномерную плотность и высокие технические характеристики Пеноплекса [14].

Рисунок 12 - Утепление фундамента с цоколем и отмостком плитами «Пеноплекс»

Преимущества материала: высокое сопротивление к сжатию, что крайне важно при облицовке фундаментов, показатель прочности к сжатию Пеноплекса составляет 27 т/м^2; высокие теплоизоляционные свойства, т.к. материал имеет малый коэффициент теплопроводности; высокие гидроизоляционные свойства; температурный режим от -50 до + 75 градусов без потери эксплуатационных свойств; не подвержен гниению, на нем не образовывается плесень, он не разлагается даже после 50-ти лет эксплуатации, химическая стойкость. Единственным недостатком является горючесть. Однако, ввиду того, что данный утеплитель будет расположен в грунте, этот минус теряет какую-либо важность [14].

Следующим шагом является сравнение утепляющих материалов в программе «Теремок» 0.8.5 / 0118 Дмитрия Чигинского "Теплотехнический расчет многослойных ограждающих конструкций". В расчетах в программе находим требуемую толщину искомого слоя. Результаты расчетов представлены на рисунке 13.



ТеРеМОК

ТеРеМО Расчёт Справка

Отчёт

Теплотехнический расчёт ограждающей конструкции выполнен
по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»,
СНиП 23-01-99* «Строительная климатология», в программе ТеРеМОК 0.8.5 / 0118 © 2005—2022 Дмитрий Чигинский.

Определить требуемую толщину слоя в конструкции **Наружной стены в Общественном, административном или бытовом здании**, расположенном в городе **Кишинев** (зона влажности — **Сухая**).
Расчетная температурой наружного воздуха в холодный период года, t_ext = **-17** °C;
Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, t_int = **20** °C;
Средняя температура наружного воздуха отопительного периода, t_ht = **0.6** °C;
Продолжительность отопительного периода, z_ht = **162** сут.;

Нормальный влажностный режим помещения и условия эксплуатации ограждающих конструкций — **А**.
Коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, n = **1**;
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, α_ext = **23** Вт/(м²·°C);
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, α_int = **8.7** Вт/(м²·°C);

Нормируемый температурный перепад, Δt_n = **4.5** °C;
Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_req = **2.143** м²·°C/Вт;

№	Наименование, плотность	λ, Вт/(м·°C)	t, мм
1	Раствор цементно-песчаный, 1800 кг/м³	0.76	20
2	Железобетон (ГОСТ 26633), 2500 кг/м³	1.92	400
3	Пенополиуретан, 60 кг/м³	0.041	0
4	Рубероид, пергамин и толь (ГОСТ 10923, ГОСТ 2697), 600 кг/м³	0.17	3

Толщина искомого слоя, t = **71** мм;
Суммарная толщина конструкции, Σt = **494** мм;

а

№	Наименование, плотность	λ, Вт/(м·°C)	t, мм
1	Раствор цементно-песчаный, 1800 кг/м³	0.76	20
2	Железобетон (ГОСТ 26633), 2500 кг/м³	1.92	400
3	Экструдированный пенополистирол Стиродур 4000С, 35 кг/м³	0.031	0
4	Рубероид, пергамин и толь (ГОСТ 10923, ГОСТ 2697), 600 кг/м³	0.17	3

Толщина искомого слоя, t = **54** мм;
Суммарная толщина конструкции, Σt = **477** мм;

б

№	Наименование, плотность	λ, Вт/(м·°C)	t, мм
1	Раствор цементно-песчаный, 1800 кг/м³	0.76	20
2	Железобетон (ГОСТ 26633), 2500 кг/м³	1.92	400
3	Экструзионный пенополистирол "Пеноплэкс" тип 45, 45 кг/м³	0.031	0
4	Рубероид, пергамин и толь (ГОСТ 10923, ГОСТ 2697), 600 кг/м³	0.17	3

Толщина искомого слоя, t = **54** мм;
Суммарная толщина конструкции, Σt = **477** мм;

в

а – с полиуретаном; б – с экструдированным пенополистиролом «Стиродур»; в – с экструзионным пенополистиролом «Пеноплекс»

Рисунок 13 - Расчет в программе «Теремок» – отчеты теплотехнического расчета железобетонной фундаментной стены различными теплоизоляционными материалами

Для лучшего анализа и выводов все результаты сводим в табличную форму (табл. 1).

По результатам расчета приведенным в таблице 1 делаем вывод, что толщины 60 мм теплоизоляционного материала экструдированного пенополистирол «Стиродур» и экструзионного «Пеноплекс» будет достаточна для утепления несущей конструкции – фундамента. Применение пенополиуретана в качестве утепляющего слоя не актуально, ввиду большой толщины слоя по расчету, а также ценовой показатель данного материала выше чем двух рассматриваемых видов пенополистирола. К тому же, ровные и гладкие монолитные стены фундамента хорошо подходят для отделки плитными материалами. Из двух видов пенополистирола в проекте применяется пенополистирол «Стиродур» в ввиду его большого рода преимуществ и достоинств.

Таблица 1 - Сравнение показателей результатов теплотехнических расчётов

Вид утепляющего материала	Стена фундамента		Плотность, кг/м3	Коэффициент теплопровод-ности, Вт/м °С
	Толщина искомого слоя	Суммарная толщина стены		
1	2	3	4	5
Пенополиуретан	71	494	60	0,041
Экструдированный пенополистирол «Стиродур»	54	477	35	0,031
Экструзионный пенополистирол «Пеноплекс»	54	477	45	0,031

Цели и задачи исследования достигнуты, материал для конструкций фундамента в проектируемом общественном здании подобран. В итоге проведенных расчетов для утепления фундамента здания музея современного искусства в г. Бендеры принят материал - экструдированный пенополистирол «Стиродур», толщиной 60 мм, что обеспечивает нормальный температурно-влажностный режим в цокольных помещениях музея.

Список литературы

1. СНиП ПМР 23-03-2011 "Тепловая защита зданий", издательство: ГОУ ПМР, Тирасполь, 2011 г., с.30

2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», М., 2003 г., с.45

3. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», издательство: ГОУ ПМР, Тирасполь, 2011 г., с.54

4. СНиП ПМР 23-01-02 "Строительная климатология и геофизика", издательство: ГОУ ПМР, Тирасполь, 2002 г., с.81

5. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология», М., с.98

6. Зачем нужна энергоэффективность: мнение Paroc // Всероссийский отраслевой интернет-журнал «Строительство.ru» 2016.URL: https://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/38277 (дата обращения: 22.01.22).

7. ISO 50001:2018 // Интернет- журнал «MANAGEMENT» 2018. URL: https://iso-management.com/standarty-iso/iso-50001/ (дата обращения: 15.01.22).

8. Овчаренко Е.Г. Теплоизоляционные материалы и конструкции, М.: АСВ, 2003. с. 312

9. Инновации теплоизоляционных материалов. Электронный ресурс URL: https://revolution.allbest.ru/construction/00637785_0.html (дата обращения 12.01.2022 г.)

10. Виды и характеристики современных утеплителей. Электронный ресурс URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6164 (дата обращения 12.01.2022 г.)

11. Теплый фундамент – все об утеплении пенополиуретаном. Электронный ресурс URL: https://dom-s-ymom.org/stroitelstvo/konstruktivnye-resheniya/fundament/ (дата обращения 17.01.2022 г.)

12. Утепление фундамента пенополиуретаном. Электронный ресурс URL: https://uteplenieplus.ru/kak-uteplit/fundament/uteplenie-fundamenta-penopoliuretanom/ (дата обращения 17.01.2022 г.)

13. STYRODUR – как уложить, вырезать и приклеить теплоизоляцию фундамента. Электронный ресурс URL: https://remontvpodarok.ru/dacha-i-raboty-na-dache/styrodur-jak-ukada-ci-i-klei-izolacja-fundamentow.html (дата обращения 17.01.2022 г.)

14. Использование Пеноплекса для утепления фундамента. Электронный ресурс URL: https://uteplimvse.ru/vidy/penopleks/penoplex-fundament.html (дата обращения 17.01.2022 г.)

УДК 628.336.5:662.767.2

Лазуткин Владислав Эдуардович,
Студеникин Роман Сергеевич,
магистранты 2-го курса каф. ТТГВ;
Колосова Нелли Вадимовна,
к.т.н, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СБРАЖИВАНИЯ НА ОБЪЕМ ПОЛУЧАЕМОГО БИОГАЗА

Температурный режим сбраживания отходов животноводства с целью получения биогаза, является одним из основных параметров процесса сбраживания. В работе рассмотрены температурные режимы сбраживания отходов животноводства, описаны достоинства и недостатки каждого из режимов. На основании литературных данных построены регрессионные уравнения, позволяющие определить объем получаемого биогаза, в зависимости от температуры сбраживания. Приведены результаты расчета объема получаемого биогаза при совместном сбраживании отходов крупного рогатого скота и свиней.

Ключевые слова: биогаз, мезофильный температурный режим, метантенк, температура сбраживания

Получение биогаза из отходов животноводческих ферм имеет широкое распространение в сельскохозяйственных регионах. Процесс сбраживания отходов животноводства в метантенках, с целью получения биогаза, описан в работах [1,2,3]. Получаемый биогаз, после его очистки от примесей, можно применять для бытовых нужд фермы, производства тепловой и электроэнергии в когенерационных установках, заправлять автомобили и др. Данный вид переработки отходов, применим в странах, со средней температурой наружного воздуха выше 5ºС. При этом затрачивается 20-30% получаемого биогаза для обогрева метантенка. При более низких температурах наружного воздуха, необходимо сжигать более 50% получаемого биогаза для нагрева метантенка, что является экономически не целесообразно.

На объем получаемого биогаза влияют различные параметры, описанные в работах [2, 4]. Одним из основных параметров является постоянная температура сбраживания. Целью данной работы является определение зависимости объема получаемого биогаза от температуры сбраживания.

Производство биогаза может осуществляться в широком температурном диапазоне. В зависимости от температурного режима, который поддерживается в метантенке в процессе работы, различают три режима сбраживания: психрофильный (10 – 20ºС), мезофильный (30 – 45ºС), термофильный (50 – 65ºС) [2, 5, 6].

Сбраживание биомассы при психрофильном режиме работы, в климате с низкими температурами не применяется. Это связано с тем, что увеличивается длительность сбраживания и наблюдается небольшая производительность биогаза.

На практике применяются мезофильный и термофильный режимы сбраживания. Каждый из этих режимов имеет свои достоинства и недостатки. Преимуществами термофильного режима сбраживания является высокая скорость разложения биомассы, увеличение объема получаемого биогаза. К недостаткам термофильного режима относятся большое количество тепла, требуемого на поддержание высокой температуры в метантенке, при этом возрастает чувствительность бактерий к минимальным изменениям температуры,

что приводит к уменьшению объема получаемого биогаза. Поэтому работа при высоких температурах требует установки специальных систем автоматизации и точного управления работой биогазовой установки. К недостаткам термофильного режима сбраживания можно отнести тот факт, что при высоких температурах растворенная в биомассе двуокись углерода интенсивнее переходит в газообразную фазу (в биогаз), при этом содержание метана сокращается.

Степень чувствительности бактерий к изменению температуры зависит от температурного режима, при котором происходит сбраживание биомассы. В процессе сбраживания могут быть допустимы изменения температуры в пределах: психофильный температурный режим: ± 2°С в час; мезофильный температурный режим: ± 1°С в час; термофильный температурный режим: ±0,5°С в час [4].

Большинство установок работают в мезофильном режиме с температурой сбраживания 35-40ºС. При этом режиме наиболее активно развиваются метаногенные бактерии с максимальным образованием биогаза.

В работе [7] приведены графики, построенные на опытных значениях, выделения биогаза, в зависимости от температуры сбраживания, для различных групп животных. Данные получены при длительности сбраживания от 10-21 суток. Для удобства практических расчётах, на основании приведенных опытных данных, были построены регрессионные уравнения для различных групп животных.

Зависимости объема получаемого биогаза от температуры для навоза крупного рогатого скота и свиней

$$V_{КРС} = -1,22 + 0,195 \cdot t - 0,00114 \cdot t^2 + 3,09 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 - 3,00 \cdot 10^{-6} \cdot t^4, \quad (1)$$

$$V_{свиньи} = -14,07 + 1,723 \cdot t - 7,61 \cdot 10^{-2} \cdot t^2 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot t^3 - 1,06 \cdot 10^{-5} \cdot t^4, \quad (2)$$

где $V_{КРС}$ - суточный объем выделенного биогаза, получаемый при сбраживании 1 кг сухого органического вещества из навоза крупного рогатого скота, м^3/сутки;

$V_{свиньи}$ - суточный объем выделенного биогаза, получаемый при сбраживании 1 кг сухого органического вещества из навоза свиней, м^3/сутки;

t - температура сбраживания, ºС.

Коэффициенты корреляции уравнений (1) и (2) соответственно равны 0,987 и 0,985.

На рисунке 1 приведены зависимости выхода биогаза из 1 кг навоза крупного рогатого скота и свиньи, в зависимости от температуры сбраживания.

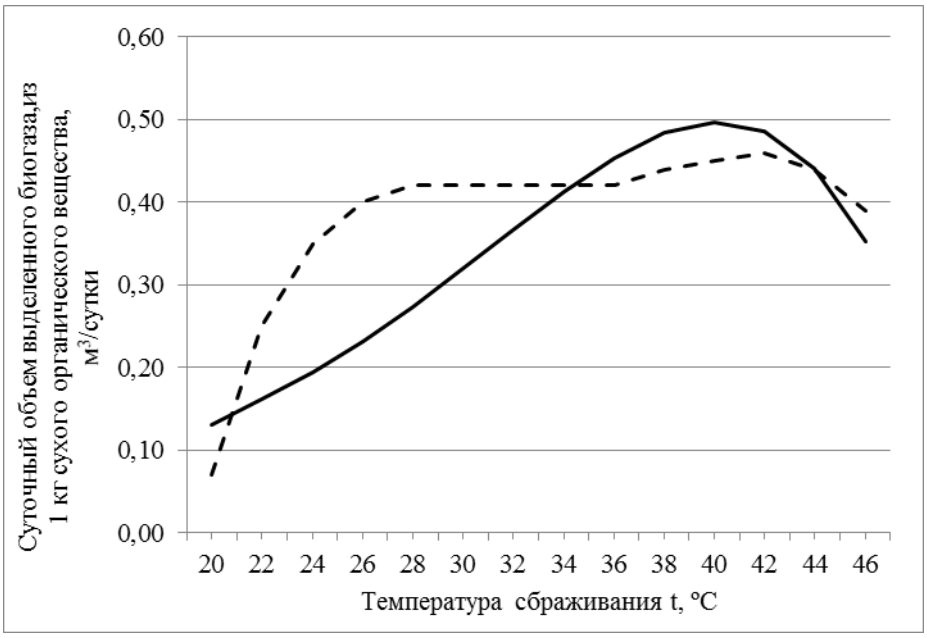


Рисунок 1 – Зависимость выхода биогаза из навоза животных от температуры сбраживания:
- выхода биогаза из навоза крупного рогатого скота;
- выхода биогаза из навоза свиней.

Если записать уравнение, приведенное в работе [5] для определения суточного объема биогаза из навоза крупного рогатого скота и свиней, без учета влияния отходов кормов и подстилочного материала то получим

$$V_{бг} = V_{бг}^{КРС} + V_{бг}^{свиньи} = m_{св}^{КРС} \cdot V_{КРС} + m_{св}^{свиней} \cdot V_{свиней}, \quad (3)$$

где $V_{бг}$ - объем биогаза, получаемого при сбраживании навоза животных, м^3/сутки;

$V_{бг}^{КРС}$ - объем биогаза, получаемого при сбраживания навоза крупного рогатого скота, м^3/сутки;

$V_{бг}^{свиньи}$ - объем биогаза, получаемого при сбраживания навоза свиней, м^3/сутки;

$m_{св}^{КРС}, m_{св}^{свиней}$ - масса сухого органического вещества в навозе крупного рогатого скота и свиней, соответственно, кг;

Учитывая влияние температуры на выделение биогаза, уравнение (3) для определения суточного объема биогаза из навоза крупного рогатого скота и свиней при полном сбраживании следует дополнить зависимостями (1) и (2).

Большинство фермерских хозяйств имеют несколько различных видов животных. Наиболее распространенными являются крупный рогатый скот и свиньи. Был выполнен расчет по определению выхода биогаза при совместном сбраживании отходов крупного рогатого скота и свиней, с учетом влияния температуры сбраживания. Для наглядности в расчетах принималась одинаковая масса сухого органического вещества для каждой группы животных ($m_{св}^{КРС} = 1$ кг, $m_{св}^{свиней} = 1$ кг). Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем получаемого биогаза с учетом влияния температуры сбраживания

	Температура сбраживания, ºС													
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Объем получаемого биогаза, $м^3$/сутки	0,193	0,396	0,521	0,608	0,666	0,714	0,763	0,801	0,840	0,888	0,917	0,917	0,85	0,714

На рисунке 2 приведен график, построенный по данным таблицы 1.

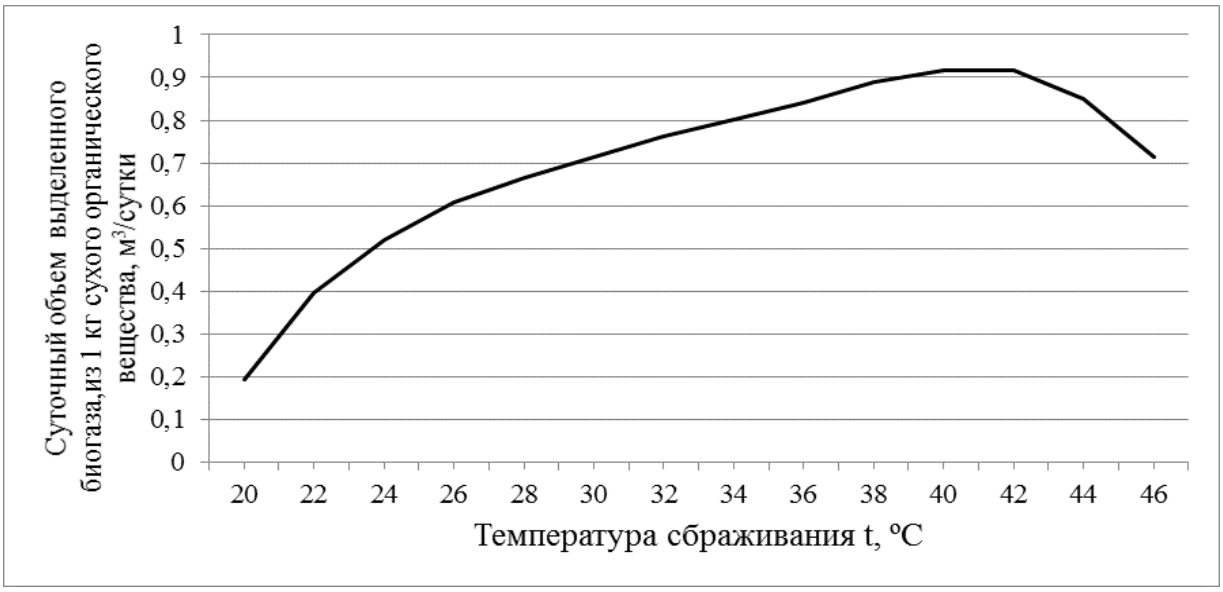


Рисунок 2 – Зависимость выхода биогаза от температуры сбраживания при совместном сбраживании навоза крупного рогатого скота и свиней

На рисунке 2 видно, что при увеличении температуры от 20 до 42ºС, увеличивается объем получаемого биогаза. Повышение температуры свыше 42ºС приводит к уменьшению образования биогаза.

Можно сделать вывод, что оптимальной температурой сбраживания является 35-42ºС. При больших температурах наблюдается угнетение жизнедеятельности метаногенных бактерий. При снижении температуры метаногенные бактерий так же замедляется жизнедеятельность и снижается образование биогаза. При термофильном режиме сбраживания будет наблюдаться иная зависимость выхода биогаза от температуры, так как бактерии будут адаптироваться к другому температурному режиму сбраживания.

Учитывая, что метаногенные бактерии очень чувствительны к изменению температуры и резкие изменения температуры приводят к снижению образования биогаза, необходимо строго поддерживать температурный режим сбраживания в метантенке.

Полученные зависимости позволяют определить, на стадии проектирования метантенка, возможное количество получаемого биогаза.

Дальнейшая работа будет связана с анализом выхода биогаза от навоза других групп животных. Перспективным направлением исследования является анализ содержания метана в получаемом биогазе и влияние на его содержание температуры сбраживания.

Список литературы

1. Lehner, A. Optimierung der Verfahrenstechnik landwirtschaftlicher Biogasanlagen [Электронный ресурс] / A. Lehner, M. Effenberger, A. Gronauer. - Bayern: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010. – 82 p. – Режим доступа: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_38044.pdf
2. Колосова Н.В., Чеботарева О.В., Сербин В.А. Анализ технологических особенностей сбраживания биомассы в метантенках для получения биогаза Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – 2011. – Вип. 2010-6(86) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С.131–134.
3. Ратушняк, Г.С. Енергозбереження в системах біоконверсії. Начальний посібник. [Текст] / Г.С. Ратушняк. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 83 с.
4. Мейлах И.К. Опыт эксплуатации и увеличения мощности первой в России промышленной БГС. Выгода от переработки отходов посредством брожения на биогазовой станции // Инновационная Россия, 2015. - №12(206). – С. 66–69.
5. Олексюк, А.О. Енергосбереження при використанні нетрадиційних джерел. Навчальний посібник для студентів економічних спеціальностей в галузі теплогазопостачання та вентиляції [Текст] / А.О. Олексюк, В.А. Сербін, Н.Ф. Радько. – Донецьк: Держжитлокомунгоспу України, 2004. – 156 с.
6. Веденев, А.Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике [Текст] / А.Г. Веденев, Т.А. Веденева, ОФ «Флюид». – Бишкек: Типография «Полиграфоформление», 2006. – 90 с.
7. Дубровский, В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов [Текст] / В.С. Дубровский, У.Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с.

УДК 697.12

Баркач Денис Сергеевич,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Федюнина Татьяна Андреевна,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Максимова Наталья Анатольевна,
кандидат технических наук, доцент,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕПЛОНАСОСНАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛОТЫ И РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ

В данной статье проанализирована работа комбинированной теплонасосной системы отопления и вентиляции с использованием рекуператора теплоты и рециркуляцией. Выполнен аналитический анализ теплонасосно-рекуператорной схемы.

Ключевые слова: рекуперация, тепловой насос, конденсатор, испаритель, энергетическая эффективность

Использование теплоты воздуха, удаляемого в атмосферу вентиляционными системами, является одним из наиболее рациональных способов использования низкопотенциальных вторичных энергетических ресурсов. Вентиляционный воздух следует рассматривать как основной источник снижения эксплуатационных расходов на нагрев наружного приточного воздуха в системах отопления, вентиляции и кондиционирования помещений [1-3].

Из-за небольшой разницы между температурой вытяжного и приточного воздуха достигается высокая энергоэффективность использования тепловых насосов в системах воздушного отопления и вентиляции промышленных, общественных и жилых помещений при умеренных температурах окружающей среды. Однако, с уменьшением температуры внешней среды эффективность простых систем воздушного теплового насоса значительно снижается, что требует использования более сложных схем [2]. Они могут быть реализованы на основе сочетания теплового насоса со следующими методами утилизации тепла вентиляционных выбросов, а именно: рециркуляция части отработанного воздуха и использование рекуперативных теплообменников-утилизаторов [1-3].

Подача воздуха в помещение, как и удаление в окружающую среду происходит с помощью вентиляторов. Указанная система циркуляции воздуха позволяет применять теплообменники для прямого нагрева воздуха с выбросами вентиляции (отработанный воздух сбрасывается в атмосферу с температурой близкой к 20 °С – тепловой насос при такой температуре нижнего источника теплоты будет иметь коэффициент трансформации тепла между 3 и 4). Установлено, что даже при высоких значениях коэффициента рекуперации температура нагнетаемого на выходе из рекуператора значительно выше температуры окружающей среды, что указывает на то, что для обогрева наружного воздуха рекомендуется использовать теплоту от вентиляционных выбросов для подогрева воздуха до требуемого уровня при входе в помещение [4]. Это свидетельствует об априорной эффективности теплонасосно-рекуперативных систем отопления и вентиляции, которые становятся все более распространенными в использовании. Однако количественная оценка энергоэффективности таких систем недостаточно освещена в литературе и требует более

четкого определения.

В тех случаях, когда удаляемый из помещения воздух имеет достаточно высокую температуру и не содержит вредных веществ, часть его в зимний период не удаляется в окружающую среду, а после очистки смешивается с воздухом, поступающим в помещение, для его подогрева, и полученная смесь подается в обслуживаемое помещение. Таким образом, с помощью рециркуляции воздуха происходит экономия затрат на установку и снижаются эксплуатационные расходы, поскольку расходы на обогрев наружного воздуха снижаются.

В данной статье проанализирована работа воздушной теплонасосно-рекуператорной система отопления и вентиляции с частичной рециркуляцией отработанного воздуха и размещением смесительной камеры перед конденсатором теплового насоса. Такая схема не требует перегрева воздуха после конденсатора относительно заданной температуры на входе в помещение и тем самым улучшает условия работы теплового насоса. Термодинамический анализ указанной системы проводится при определенных заданных условий окружающей среды, условий эксплуатации оборудования и других параметров, характеризующих объект отопления и вентиляции.

На рисунке 1 изображена схема теплонасосной системы отопления и вентиляции с использованием рекуператора теплоты и рециркуляцией отработанного воздуха Схема предусматривает утилизацию вытяжного вентиляционного воздуха двумя способами: путем частичной рециркуляции и рекуперации в теплообменнике-утилизаторе. Для этого, как показано на рисунке 1 общий поток отработанного воздуха с параметрами t_2, G после объекта теплоснабжения разделяется на два потока. К теплообменному аппарату (в нашем случае рекуператор-утилизатор) направляется с массовым расходом $G_{рек}$ первый поток. В рекуператоре происходит нагрев окружающего воздуха t_0 до температуры t_n путем охлаждения отработанного воздуха до температуры t_x. Второй поток следует в смесительную камеру (КС), где он смешивается со наружным воздухом. Затем воздух с температурой $t_{сум}$ направляется в конденсатор теплового насоса. Охлажденный отработанный поток воздуха после рекуператора поступает в испаритель теплового насоса, где он охлаждается и на выходе имеет температуру $t_в$. [5].

При таком расположении оборудования смесь воздуха нагревается в конденсаторе теплового насоса до требуемой температуры t_1 на входе в помещение и после очистки в фильтре подается в помещение.

Рециркуляция отработанного воздуха характеризуется коэффициентом рециркуляции $k_{рец}$, который определяется по формуле

$$k_{рец} = \frac{G_{рец}}{G}, \tag{1}$$

где $G_{рец}$ – массовый расход воздуха на рециркуляцию, кг/с;

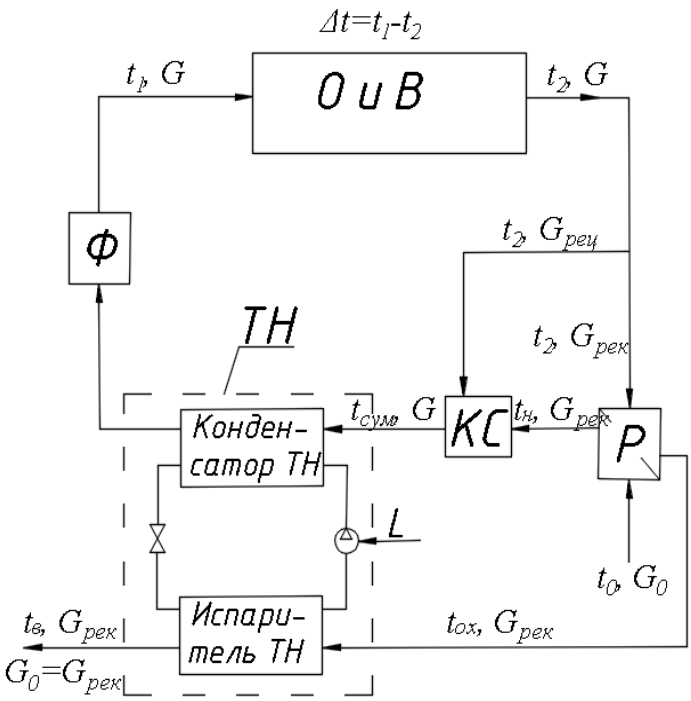
G – массовый расход воздуха, удаляемого из помещения, кг/с.

Так как $G_{рек} = G - G_{рец}$, то с учетом выражения (1) можно записать

$$G_{рек} = G\left(1 - G_{рец}\right). \tag{2}$$

Эффективность рекуператора можно охарактеризовать коэффициентом рекуперации

$$\eta_р = \frac{t_2 - t_{ох}}{t_2 - t_0}. \tag{3}$$



О и В – объект отопления и вентиляции; ТН – тепловой насос; Р – рекуператор; Ф – фильтр; КС – камера смешения

Рисунок 1 – Схема с частичной рециркуляцией и размещением камеры смешения перед конденсатором теплового насоса

Энергетическую эффективность теплонасосной системы воздушного отопления и вентиляции, изображенной на рисунке 1 можно охарактеризовать коэффициентом использования внешней энергии, который представляет собой отношение затраченной внешней энергии на единицу полученной теплоты для удовлетворения потребностей воздушного отопления и вентиляции

$$l_{от+вент} = \frac{L}{Q_{от+вент}}, \quad (4)$$

где L –мощность компрессора теплового насоса, кВт;

$Q_{от+вент}$ - тепловой поток, подведенный к помещению для удовлетворения потребностей
отопления и вентиляции, кВт.

Дополнительное применение рециркуляции в теплонасосно-рекуператорной схеме отопления и вентиляции дает значительный положительный энергетический эффект только при низких значениях коэффициента рекуперации, при котором энергетический эффект уменьшается.

Тепловой насос-рекуператор схемы отопления и вентиляции с рециркуляцией отработанного воздуха оказывает максимальный энергетический эффект при размещении камеры смешения потока отработанного и свежего воздуха перед конденсатором теплового насоса.

Список литературы

1. Трубаев П.А. Тепловые насосы: Учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
2. Хайнрих Г. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения / Г. Хайнрих, Х. Найорк, В. Нестлер: Пер. с нем. - М.: Стройиздат, 1985. – 351 с.
3. Горшков В.Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор / В.Г. Горшков // Справочник промышленного оборудования. -2004. - №2. - С. 47-80.
4. Суслов А.Р Воздушные тепловые насосы: возможности и ошибки маркетинга/ А.Р. Суслов // Акватерм. – 2010. - № 4. – С.22 – 24.
5. Ефимов Н.Н. Перспективы использования тепловых насосов в энергообеспечении- промышленных и коммунальных предприятий / Н.Н. Ефимов, П.А.Малышев //Теплоэнергетика.– 2009. – №11. – С. 30-33.

УДК 697.12

Ковалинский Богдан Владимирович,
магистрант группы ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Максимова Наталья Анатольевна,
кандидат технических наук, доцент,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО И ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В данной статье проанализирована работа комбинированной системы водяного и воздушного отопления общественного здания. Даны рекомендации по выбору рациональных режимов ее работы.

Ключевые слова: система отопления, энергосбережение, рециркуляция, теплопотери

В настоящее время стоит остро проблема энергосбережения в системах энергообеспечения зданий. Применение систем водяного и воздушного отопления, а также выбор рациональных режимов их работы позволит существенно сократить объемы потребления энергии, а также снизить затраты на их обслуживание.

Для обеспечения теплового режима общественных зданий систем водяного и воздушного отопления должны дополнять друг друга. Система водяного отопления является "фоновой" или "базисной", ее устраивают пониженной мощности для постоянного нерегулируемого действия в течение всего отопительного периода [1, 2]. Однако, при постоянном действии системы водяного отопления, обеспечивающей минимально допустимую температуру воздуха в помещении, невозможно добиться существенной экономии теплоты при устройстве периодического отопления. Экономия тепловой энергии в таких системах возможно достичь за счет снижения температуры в помещениях в рабочий период, поэтому из соображений экономии тепловой энергии, целесообразно в такие периоды отключать и водяное отопление.

Система воздушного отопления является "догревающей", ее проектируют для поддержания необходимой температуры воздуха как в рабочий период, так и в период времени, в течение которого люди отсутствуют. Работу "догревающей" системы целесообразно автоматизировать в зависимости от различных факторов, таких как количество человек, температуры наружного воздуха и др.

Воздуха за счет воздушного отопления подается такой температуры, в результате его смешения с внутренним воздухом обеспечивается поддержание заданной нормируемой температуры воздуха помещения. Количество аккумулированной воздухом теплоты должно быть равно максимальной теплопотребности для поддержания в помещении расчетной температуры

$$G_n \cdot c \cdot (t_n - t_в) = Q_п, \qquad (1)$$

где $Q_п$ — максимальные тепловые потери помещения, Вт;

G_{in} - расход нагретого воздуха, кг/с;

с - удельная массовая теплоемкость воздуха, Дж/(кг-К).;

$t_n, t_в$— температура нагретого и внутреннего воздуха, ^{0}С.

Расход нагретого воздуха для отопления помещения G_n, кг/с, определяется по формуле

$$G_n = \frac{Q_п}{c \cdot (t_n - t_в)}. \qquad (2)$$

Проанализировав уравнение (2) можно сделать вывод, что для уменьшения количества подаваемого воздуха температура воздуха $t_п$ должна быть как можно более высокой. Как следствие соответственно уменьшаются размеры каналов системы вентиляции, а также снижается расход электроэнергии при механическом побуждении движения воздуха.

Санитарно-гигиеническими нормами установлен верхний предел температуры воздуха, подаваемого в помещения. Воздух не следует нагревать выше 60 °С, чтобы он не терял своих свойств как среда, вдыхаемая людьми. Эта температура и принимается как предельная для систем воздушного отопления помещений с постоянным или длительным (более 2 ч) пребыванием людей. Конкретные значения температуры воздуха при воздушном отоплении зависят от принятой схемы организации воздухообмена, температура воздуха должна определяться расчетом таким образом, чтобы в рабочей зоне были обеспечены нормируемые метеорологические условия при наименьших объемах притока и наименьшем числе воздухораспределителей.

По формуле (2) определяют количество воздуха, подаваемого в помещение только с целью его отопления, и систему устраивают рециркуляционной. Когда же воздушная система отопления является одновременно и системой вентиляции, количество подаваемого в помещение воздуха устанавливают исходя из условий. Если расход воздуха для отопления равен расходу воздуха, необходимому для вентиляции, или превышает его, то принимают количество и температуру воздуха для системы воздушного отопления. Систему выбирают прямоточной или с частичной рециркуляцией. Если расход вентиляционного воздуха больше расхода воздуха, которое необходимо для системы воздушного отопления, то принимают расход воздуха, необходимый для вентиляции. Систему принимают прямоточной, при этом температуру приточного воздуха определяют по формуле

$$t_п = t_{iв} + \frac{Q_п}{c \cdot G_п}. \quad (3)$$

При применении центральной отопительно-вентиляционной системы часто теплопотери различных помещений не пропорциональны количеству вентиляционного воздуха. В данном случае температура нагретого воздуха, определяемая по формуле (3), оказывается для каждого помещения различной. В этом случае необходимо в отдельные помещения подавать воздух при различной температуре. Это приводит к усложнению системы и соответственно к увеличению ее стоимости. Поэтому в соответствии с рекомендациями [2] температуру нагретого воздуха принимают равной низшей из расчетных для отдельных помещений, а количество подаваемого воздуха пересчитывают по формуле (2). Рациональным решением является подача воздуха в количестве, необходимом для целей вентиляции. Догрев осуществляется базисной системой водяного отопления.

В производственных помещениях часто температуру понижают до 5 °С в нерабочий период времени [3]. В помещениях общественных зданий понижение температуры осуществляют до уровня, избегающего конденсацию водяных паров воздуха на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций.

Обычно расчетную мощность системы водяного отопления определяют исходя из требований поддержания минимальной температуры (10-12 °С) в стационарных условиях при расчетной температуре наружного воздуха для отопления [1,4].

Для многих рабочих помещений характерна суточная периодичность. Поэтому выделяют рабочий период (режим работы системы вентиляции) и нерабочий период, который можно условно разделить на период дежурного отопления помещений и период усиленного нагрева помещений перед началом работы (режим нагревания). Продолжительность этих периодов отличается в зависимости от назначения помещений. Продолжительность рабочего периода определяется графиком работы общественного здания. Длительность режима нагревания зависит от параметров наружного воздуха, района проектирования, а также расчетной тепловой мощности системы отопления.

Периодичность теплового режима здания обуславливается также графиком работы здания в течение недели,3 графиком выходных дней (их наличия), а также периодичность праздничных и нерабочих дней.

Прерывистое отопление вызывает периодические изменения температуры помещения, которые зависят от теплотехнических свойств ограждающих конструкций здания, которые обуславливают теплопотери здания, количества и продолжительности теплопоступлений.

Минимальная температура помещений, которая поддерживается к концу периода отключения, зависит от теплоустойчивости, а также от теплозащитных свойств наружных ограждений этого помещения [5, 6]. Чем выше теплозащитные свойства ограждающих помещений и теплоустойчивость здания, тем процесс охлаждения помещений происходит медленнее. Для обеспечения в режиме охлаждения минимальной температуры +12 °С следует стремиться к повышению теплоустойчивости и теплозащитных свойств ограждений помещений [98].

Экономия теплоты при переменном тепловом режиме зависит и от тепловой мощности системы отопления. Применение переменного теплового режима при повышенных теплозащитных свойствах ограждений обеспечивает дополнительную экономию теплоты вследствие сокращения продолжительности периода нагрева помещений до расчетной температуры внутреннего воздуха.

Решение вопроса о применении комбинированной системы водяного и воздушного отопления следует производить исходя из экономических расчетов. Только в этом случае применение указанной системы приведет к снижению затрат, связанных с отоплением здания.

Также дополнительное снижение затрат на отопление здания может быть достигнуто за счет автоматизирования работы системы с программным управлением для обеспечения расчетного режима. Для этого в контрольных помещениях устанавливают датчики температуры. По сигналу от них включается "режим нагрева" системы отопления в необходимый период.

Список литературы

1. Вялкова, Наталия Сергеевна. Совершенствование работы комбинированной системы водяного и воздушного отопления общественных зданий: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.03 / Вялкова Наталия Сергеевна. - Пенза, 2011. - 147 с.
2. Сканави А.Н., Махов JI.М. Отопление: учебник для вузов [Текст] / А.1Т. Сканави, JI.М. Махов. - М. : АБС, 2002. - 576с.
3. СП 60.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41–01–2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование: утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 279.- Изд. офиц. − М.: ГП ЦПП, 2013. − 81 с.
4. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003 Тепловая защита здания: утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 265. − Изд. офиц. − М.: ГП ЦПП − М: 2013. – 8 с.
5. Малявина Е.Г. Нестационарный тепловой режим вентилируемых и кондиционируемых помещений в летний период года [Текст] / Е.Г. Малявина // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, — М., 1977. - 160с.
6. Системы вентиляции и кондиционирования : уч. пособие / В.А- Ананьев [и др.]- М.: «Евроклимат», из-во «Арина», 2000. - 416с.

УДК 697

Поляченко Антон Викторович,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Липатов Андрей Владимирович
магистрант группы ЗТГВм-51б каф. ТТГВ;
Максимова Наталья Анатольевна,
кандидат технических наук, доцент,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ХОЛОДА ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

В данной статье проанализирована возможность применения артезианской воды для систем кондиционирования воздуха в качестве источника холода, что позволяет снизить энергопотребление системой кондиционирования и повысить эффективность ее работы.

Ключевые слова: кондиционирование, холодильная машина, фанкойл, артезианская вода

В настоящее время в качестве основного источника холода для систем кондиционирования воздуха в зданиях используются различные холодильные машины. Наибольшее распространение получили парокомпрессионные холодильные машины. Рабочим веществом в указанных холодильных машинах являются хладагенты. Хладагентом служат химические соединения на основе хлорфторуглеводов, гидрохлорфторуглеводов, фторуглеродов и дифторуглеродов под общим названием фреоны. Ряд из этих веществ являются экологически опасными, они приводят к разрушению озонового слоя земли и этим ограничивается их применение. Производство парокомпрессионных холодильных машин достаточно сложное, они потребляют большое количество электроэнергии, а также требуют регулярного технического обслуживания. Применение нетрадиционных источников в системах кондиционирования также актуально, как и в любых других системах обеспечения микроклимата помещений. Одним из перспективных направлений является использование артезианской воды в качестве источника холодоснабжения. Система, использующая артезианскую воду, ожидается менее энергоемкой и материалоемкой и проще в эксплуатации. [1,2]

В парокомпрессионных холодильных машинах в качестве источника холода используются разные фреоны. При использовании артезианской воды вместо фреонов, используется артезианская вода в качестве источника холода. Артезианская вода – бесплатный экологически чистый источник холода, не оказывающий влияние на окружающую среду. [3]

При проектировании объектов, находящихся в отдаленных от городской застройки районах, забор холодной воды на нужды водоснабжения целесообразно осуществлять из артезианской скважины. Артезианская вода имеет постоянную температуру в летнее время 5-7 °С.

В стандартных системах кондиционирования для приготовления воды с такой температурой используются фреоновые холодильные машины – чиллеры или градирни. Это оборудование является очень дорогим и сложным в эксплуатации в системах кондиционирования, компрессор холодильной машины потребляет большое количество электрической энергии, использование фреона может нанести вред окружающей среде.

Целесообразным возможно использовать воду, добытую из водозаборной артезианской скважины, где есть такая возможность. Регулировка мощности охлаждения воздуха производится с помощью регулировки подачи холодной воды насосом с частотным приводом. [4]

Схема использования артезианской воды для системы кондиционирования небольшого объекта показана на рисунке 1.

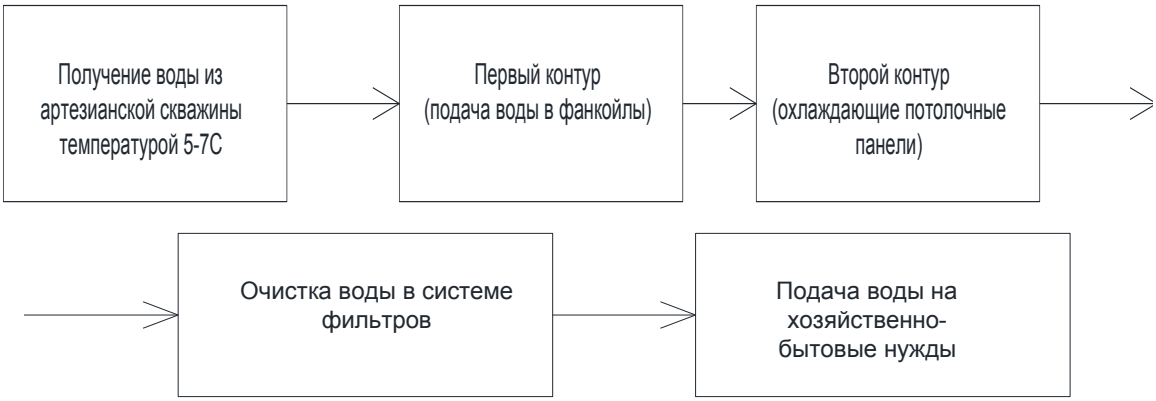


Рисунок 1 - Схема системы кондиционирования воздуха с применением качестве источника холодной воды из артезианской скважины

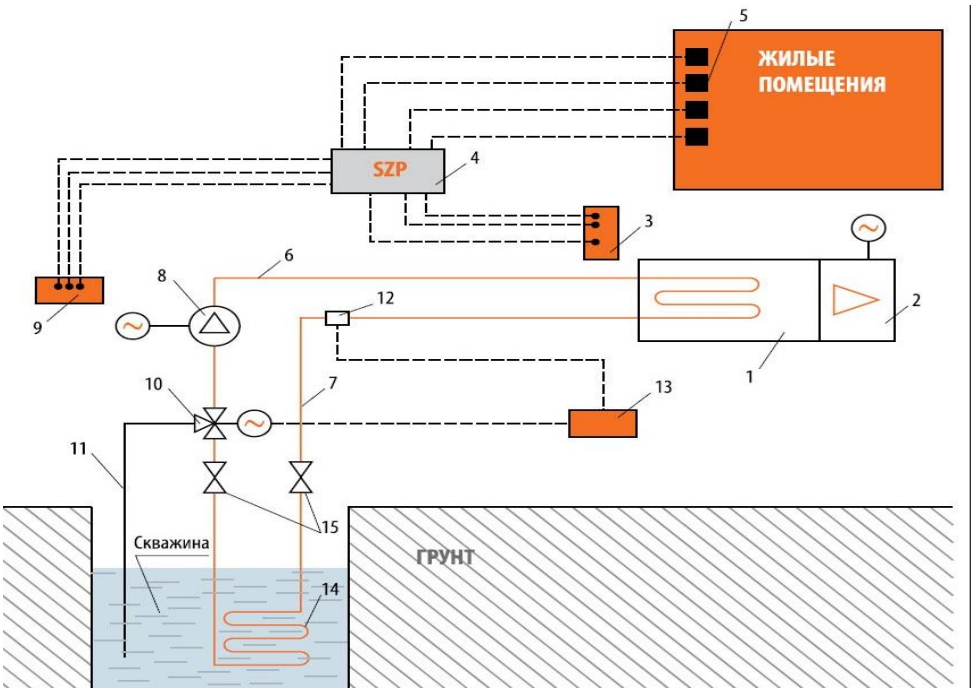
Вода, полученная из артезианской скважины с температурой около 5-7˚С поступает в первый контур, в фанкойлах она нагревается до температуры 14-16˚С, и направляется во второй контур, где, проходя через охлаждающие панели, нагревается еще до температуры 18-20˚ С и после этого, проходя через систему очистки, отправляется на хозяйственные нужды.

Сама система состоит из насоса, первого контура (фанкойлы), второго контура (потолочные охлаждающие панели), после чего проходя через очиститель распределяется на хозяйственные нужды.

Схема первого контура системы кондиционирования с применением артезианской воды показана на рисунке 2. [5]

Подача воды из артезианской скважины в контур системы холодоснабжения осуществляется с помощью устройства для забора воды 11, из которого система кондиционирования воздуха заполняется водой через трехходовой клапан 10. Контур системы кондиционирования состоит из теплообменника 14, который размещают непосредственно в скважине, насоса 8, который перекачивает хладоноситель по подающему трубопроводу 6 на водяной теплообменник – фанкойл 1. После фанкойла вода, по обратному трубопроводу 7, возвращается в теплообменник 14 для охлаждения воды нагретой фанкойлами.

Второй контур, в который вода попадает после фанкойлов, будет вмонтирован в потолок. Такая схема придаст помещению большую возможность охлаждения помещения в короткие сроки. Главной проблемой является температура воды, которая будет поступать на 2 контура. Ведь, как известно, панели работают по принципу испарения и если температура воды будет меньше точки росы, то вся вода будет выделяться на потолок. Для предотвращения образования конденсата на охлаждающих панелях необходимо, чтобы температура поступающей в них воды была выше температуры точки россы воздуха помещения.



1 – фанкойл; 2 - вентилятор с частотно-регулирующим приводом; 3 – регулятор скорости вращения двигателя вентилятора; 4 – электронный процессор; 5 – зональные термостаты; 6,7 – подающий и обратный трубопроводы; 8 – глубинный насос с частотно-регулирующим приводом; 9 – регулятор скорости вращения насоса; 10 – трехходовой клапан; 11 – забор води из скважины;м12 – датчик температуры води; 13 - электронный контролер; 14 –теплообменник;15 – запорный вентиль

Рисунок 2 – Схема первого контура

В результате применения системы природного холодоснабжения от артезианской скважины реальное потребление электроэнергии составляет 18% от мощности холодильной машины, рассчитанная на аналогичную нагрузку.

Использование природного источника холода, артезианской воды будет способствовать повышению эффективности работы систем кондиционирования воздуха, экономии энергетических ресурсов, улучшению экологической ситуации.

На основании выполненных исследований решается актуальная задача – разработка энергоэффективного метода кондиционирования и эффективного комплексного метода расчета сезонного природного холода артезианской воды для систем кондиционирования воздуха, и учитываются изменения термодинамических параметров воздуха при контакте с природным источником холода. Это имеет существенное значение для создания эффективных систем кондиционирования воздуха в условиях современных требований по энергосбережению.

Данная система кондиционирования – это энергосберегающая технология, которая работает на экологически чистом источнике холода, то есть не ведет загрязнения окружающей среды. Так же вода, использованная на кондиционирование, может быть использована на хозяйственные нужды проектируемых объектов. Использование артезианской воды в качестве источника холода является целесообразным при соответствующем экономическом обосновании для определенного района проектирования, где есть возможность использования данного естественного источника холода.

Список литературы

1. Холодильные машины: Учебник для студентов втузов специальности «Техника и физика низких температур» / А. В. Бараненко, Н. Н. Бухарин, В. И. Пекарев, И. А. Сакун, Л. С. Тимофеевский; Под общ. ред. Л. С. Тимофеевского. -гг СПб.:Политехника, 1997. — 992.
2. Бабакин Б. С., Стефанчук В. И., Ковтунов Е. Е. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. — М.: Колос, 2000. — 160 с.
3. А.И. Еремкин, Т.И. Королева, Г.В. Данилин и др. Экономическая эффективность энергосбережения в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 184с.
4. Карпис Е.Е. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха. – 2-е изд., пераб. И доп. – М.: Строймиздат, 1986. – 268с.
5. Явнель, Б.К. Использование естественных источников холода для охлаждения и осушения воздуха в СКВ [Электронный ресурс] / Б.К. Явнель// интернет-газета Холодильник RU. - 2010. - №11.

УДК 697.94

Сеньков Андрей Олегович,
магистрант гр. ТГВм-52а каф. ТТГВ;
Максимова Наталья Анатольевна,
кандидат технических наук, доцент, каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЧИЛЛЕР-ФАНКОЙЛ

В данной статье рассмотрены способы усовершенствования работы системы чиллер-фанкойл и повышения эффективности их работы.

Ключевые слова: чиллер, фанкойл, холодоноситель, автоматика, компрессор

Холодильные установки считаются весьма мощным и эффективным оборудованием. К усовершенствованию оборудования стоит прибегнуть, особенно если его время эксплуатации превысило 5 лет, и оно несколько устарело. Эта работа возлагается на инженеров-механиков, способных увеличить время службы системы и её узлов, безопасность и экономичность, и позволить персоналу получать точные сведения о процессах всей системы. [1]

Способы увеличения производительности работы установки чиллер-фанкойл:

1. Применение промежуточного холодоносителя и дополнительного теплообменника;
2. Обеспечение холодильных машин системой автоматики;
3. Усовершенствование охладителя и монтаж нового привода компрессора.

Применение дополнительного теплообменного аппарата и промежуточного холодоносителя дает возможность сохранять температуру охлаждаемой жидкости с большой степенью точности и охлаждать жидкости на 50ºС и более за один проход через теплообменник. Можно достигнуть температуры воды на выходе до +1 ºС. Используется для охлаждения жидкостей с высокой начальной температурой. Чаще всего применяется в случае разветвленной сети подачи холодоносителя и удаленности объекта охлаждения от холодильной установки.

Для таких машин повышением энергетического эффекта станет использование «сухих» воздушных теплообменников (драйкулеров) в холодный период. При снижении температуры окружающей среды на 6...8 ºС ниже заданной температуры жидкости возможно отключить холодильную установку и охлаждать промежуточный холодоноситель в сухом воздушном теплообменнике, используя холод, взятый с улицы.

Главный фактором снижения энергозатрат в установках с чиллером — это выбор холодоносителя. [2] Двуокись углерода, как холодоноситель, соответствует необходимым условиям. Вязкость жидкого R744 на уровень ниже вязкости каждого из всех конкурентов при одних из самых лучших величинах теплообменных данных. Системы с CO_2 компактны, не обладают предрасположенностью к коррозии, никак не токсичны, пожаробезопасные, существенно меньше содержат холодоносителя. Однако, в точке R744 давление в пять раз выше атмосферного.

Результативным способом увеличения энергетических характеристик систем с промежуточным холодоносителем считается использование двухфазных холодоносителей (айссларри). Охлаждение водных растворов солей ниже температуры кристаллизации

сопровождается появлением микроскопических кристаллов льда. Кристаллы не оказывают влияния на транспортировку по сетям данной двухфазной системы, но дают возможность по энерго-показаниям подступиться к основным холодильным системам. Айссларри добывают из морской воды, растворов солей, гликолей, спиртов. Двухфазные растворы допускают снижение числа холодоносителя в контуре, позволяют сформировать постоянный температурный режим хладообеспечения, существенно увеличить удельное тепло удаление, изменить диаметры труб, уменьшить цену системы хладоснабжения.

Верно подобранный хладагент и холодоноситель, грамотная гидравлическая схема позволяет сэкономить до 15%.[2] До 25 % экономии годового энергопотребления дадут возможность достичь такие работы, как очистка теплообменников, уплотнение дверных проемов охлаждающих камер, проверка хладагента на кислотность, содержание воды и концентрацию масла, наблюдение за холодоносителем на наличие ионов металлов.

Обеспечение холодильных машин системами автоматики

Контролирующий узел холодильной установки, представляет схему контроля энергопотребления, нацеленную на усовершенствование производительности узлов холодильного аппарата — охладителей, насосов и градирен, которая чаще всего содержится внутри обширной системы контроля за всем зданием или сооружением. Узел контроля холодильной станции реализовывает наблюдение за данным функционалом:

• снижение энергозатрат: система реализовывает контроль за количеством потребляемой энергии зданием, применяя заранее установленные настройки, автоматически ограничивает потребление энергии холодильной системы;

• контроль температуры охлажденной воды: происходит автоматическое управление температурой охлажденной воды на выходе, а также осуществляется контроль потребления энергии;

• деятельность системы в зависимости от времени суток: установка контролирует работу оборудования на основе данных о температуре атмосферного воздуха и других условий, предопределяя требования в охлаждении, которая дает возможность управлять установкой в наиболее экономичном режиме;

• оптимизация действий: от загрузки установки зависит очередность работы охладителей, насосов и градирен;

• потребность в специализированном обслуживании: система ведет контроль за рабочим процессом и по необходимости отсылает сигнал о потребности сервисного обслуживания. В таком случае, холодильная аппарат функционирует с наибольшей эффективностью. [3]

Разработка и использование простого и энергоэффективного контроля за холодильными машинами, совмещающая охладители, насосы и градирни с вентиляторами позволит автоматизированно регулировать и назначать схему работы всей установки при определенной нагрузке, это позволит увеличить производительность и уменьшить затраты на энергоснабжение системы.

Усовершенствование чиллера и монтаж нового привода компрессора

Обновление уже использовавшегося холодильного аппарата современным приводом компрессора без монтажа новых теплообменников, практикуется редко, но имеет ряд преимуществ:

1. Производительность охладителя выше уже имеющейся наибольшей тепловой нагрузки сооружения за счет принятых мер по уменьшению энергопотребления. В таком случае, снижение мощности установленного привода, мощность охладителя, отвечает

действительной тепловой нагрузке, благодаря чему эффективность его службы увеличивается. Продуктивность работы аппарата увеличивается, при взаимодействии вновь установленного компрессора меньшей мощности и старых теплообменников. Габариты теплообменника гораздо больше габаритов компрессора, за счет этого теплообменники образуются большую поверхность нагрева, что приводит к уменьшению нагрузки на компрессор. Новый двигатель имеет производительность выше в сравнении с предшественником.

2. Так как охладитель уже использовался, затраты на обслуживание, ремонт и запасные детали, увеличиваются. Поскольку значительная часть элементов привода компрессора часто нуждаются в ремонте, монтаж нового привода предоставит возможность модернизировать охладитель, что гораздо выгоднее монтажа новой системы охлаждения. Зачастую, в современных компрессорах, автоматический контроль за уровнем масла не предусмотрен, за счет чего его усовершенствование является еще более необходимым. По итогу, путем модернизации осуществляется переход оборудования на новую, передовую функцию контроля.

3. Машинный отсек труднодоступен. В связи с этим, произвести демонтаж, изначально установленных охладителей, с подвальных помещений либо иных тяжелодоступных зон здания, требуется произвести ряд трудоёмких процессов, заключающихся в частичном разрушении или реконструкции здания. Вероятным решением трудностей станет сохранение старых кожухов теплообменников, так как они самые крупные компоненты холодильной установки. Габариты деталей нового привода, зачастую, относительно невелики, и поэтому детали могут быть беспрепятственно доставлены до места монтажа.

4. Появляется необходимость перевода охладителя на озонобезопасные холодильные агенты. Экономически выгодно будет перевести старый центробежный охладитель, оборудованный новым приводом, на новый холодильный агент, в сравнении с полной заменой самого охладителя.

Оснащение управляемыми приводами центробежных охладителей.

Большая часть холодильных машин используются в условиях, отличных от расчетных, в связи с этим их модернизируют приводом для электронного регулирования частоты вращения.

Данная манипуляция позволяет сокращать энергопотребление охладителями до 25% в год. Потребностями в охлаждении управляет компрессор с регулируемым приводом. При действительной потребности в охлаждении, и контролирует работу лопастей во время заблаговременного закручивания потока, регулируя количественное значение потока холодильного агента через компрессор. В связи с этим, охладитель оснащенный приводом, выступает максимально эффективным при эксплуатации в неиспытанных условиях: энергопотребление уменьшается при не запланированной нагрузке и температуре воды.

Передовые настраиваемые приводы, предназначающихся непосредственно для оборудования центробежных охладителей, обладают функцией управления мощности (АСС), определяющей необходимую частоту вращения компрессора при различных условиях эксплуатации охладителя. [4]

Список литературы

1. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. Белова Е.М. 2003.- 400 с.
2. Системы кондиционирования воздуха на базе чиллера-фанкойлов: учебное пособие / сост.: Э.У. Ямлеева. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 242 с.
3. Кокорин О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Изд-во физикоматематической литературы. 2003. С. 145-149.
4. Нимич Г. В., Михайлов В. А., Бондарь Е. С. Современные системы кондиционирования и вентиляции воздуха. Изд-во ТОВ "Видавничий будинок "Аванпост-Прим", 2003. С. 478-481.

УДК 697

Терехов Дмитрий Олегович,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Максимова Наталья Анатольевна,
кандидат технических наук,
доцент, каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

СИСТЕМА СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕЛИОКРОВЛИ

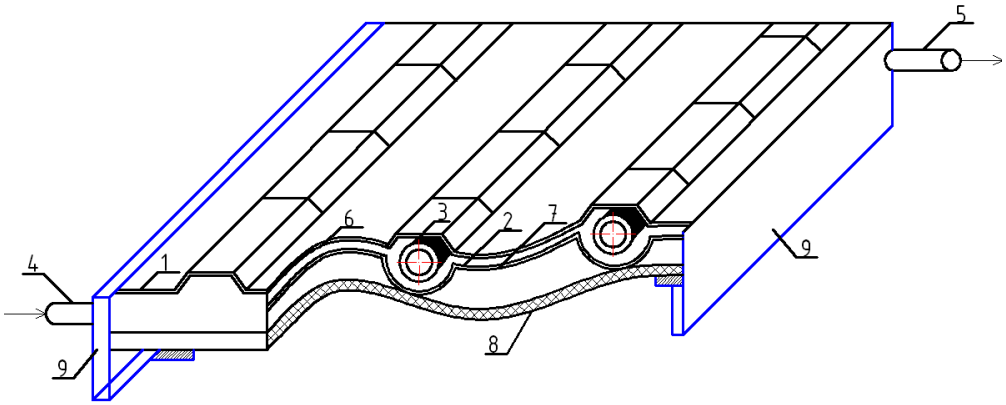
В данной статье проанализирована возможность применения гелиокровли в качестве солнечного коллектора. Предложена методика расчета параметров системы солнечного теплоснабжения с гелиокровлей.

Ключевые слова: теплоснабжение, солнечная энергия, гелиокровля, теплообмен

Обычный плоский солнечный коллектор имеет высокую стоимость и сложную конструкцию. Одним из перспективных направлений является применение солнечного коллектор совмещенного с покрытиемздания (гелиокровля), особенностью которого является то, что верхнее покрытие коллектора выполнено из гофрированного кровельного материала здания [1]. Э то позволяет снизить стоимость солнечного коллектора, повысить его прочность и упростить конструкцию. Схема гелиопокрыли изображена на рис. 1. Геликровля содержит верхнее 1 и нижнее 2 гофрированные покрытия, между которыми расположены трубки контура циркуляции 3, прикрепленные к верхнему покрытию 1 и соединенные с входными 4 и выходными патрубками 5 для подачи теплоносителя. Верхнее гофрированное покрытие 1 выполнено из кровельного материала, на внутреннюю поверхность которого нанесен слой селективного материала 6. На внутренней поверхности нижнего гофрированного покрытия 4 нанесено зеркальный слой 7. Под нижним гофрированным покрытием расположен теплоизоляционный слой 8. На рисунке также изображены стропила9.

Гелиокровля работает следующим образом.

Верхнее 1 и нижнее 2 гофрированные покрытия крепятся к стропилам 9, например с помощью кронштейнов. Солнечные лучи попадают на внешнюю поверхность верхнего гофрированного покрытия 1, выполненного из кровельного материала, на внутренней поверхности которого нанесен слой селективного материала 6, обеспечивающий максимальное поглощение солнечного тепла при минимальном уровни отражения солнечных лучей обратно в атмосферу. При этом происходит нагрев кровельного материала, от которого тепло передается трубкам контура циркуляции 3, в которых циркулирует теплоноситель. За счет разницы температур, и, соответственно, разности плотностей теплоносителя, в зоне входного 4 и выходного 5 патрубков создается циркуляция теплоносителя. Нагретый теплоноситель через патрубок 5 подается потребителю. Часть солнечного излучения, в том числе инфракрасное излучение, не воспринявшееся трубками контура циркуляции 3, отражается зеркальным слоем 7 назад на поверхность, что позволяет улавливать солнечное излучение, которое обычно в других типах коллекторов теряется. Таким образом, используется практически вся тепловая энергия солнечного излучения. Теплоизоляционный слой 8 обеспечивает уменьшение теплопотерь.

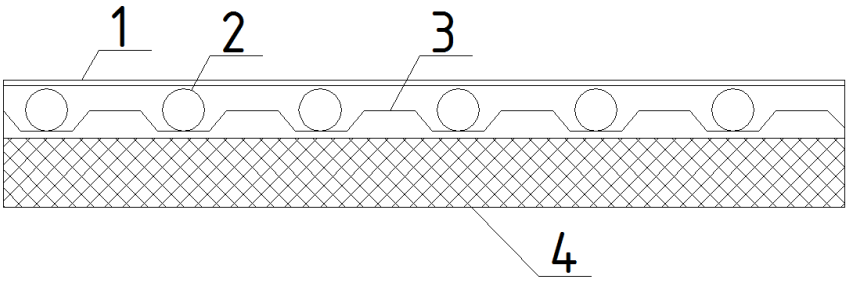


1 – верхнее гофрированное покрытие; 2 – нижнее гофрированное покрытие; 3 - трубки контура циркуляции; 4 – входной патрубок; 5 – выходной патрубок; 6 – слой селективного материала; 7 – зеркальный слой; 8 – теплоизоляционный слой; 9 –стропила

Рисунок 1- Схема гелиокровли [3]

Расположение трубок для теплоносителя над поглотителем солнечной энергии и теплопоглотителя солнечной энергии гофрированным обеспечивает повышение эффективности гелиосистемы за счет увеличенияиплощади поглощения солнечной энергии.

Схема геликровли с трубками для теплоносителя, расположенными над теплопоглотителем, показана на рисунке 2.



теплопоглотителем: 1 – прозрачное покрытие; 2 – трубки для теплоносителя; 3 – гофрированный теплопоглотитель; 4 – теплоизоляционный слой

Рисунок 2- Схема гелиокровли с трубками для теплоносителя, расположенными над

Гелиокровля с трубками для теплоносителя, расположенными над теплопоглотителем, работает следующим образом. Солнечные лучи через прозрачное покрытие 1 попадают на поглотитель солнечной энергии 3 и трубки для теплоносителя 3. При этом происходит их нагрев. За счет разности температур и соответственно разности плотностей теплоносителя, в зоне входного и выходного патрубков создается циркуляция теплоносителя. Теплоизоляционный слой 4 обеспечивает уменьшение теплопотерь.

Метод расчета параметров системы солнечного теплоснабжения с геликровлей

Удельная тепловая мощность 1м^2 гелиокровли, Вт/м^2

$$q_г = Е_г \cdot \eta_0 \cdot (1 - a \cdot G + b \cdot G^2) \cdot k_{эф}, \quad (1)$$

где $Е_г$ – интенсивность солнечной энергии, поступающей на 1 м^2 площади поверхности гелиокровли, Вт/м^2;

a и b – поправочные коэффициенты [2];

$k_{эф}$ – коэффициент эффективности гелиокровли;

η_0– оптический КПД гелиокровли;

G – расчетный параметр, учитывающий среднемесячный коэффициент ясности атмосферы, температуру воды на входе в гелиокровлю и температуру окружающей среды.

Коэффициенты эффективности различных конструкций гелиокровли определяются по соответствующим эмпирическим зависимостям.

Оптический КПД гелиокровли с прозрачным покрытием определяется по формуле [2]

$$\eta_0 = \tau \cdot h, \quad (2)$$

где τ – коэффициент пропускания солнечного излучения прозрачным покрытием;

h - коэффициент поглощения солнечного излучения теплопоглотителем.

Оптический КПД для геликровли без прозрачного покрытия

$$\eta_0 = h. \quad (3)$$

Параметр G определяется по формуле [3]

$$G = \frac{(t_{вх} - t_н)}{k_я}, \quad (4)$$

где $t_{вх}$ и $t_н$ – соответственно температура теплоносителя на входе в гелиокровлю и температура окружающей среды, °С;

$k_я$– среднемесячный коэффициент ясности атмосферы.

$$k_я = \frac{Е}{Е_0}, \quad (5)$$

где Е – интенсивность солнечной энергии, которая поступает на горизонтальную поверхность на Земле, Вт;

$Е_0$ – интенсивность солнечной энергии, поступающей за пределами земной атмосферы, Вт.

Количество солнечной энергии, поступающей на 1 м^2 площади поверхности гелиокровли, определяется по формуле, Вт/м^2 [2]

$$Е_г = R \cdot E, \quad (6)$$

где E - интенсивность солнечной радиации, поступающая на горизонтальную поверхность геликровли, Вт/м^2;

R – отношение среднемесячной дневной интенсивности солнечной радиации, которая поступает на наклонную и горизонтальную поверхности.

Коэффициент пересчета интенсивности солнечной энергии горизонтальной поверхности на наклонную поверхности гелиокровли равен сумме трех составляющих: прямого, рассеянного и отраженного солнечного излучения [4,5].

Разработанная методика инженерного расчета параметров системы солнечного теплоснабжения с гелиокровлей позволит рассчитать и спроектировать систему для заданного объекта.

Гелиоустановки, основным элементом которых является геликровля, в холодный период года, когда температура наружного воздуха и плотность солнечного потока излучения низкие, не могут самостоятельно обеспечить потребности горячего водоснабжения. Поэтому целесообразно подключать их к дополнительному источнику тепла,

например, газовых или электрических котлов, тепловых насосов и т.д. Использование таких комбинированных систем является конкурентным по сравнению с традиционными системами теплоснабжения

Список литературы

1. Патент № 92010 UA МПК(2014) F24J 2/00. Гравітаційна геліосистема / В.М. Желих, О. Т. Возняк, С. П. Шаповал, Б.І Гулай, О.М.Пона // Промислова власність. – 2014. − №14; заявл. 24.02.2014; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.
2. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Даффи, У. А. Бекман; пер. с англ. под. ред Ю. Н. Малевского. − М. : Мир, 1977. – 420 с.
3. Твайделл Д. Возобновляемые источники энергии / Д. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. под ред. В. А. Коробкова. − М. : Энергоатомиздат, 1990. − 391 с.
4. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / [Р. Р. Авезов, М. А. Барский-Зорин, И. М. Васильева и др.]; под ред. Э. В. Сарнацкого, С. А. Чистовича. − М. : Стройиздат, 1990. – 328 с.
5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

УДК 697.921

Яроцкая Виктория Игоревна,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Максимова Наталья Анатольевна,
кандидат технических наук,
доцент, каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ТЕПЛОВЫМ ПОБУЖДЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

В данной статье проанализированы существующие системы вентиляции многоэтажных жилых зданий с тепловым побуждением воздуха в теплый и переходный периоды года, обеспечивающие повышение эффективности их работы.

Ключевые слова: вентиляция, вытяжной канал, удаляемый воздух, нагрев, эффективность

В настоящее время основными вытяжными вентиляционными системами в жилых зданиях являются системы естественной вентиляции с вертикальными каналами. Работа данных систем ограничена в переходный и теплый период года, они не обеспечивают расчетный воздухообмен или вовсе не работают. Основной проблемой вентиляции последних этажей является ослабленная или обратная тяга, возникающая вследствие недостаточности располагаемого напора, зависящего от высоты вентиляционного канала. В таких системах основной движущей силой является располагаемый напор, который обеспечивается разницей плотностей наружного и внутреннего воздуха. Эта разница обусловлена их разницей температур. Для повышения эффективности работы систем естественной вентиляции возможно использование теплового побуждения за счет дополнительного нагрева вытяжного вентиляционного канала. Нагрев позволяет увеличить разницу температур между наружным и удаляемым воздухом из помещения, тем самым повышая располагаемый температурный напор и обеспечивая требуемый воздухообмен.

Для обеспечения требуемого воздухообмена жилых зданий в теплый и переходный периоды применяют системы с подогревом вытяжного вентиляционного канала [1]. Эти системы представляют собой вытяжной канал, в котором осуществляется нагрев воздуха за счет солнечной радиации. Через вертикальную шахту происходит удаление загрязненного воздуха в атмосферу.

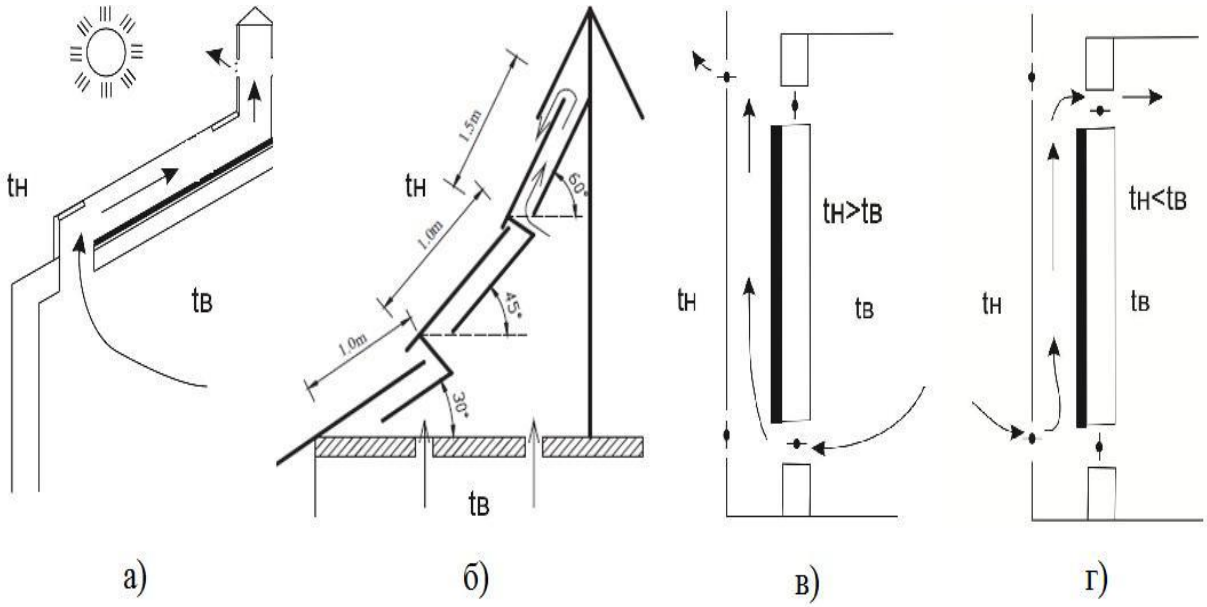
Вытяжной канал чаще всего изготавливают из стекла для обеспечения максимального проникновения прямой и рассеянной солнечной радиации. Внутренняя часть выполняется из материалов с высоким коэффициентом поглощения солнечной радиации [1].

В результате воздействия на вытяжной канал прямой и рассеянной радиации, увеличивается условная температура на внутренней стенке, в результате чего происходит формирование внутреннего конвективного течения у нагретой поверхности. Для обеспечения недопущения нагрева помещений между вытяжным каналом и наружной поверхностью ограждающей конструкции необходимо использовать слой тепловой изоляции.

Система вентиляции с радиационным подогревом вытяжного канала (рисунок 1, а) и методика ее расчета описаны в работе [2]. В работе получены данные, что при величине удельного теплового потока, равного 100-1000 Вт/м^2, объемный расход воздуха на входе в вентиляционный канал составит 100-350 м^3/ч при площади вытяжного воздуховода 2,25 м^2.

Также было выявлено влияние величины длины канала на величину объемного расхода, отнесенного к площади поперечного сечения канала.

Для увеличения эффективности работы существующих систем вентиляции с радиационным подогревом известна конструкция вытяжного воздуховода, который состоит из нескольких последовательно соединенных каналов, размещенных под разными углами (рисунок 1, б). [3,4]



а) система вентиляции с нагревом канала за счет солнечной радиации; б) система вентиляции со сложной конструкцией вытяжного воздуховода; в) принципиальная схема работы реверсивной системы вентиляции с вертикальным расположением вентиляционного канала в теплый период года; г) принципиальная схема работы реверсивной в холодный период года

Рисунок 1 – Существующие схемы систем естественной вытяжной вентиляции с тепловым побуждением воздуха

Также существует система с продольно расширяющимся вытяжным каналом. Получены данные, свидетельствующие, что увеличение угла расширения вентиляционного канала до 6º, приводит к увеличению скорости потока примерно на 24% по сравнению со стандартной конструкцией (рисунок 2). Это объясняется тем, что происходит снижение давления воздушного потока на входе в вентиляционный канал, так как уменьшается площадь поперечного сечения. Если угол расширения больше 7º, происходит снижение скорости, которое объясняется отрывом потока от стенок канала и формированием вихревых зон.

Основными преимуществами систем с радиационным подогревом вытяжного канала являются:

1. Обеспечение работы вытяжной вентиляции помещений в теплый и переходный период года;
2. Обеспечение работы при отсутствии ветра;
3. Возможность регулирования расход вентиляционного воздуха за счет интенсивности воздействия солнечной радиации.

В холодный период года возможно применение системы с вертикальным расположением вентиляционного канала. Если температура наружного воздуха выше, чем

внутреннего, то канал используется для вытяжки (рисунок 1, в). Если температура наружного воздуха ниже, чем внутреннего, то канал используется для вытяжки (рисунок 1,г).

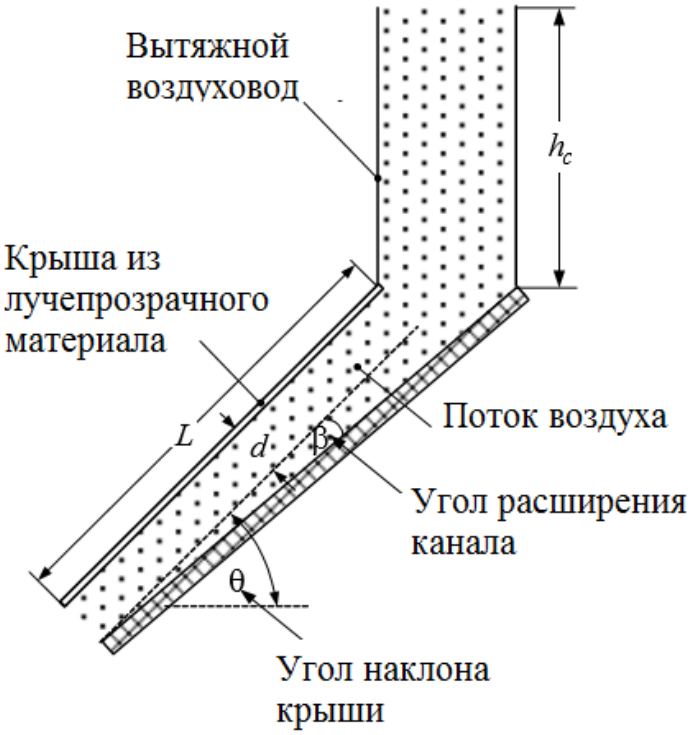


Рисунок 2 - Схема продольно расширяющегося канала

Системы вентиляции с тепловым побуждением могут использоваться в качестве воздушного отопления помещений [5]. В таких системах тепловая камера размещается ниже уровня жилых помещений. В тепловой камере происходит нагрев воздуха от печи. Нагретый воздух за счет разности плотностей поднимается по каналам, затем через воздухораспределительные устройства подается в верхнюю зону обслуживаемых помещений.

Для обеспечения стабильной работы естественной вентиляции могут применяться и другие специализированные технологии, такие как гибридные системы, а также системы с ветровым побуждением. Однако, наибольшая эффективность и стабильность работы обеспечивается применением в многоэтажных жилых зданиях систем вентиляции с тепловым побуждением.

Список литературы

1. Рымаров А.Г., Абрамкина Д.В. Системы естественной вентиляции с тепловым побуждением / А.Г. Рымаров, Д.В. Абрамкина // Научное обозрение – 2016. - № 9. – с. 43-46.
2. Bansal N.K. Solar chimney for enhanced stack ventilation / N.K.Bansal, R. Mathur, M. Bhandari // Building and environment – 1993 – V. 28. № 3.– PP. 373-377..
3. Харитонов В.П. Естественная вентиляция с побуждением. / В.П.Харитонов // АВОК – 2003. - № 3. – С. 46-55.
4. Бобровицкий И.И., Шилкин Н.В. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых зданиях. / И.И. Бобровицкий, Н.В. Шилкин // АВОК – 2003. - № 10. – С. 16-27.
5. Малахов М.А., Савенков А.Е. Усовершенствование вентиляции жилых зданий. / М.А. Малахов, А.Е. Савенков // АВОК – 2009. - № 4. – С. 16- 19.

УДК 621.56

Монах Светлана Игоревна,
кандидат технических наук,
доцент, каф. ТТГВ;
Блиновская Светлана Владимировна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а,
кафедры ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬНОМ АККУМУЛЯТОРЕ ТЕПЛОТЫ

В данной статье предложена математическая модель температурного поля в толще пола различных конструкций со встроенным электрокабелем. Целью данной работы является создание алгоритма расчетного определения температурного поля в системе «греющий пол - отапливаемое помещение» при использовании электрокабельного аккумулятора теплоты.

Ключевые слова: электрокабельная система напольного отопления, математическая модель, температурное поле, распределение температуры, дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности, граничные условия третьего рода.

Разработка математической модели температурного поля в толще пола различных конструкций со встроенным электрокабелем позволит выполнить анализ распределения температуры в сечении пола и кабеля при различных конструктивных исполнениях пола и режимных параметрах электрообогрева, толщинах и конструкции теплоизолирующего слоя типа декоративного покрытия пола и т.д.

Условия, при которых необходимо рассматривать распределение температуры в самом электрокабельном аккумуляторе теплоты следующие.

1. Предельная температура оболочки кабеля (в зависимости от вида кабеля не должна превышать 60-80°С),
2. Изменение температуры воздуха в помещении в течении суток должно находиться в интервале 1,5°С.
3. Температура на поверхности пола не должна превышать 27 ÷28 °С.
4. Неравномерность температуры по поверхности пола не должна превышать 1,5 °С.

Проведение исследований температурного поля необходимо как для создания теплотехнических основ проектирования электрообогреваемых полов, так и для разработки соответствующих рекомендаций и методик расчета температурных режимов помещения с учетом процессов теплопереноса внутри ограждений и на их поверхностях.

Имея много общего со своим прототипом - системой водяного отопления в замоноличенных трубах, электрокабельная система напольного отопления характеризуются рядом особенностей, требующих специального подхода.

Во-первых, здесь имеет место Джоулево тепловыделение в многослойных кабелях, оболочки которых выполнены из полихлорвиниловых (ПХВ) материалов, допускающих рабочую температуру не более 80°С.

Во-вторых, тепловыделяющие элементы в обоих случаях мало меняются по размерам, но различны по конструктивному исполнению, а по значениям их диаметров расходятся в два-три раза.

В общем, температура поверхности греющего пола является функцией тепловыделения Q, соответствующей теплопотерям помещения; геометрических параметров, характеризующих

кабель (диаметр и количество ПХВ оболочек), конструкции пола (толщина, материал, количество слоев), шага и глубины заложения кабеля. На температурный режим пола с электрокабельным напольным отоплением накладываются ограничения по:

- предельной температуре ПХВ-оболочки, принимаемой обычно 80°С;
- температуре поверхности пола, которая не должна превышать нормативных пределов, определенных исходя из физиологических ощущений комфортности. Обычно максимальная температура пола лежит (в зависимости от материала наружного слоя) в пределах 26-32°С;
- неравномерности температуры плоскости пола, которая не должна превышать 1°С на 1/2 шага s укладки кабеля.

Греющий пол обычно имеет структуру, представленную на рис. 1. В качестве покрытия пола в зависимости от назначения верхнего помещения могут использоваться различные декоративные покрытия типа паркета, ковролина, плитки керамической, линолеума. Бетонная стяжка служит аккумулирующим тепловым слоем, в котором размещаются греющие кабели. При необходимости кабели могут располагаться в бетоне в один или два слоя по высоте. Теплоизоляция под бетонной стяжкой служит для уменьшения передачи теплоты в соседнее нижнее помещение. Она может состоять из одного или двух слоев различных материалов.

Распределение температуры в системе «кабель-аккумулятор-пол» описывается дифференциальным уравнением теплопроводности, которое для данного случая имеет вид

$$c\rho\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda\frac{\partial T}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\lambda\frac{\partial T}{\partial y}\right] + Q, \quad (1)$$

$$\tau > 0; 0 < x < s/2; |y_в| < y < y_в; T = T(x, y, \tau);$$

$$\lambda = \lambda(x,y); c = c\,(x, y);\ \rho = \rho\,(x, y);\ Q = Q\,(x, y, \tau). \quad (2)$$

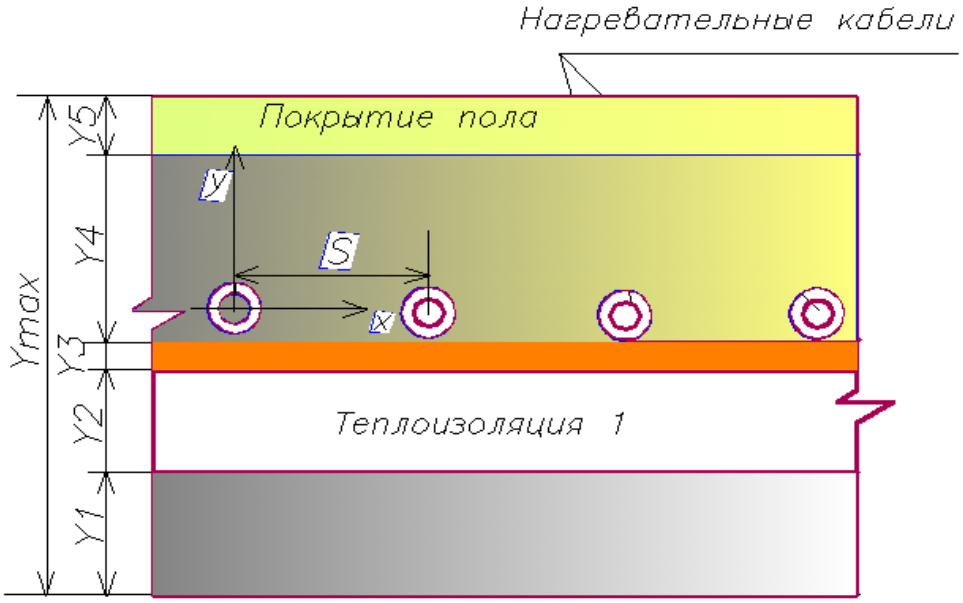


Рисунок 1 - Разрез конструкции пола со встроенной системой электроотопления и теплоаккумуляционным слоем

Граничные условия имеют вид:

- на поверхности пола со стороны отапливаемого помещения

$$-\lambda \frac{\partial T(x,y_н,\tau)}{\partial y} = \alpha_в \left(T_{верх} - T_н\right) \quad (3)$$

-на поверхности бетонного перекрытия со стороны нижнего помещения

$$-\lambda \frac{\partial T(x,y_н,\tau)}{\partial y} = \alpha_н (T_н - T_{ниж}) \quad (4)$$

На боковых поверхностях области решения при x = 0 и x = S/2 приняты условия симметрии

$$\lambda \frac{\partial T(0,y,\tau)}{\partial x} = 0,\ \lambda \frac{\partial T(s/2,y,\tau)}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

В приведенных выше уравнениях приняты обозначения: c – теплоемкость, кДж/кг·К; Q –линейное тепловыделение в кабеле, Вт; s – шаг укладки кабеля, м; T – температура, К; Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 – конструктивные линейные размеры пола, м; x, y – пространственные координаты, М; α – коэффициент эффективной (радиационно-конвективной) теплоотдачи, Вт/м^2·К; δ – толщина теплоизоляции,м; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К; ρ – плотность, кг/м^3; τ – время,с.

Индексы: в – поверхность пола; верх – верхнее помещение; н – нижняя поверхность бетонного перекрытия; ниж – нижнее помещение.

Начало координат выбиралось в центре кабеля. Источник теплоты Q отличен от нуля в той части области решения, где имеется электрическая жила кабеля.

Таким образом, в основу расчетного определения температурного поля в системе «греющий пол - отапливаемое помещение» могут быть положены уравнение нестационарной теплопроводности и граничные условия третьего рода (уравнения 1 ÷ 5).

Список литературы

1. Ададуров Е.А. Повышение эффективности использования аккумуляторов теплоты с возобновляемыми источниками энергии [Электронный ресурс] Дис. …канд.техн.наук: 05.12.08. – М: РГБ 2005

2. Богословский В. Н. Тепловой режим здания. - М.: Стройиздат. 1979. - 248 с.

3.Табунщиков Ю.А. Расчеты температурного режима помещения и требуемой мощности для его отопления или охлаждения. - М.: Стройиздат, 1981.-84 с.

УДК 628.8

Монах Светлана Игоревна,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ;
Фляк Андрей Алексеевич,
Фирсова Ольга Викторовна,
магистранты гр. ЗТГВм-51а,
кафедры ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ «ЭКОНОМАЙЗЕРНОГО ЭФФЕКТА» В ПРОЦЕССЕ ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ПОРИСТОЕ ОГРАЖДЕНИЕ

В данной статье предложена математическая модель для расчета «экономайзерного эффекта» в процессе инфильтрации воздуха через пористое ограждение. Расчет точной величины этого эффекта является сложной математической задачей, связанной с решением полной системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса и определением потенциалов переноса теплоты и массы. Целью данной работы является получение зависимостей для количественной оценки «экономайзерного эффекта».

Ключевые слова: микроклимат помещения, система естественной вентиляции, приточный воздух, воздухопроницание, пористое ограждение, инфильтрации воздуха, перенос тепла, экономайзерный эффект, минимизация тепловых потерь

В подавляющем большинстве многоэтажных зданий старой застройки одной из основных проблем является необходимость обеспечения комфортного микроклимата помещений при установке герметичных стеклопакетов, высоком сопротивлении воздухопроницанию конструкций наружных стен и плохой работе системы естественной вентиляции.

Поэтому актуальным является поиск архитектурно–конструктивного решения наружных ограждений, позволяющего увеличить объёмы приточного вентиляционного воздуха и снизить затраты энергии на его подогрев в холодное время года.

В работе предложено инновационное решение по регулированию процесса тепломассопереноса, в частности воздухопроницания через наружное ограждение, позволяющее создать так называемый «экономайзер» для подогрева воздуха в конструкции наружной стены.

На основании проведенных исследований экономайзерного эффекта, возникающего в наружных стенах, разработана его математическая модель, позволяющая дать оценку экономии тепловой энергии в помещении за счет уменьшения объема холодного приточного воздуха и количества тепла на его подогрев.

В соответствии с концептуальными основами создания "здорового" и энергоэффективного здания ("healthy" and energy effiency building) необходимо располагать экологически чистыми и эффективными по теплотехническим свойствам строительными материалами. В последние годы ученым–материаловедам удалось значительно понизить плотность некоторых экологически чистых неорганических материалов (пенокерамобетоны, газо– и пенобетоны и др.), что позволило рассматривать их как энергоэффективные материалы.

При инфильтрации наружного воздуха с поверхности однородных ограждений из этих материалов в воздушную среду помещений не выделяются вредные для здоровья продукты

распада полимерных материалов в отличие от слоистых конструкций с использованием вспученных пластмасс. Такие наружные ограждения с упорядоченной капиллярно-пористой структурой могут быть использованы как «экономайзерные» конструкции, способствующие улучшению микроклимата помещений. К тому же они обладают способностью к самоочищению от агрессивных веществ, путем выноса их в диффундирующем потоке водяного пара к наружной поверхности, а затем в атмосферу.

В современных зданиях часто отмечается воздухообмен значительно меньше нормируемого значения.

В таких условиях появляется необходимость в поисках решений, позволяющих увеличить объёмы вентиляционного воздуха за счёт регулирования его притока через капиллярно-пористую структуру наружного ограждения. Поиск такого решения и привёл к созданию модели «экономайзерного эффекта» и методики оптимизации процесса инфильтрации.

Главным преимуществом «экономайзерных» конструкций является их воздухопроницаемость, способствующая стабильному воздухообмену помещений и благоприятным экологическим параметрам внутренней среды проживания без использования специальных приточных отверстий [1].

Молярный перенос воздуха через толщу наружного ограждения к внутренней поверхности может рассматриваться как гидродинамический поток в пористых средах (с Re < 5). Он возникает при давлении наружного воздуха ($P_н$), превышающем давление внутреннего ($P_в$)

$$\Delta P = P_н - P_в \qquad (1)$$

При этом процесс инфильтрации воздуха усиливается с наветренной стороны здания, а также в нижних этажах из–за гравитационного давления за счет разности температур по высоте здания. В процессе трансмиссионного переноса теплоты из отапливаемого помещения в пористой структуре ограждающей конструкции возникает экономайзерный эффект, при котором часть трансмиссионного тепла помещения передается встречному воздушному потоку.

Расчет точной величины этого эффекта является сложной математической задачей, связанной с решением полной системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса и определением потенциалов переноса теплоты и массы.

При создании модели «экономайзерного эффекта» в процессе инфильтрации воздуха через пористое ограждение были приняты следующие допущения [2]:

1. Из-за очень медленного движения воздуха через капиллярно–пористую структуру материала температура во всех сечениях ограждения практически равна температуре воздуха.

2. В материале наружного ограждения содержится небольшое количество влаги в жидкой фазе, которое недостаточно для закупорки его пор и капилляров и которое не влияет на его воздухопроницаемость при малой разности давлений воздуха по обе стороны конструкции.

3. Не учитывается влияние на тепло–массоперенос конденсации водяного пара в процессе инфильтрации воздуха ввиду очень малого содержания пара в порах по сравнению с содержанием жидкости.

В соответствии с теорией строительной теплофизики [3] дифференциальное уравнение переноса тепла для одномерной задачи в отсутствии источников и стоков теплоты в стационарном состоянии при движении фильтрационного потока влажного воздуха имеет вид

$$\frac{d^2 t}{dx} - w \cdot c_в \cdot \frac{dt}{dx} = 0 \qquad (2)$$

где $t = A_1 \cdot \exp(c_в \cdot w/\lambda) \cdot x + A_2$

Постоянные A_1 и A_2 находятся из граничных условий:

$t = t_н$ при $R = 0$ и $t = t_в$ при $R = R_0$, где R_0 и R – соответственно общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции и то же сопротивление без учета сопротивления внутренней поверхности ограждения, м^2· °С/Вт.

Формула (2) для определения температуры внутренней поверхности $\tau_в$ и теплового потока $q_в$ на внутренней поверхности ограждения при инфильтрации с учетом граничных условий и после преобразований имеет вид

$$\tau_в = t_н + (t_в - t_н) \cdot \frac{e^{c_в \cdot w \cdot R} - 1}{e^{c_в \cdot w \cdot R_o} - 1} \qquad (3)$$

$$q_и = \frac{C_в \cdot w \cdot e^{C_в \cdot w \cdot R}}{e^{C_в \cdot w \cdot R_o} - 1} \cdot (t_в - t_н) \qquad (4)$$

Тепловой поток q_u, входящий из помещения в ограждение, является расчетным при определении теплопотерь.

В выше приведенных формулах $t_н$ и $t_в$ - наружная и внутренняя температура воздуха °С;

$C_в$– удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С;

w – расход воздуха, кг/м^2·ч.

Приближенное значение разницы давлений воздуха по обе стороны ограждения с наветренной стороны ниже нейтральной зоны здания определится по формуле [4]

$$\Delta P = -0{,}8 \cdot \left[-g(\gamma_н - \gamma_в) \cdot H - 0{,}6 \frac{(0{,}6 \cdot v)^2 \cdot \gamma_н}{2}\right], \qquad (5)$$

где H – расстояние по высоте от середины этажа до нейтральной зоны, м;

v – расчетная скорость ветра, м/с.

$\gamma_н$, $\gamma_в$ – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м^3, которые рассчитываются по формулам [5]

$$\gamma_н = 3463 / (273+t_н), \quad \gamma_в = 3463 / (273+t_в). \qquad (6)$$

В процессе вентиляции помещения на подогрев наружного холодного воздуха, компенсирующего расчетный расход воздуха $W_{вент}$, м^3/ч, удаляемого из помещения вытяжной вентиляцией, затрачивается количество тепла, равное

$$Q_{вент} = 0{,}28 \cdot w_{вент} \cdot \gamma_н \cdot (t_в - t_н) \qquad (7)$$

где для жилых зданий удельный расход воздуха нормируется в объеме 3 м^3/ч на 1 м^2 площади помещения и кухни.

Подогретый в результате экономайзерного эффекта при инфильтрации воздух в количестве $W_{инф}$, кг/м^2·ч, уменьшает как необходимое количество наружного воздуха в системе вентиляции здания на величину $\Delta W_{вент}$, кг/м^2·ч, так и количество тепла на его подогрев

$$Q_{вент} = 0{,}28 \cdot \Delta w_{вент} \cdot \gamma_н \cdot (t_в - t_н) \qquad (8)$$

Количество инфильтрующегося воздуха $w_{инф.}$, кг/м^2 ·ч, равно

$$w_{инф} = \Delta P / \Delta R_и \quad (9)$$

где ΔP – разность давлений воздуха с внешней и внутренней стороны ограждения, Па;

$\Delta R_и$ – сумма сопротивлений воздухопроницанию всех слоев ограждения, м2·ч·Па/кг.

Поступающий с внутренней поверхности ограждения воздух будет иметь температуру гораздо выше температуры приточного воздуха в системе естественной вентиляции, но ниже температуры внутреннего воздуха:

$t_н < \tau_{инф} < t_в$

Следовательно, при большом количестве инфильтрующегося воздуха через пористую структуру наружного ограждения минимизируются тепловые потери помещения, так как трансмиссионный тепловой поток через эту конструкцию в основном используется на нагрев наружного холодного воздуха. Учет такого эффекта "порового проветривания" через структуру наружной стены позволяет экономить тепловую энергию, поскольку при традиционном способе вентиляции помещений наружный воздух или забирает тепло внутренней воздушной среды, или может предварительно подогреваться в случае механической приточной системы. Для количественной оценки «экономайзерного эффекта» в процессе инфильтрации воздуха через пористое ограждение необходимо на основании разработанной математической модели провести численный эксперимент.

Список литературы

1. Лобов О.И. В защиту отечественного строительства и промышленности строительных материалов / О.И. Лобов, А.И. Ананьев, П.А. Вязовченко, А.Е. Синютин // Перепечатка из «Аналитической и информационно–справочной газеты «Строительный», №10-11/ГУП ЦНИИСК.-М.,2001.-С.41-60.

2. Береговой А.М. Эффект энергосбережения в помещении с естественной вентиляцией в условиях инфильтрации воздуха через наружную стену / А.М. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Дерина, А.В. Гречишкин / / Региональная архитектура и строительство.-2013.-№ 3.-С.140-144.

3. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики.–Минск: АН БССР.–1961.– 520 с.

4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина.– 5 изд., пересмотр.– М.: АВОК- ПРЕСС, 2006.–256 с.

5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика.– М.: Высшая школа.–1982.– 415 с.

УДК 621.577

Розель Юлия Васильевна,
Полковников Алексей Андреевич,
магистрантры гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Удовиченко Злата Викторовна
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов в настоящее время является одной из наиболее острых в энергетике. Одним из решений данной проблемы является использование альтернативных источников для получения тепловой энергии. В данной статье рассмотрено применение тепловых насосов для систем отопления и горячего водоснабжения, а также комбинированное применение теплового насоса и солнечной водонагревательной установки.

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальный источник, солнечная водонагревательная установка.

Проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов является одной из наиболее острых в энергетике. Несмотря на увеличение доли использования возобновляемых источников энергии, основным видом топлива остается органическое. В такой ситуации при современном росте потребления тепловой энергии экологическая обстановка будет значительно ухудшаться. Поэтому вопросам получения тепловой энергии с использованием альтернативных источников придается особое значение. Наибольшее развитие получила выработка теплоты при помощи тепловых насосов (ТН), которые интенсивно вытесняют традиционные источники энергии, основанные на сжигании органического топлива.

Успешному использованию ТН способствует наличие низкопотенциального источника (НПИ) тепла с достаточно высокой температурой. Разработка и производство ТН в мире достигло уже такого уровня, что становится возможным применения его в крупных городах с повышенной плотностью застройки, где нет мощных локальных источников НПИ (промышленные стоки). В этом случае может быть использована теплота канализационных систем и вентиляционных выбросов зданий.

Основное преимущество теплонасосных установок (ТНУ) состоит в том, что генерируемая ею тепловая мощность $Q_т$ в несколько раз превышает требуемую для её работы электрическую мощность $Q_с$. Отношение $Q_т/Q_с$ называют коэффициентом преобразования (КОП), который при определенных условиях может доходить до 6-7.

Экономическую эффективность работы ТН для систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) определяет такой параметр как температура воды, поступающая на нагрев в ТН. Низкая температура этой воды позволяет полезно использовать практически всю теплоту, вырабатываемую в ТН при его работе только в системе ГВС. Однако, потребность в тепловой энергии для отопления превышает потребность для нужд ГВС. Осуществление работы ТН в системе отопления с такой же эффективностью, как и в системе ГВС, представляет собой трудноразрешимую задачу, т.к. работа ТН в системе отопления не может происходить с полным использованием теплоты жидкого рабочего тела (ЖРТ). Это связано с величиной начальной температуры воды, подаваемой на нагрев в ТН.

В системе отопления на нагрев в ТН поступает обратная сетевая вода из радиаторов или конвекторов, которая имеет достаточно высокую температуру (40-70°С). Естественно, ЖРТ, нагревающий эту обратную сетевую воду, не может быть охлажден ниже 45-75°С. С этой температурой он поступает на дросселирование, где его теплота расходуется на самовскипание части ЖРТ и полезно не используется. В итоге в испаритель поступает не жидкость, а парожидкостная смесь. Поэтому работа ТН в системе отопления с полным полезным использованием выработанной в ТН теплоты невозможна. Следовательно, в системе отопления ТН может работать только в режимах частичного использования теплоты жидкого хладоагента. Показатели его работы (прежде всего КОП) в этих условиях становятся ниже, чем в режиме ГВС. Помимо этого, в данных условиях ТН может работать с положительной экономической эффективностью только при температуре конденсации $t_{кон}$=60...65°С. При такой температуре горячей воды, подаваемой на отопление, ТН может, работая в автономном режиме, обеспечить качественное отопление помещений при температуре наружного воздуха не ниже $t_н$= -7^{0}С [1].

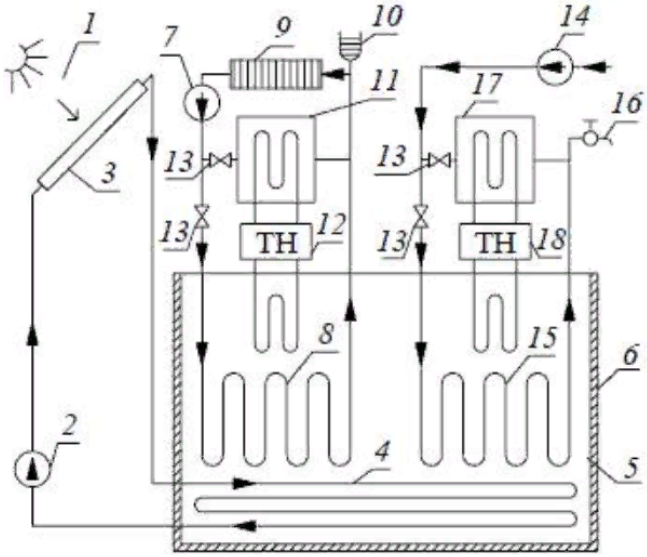
При понижении температуры наружного воздуха ниже -7°С завершается период автономной работы ТН, т.к. далее для приборов отопления потребуется вода с более высокой температурой, чем может обеспечить ТН, сохраняя положительную экономическую эффективность. При этом себестоимость единицы производимой теплоты теплонасосной установкой при более низких температурах наружного воздуха будет выше себестоимости единицы произведенной теплоты, получаемой при сжигании органического топлива. То есть, традиционное отопление, по сравнению с теплонасосным, будет в этом случае более дешевым и экономически выгодным для потребителя [2].

Перспективным решением сложившейся проблемы является комбинированное применение теплового насоса и солнечной водонагревательной установки (СВНУ), которая преобразует солнечное излучение в тепло, которое можно использовать для нагрева воды в системе отопления или ГВС. При подключении к СВНУ теплового насоса требуется усложнение системы теплоснабжения до трех контуров. Принципиальная схема приведена на рисунке1.

Первый контур. Охлажденная вода насосом 2 подается в коллектор солнечной энергии 3, где нагревается и направляется в теплообменник 4 водяного бака-аккумулятора 5,в котором охлаждается и вновь возвращается в КСЭ.

Второй контур (система отопления). Охлажденная вода после радиаторов циркуляционным насосом 7 прокачивается через теплоприемник 8, установленный в баке-аккумуляторе, где нагревается и затем идет в радиаторы 9 системы отопления. При недостатке солнечной энергии (пасмурные дни, ночное время) вода после радиаторов прокачивается через промежуточный бак 11, где нагревается, и возвращается в радиаторы. Переключение движения воды производится закрытием или открытием вентиля 13. Нагрев воды в промежуточном баке 11 осуществляется в этом случае с помощью теплового насоса 12, который использует воду бака-аккумулятора как низкопотенциальную энергию.

Третий контур (система ГВС). Вода из водопровода насосом 14 подается в теплоприемник 15, где нагревается и идет в кран 16 на горячее водоснабжение. В случае недостатка солнечной энергии включается тепловой насос 18, который нагревает воду в промежуточном баке 17 за счет энергии воды бака-аккумулятора 5. В этом случае вода из водопровода проходит через промежуточный бак 17, нагревается и идет в кран горячей воды 16 [3].



1 − энергия Солнца; 2 − насос; 3 − коллектор солнечной энергии (КСЭ);
4 − теплообменник; 5 − бак-аккумулятор; 6 − теплоизоляция; 7 − насос системы отопления;
8,15 − теплоприемники; 9 − радиатор; 10 − воздухосборник; 11,17 − промежуточный бак;
12,18 − тепловой насос; 13 − вентили; 14 − насос горячего водоснабжения; 16 − кран ГВ.

Рисунок 1 - Принципиальная схема солнечной водонагревательной установки и системы теплоснабжения с тепловым насосом

Комбинированное применение ТН и СВНУ позволяет решить несколько важных задач:

− ТН обеспечивает сезонную аккумуляцию теплоты от СВНУ в летний период при пониженном теплопотреблении для использования накопленной теплоты в зимний период при максимальных тепловых нагрузках;

− ТН отводит в тепловой аккумулятор излишки теплоты, вырабатываемой солнечными коллекторами СВНУ в течение солнечного дня, что позволяет выровнять график энергопотребления при его временном сдвиге относительно графика энергетического производства в течение суток;

− ТН реверсирует потребляемую системой теплоснабжения от СВНУ теплоту, повышая коэффициент ее использования до максимально возможного уровня;

− ТН трансформирует теплоту от НПИ, дублируя СВНУ при отсутствии солнечного излучения или недостаточной производительности солнечных коллекторов [4].

На сегодняшний день обострение взаимосвязанных энергетических и экологических проблем (дефицит энергоносителей, проблема глобального потепления) обусловило принципиально новое значение альтернативной энергетики, выводя ее из ряда перспективных направлений в ряд первоочередных жизненно важных задач.

Комбинирующие системы, интегрирующие возможности альтернативных и традиционных источников тепла, в частности, низкопотенциальных источников, могут включать гелиосистемы, тепловые насосы, сезонные теплоаккумулирующие емкости и др., взаимно дополняя друг друга, особенно в условиях круглогодичной эксплуатации и решения комплексных задач теплоснабжения.

Список литературы

1. Петин Ю.М. Новое поколение тепловых насосов для целей теплоснабжения и эффективность их использования в России. Перспективы энергетики / Ю.М. Петин // Новосибирск: Энергия, 2004. − 175 с.

2. Захаренко С.О. Разработка и расчет теплового насоса для нужд теплоснабжения промышленного объекта / С.О. Захаренко // Тюменский индустриальный университет. − Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2017. − 34 с.

3. Гелиоустановки с тепловым насосом (Электронный ресурс). Режим доступа: https://infopedia.su/15x2e3e.html

4. Слесаренко В.В. Особенности применения гелиоустановок с тепловыми насосами/ В.В. Слесаренко, Г.А. Богданович, В.А. Жуков, И.Б. Слесаренко // Энергосбережение и водоподготовка, 2011. − №5. − т.73. − С. 24−28.

5. Котов Н.А. Комбинированное использование тепловых насосов и солнечных коллекторов / Н.А. Котов, С.К. Марков, А.А. Дуранов // Энергосбережение, 2015. − №5. − С. 56−60.

УДК 621.573

Онуфриевич Денис Николаевич,
Заикин Анатолий Алексеевич,
магистранты гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Удовиченко Злата Викторовна,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ПОТОКА ГАЗА ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГРП И ГРС

В статье рассмотрен актуальный вопрос использования потенциальной энергии газа при редуцировании его давления перед горелками газовых котлов, на ГРС и ГРП. Описан принцип действия вихревой трубы, позволяющей получить одновременно тепло и холод для дальнейшего их использования в технологическом процессе. Рассмотрена конструкция вихревой трубы и возникающий в ней вихревой эффект, или эффект Ранка-Хилша, проявляющийся в закрученном потоке. Приведены схемы энергосберегающих технологий с использование эффекта Ранка-Хилша.

Ключевые слова: природный газ, энергия движения газа, вихревая труба, эффект Ранка-Хилша, ГРС, ГРП, горелка котлоагрегата.

Постоянные непредсказуемые колебания цен на мировом рынке энергоносителей привело современное общество к пониманию необходимости максимального использования эксэргии ископаемого топлива. Полнота такого использования определяется, среди прочего, величиной потерь на всех стадиях производства и транспортировки. Примерами процессов, которые отличаются возможностью использования энергии, которая при нынешней технологии расходуется впустую, являются редуцирование давления природного газа перед горелками газовых котлов и на ГРС в системах газоснабжения. Таким образом, высокий потенциал давления, который обеспечивается на газокомпрессорных станциях, теряется бесполезно. Полезно использовать его можно для получения холода с помощью вихревой трубы [1,2].

Принцип действия вихревой трубы и эффект Ранка-Хилша широко известны [3]. Основные преимущества вихревых установок: большая холодопроизводительность по сравнению с дросселированием, возможность охлаждения газов и газовых смесей независимо от знака интегрального дроссель-эффекта, конструктивная простота, компактность, безопасность и надежность в промышленной эксплуатации, возможность работы на агрессивных и взрывоопасных газах содержащих жидкие и твердые включения, автоматическое регулирование в широком диапазоне расхода газа (20–100 %) с относительно небольшим изменением температурного режима, высокий ресурс работы за счёт отсутствия движущихся деталей, низкие капитальные затраты.

Вихревой эффект, или эффект Ранка, проявляется в закрученном потоке газа и реализуется в очень простом устройстве, называемой трубой Ранка–Хилша (Рисунок 1).

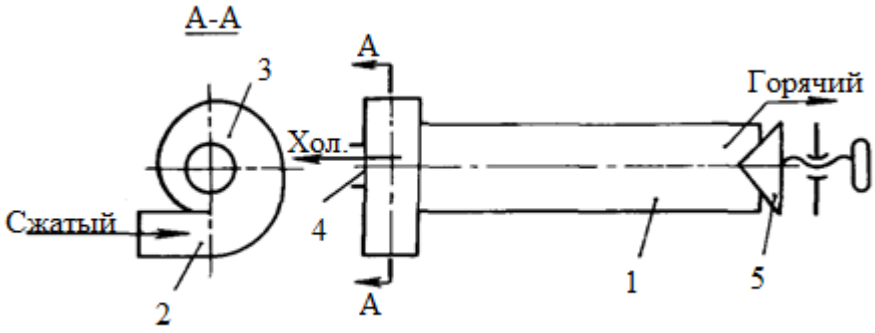


Рисунок 1 - Вихревая труба Ранка-Хилша

Вихревая труба представляет собой гладкую цилиндрическую трубу 1, снабженную тангенциальным соплом 2, улиткой 3, диафрагмой 4 с осевым отверстием и дросселем 5.

При протекании газа через сопло образуется интенсивный тангенциальный поток, приосевые слои которого заметно охлаждаются и отводятся через отверстие диафрагмы в виде холодного потока, а периферийные слои подогреваются и вытекают через дроссель в виде горячего потока.

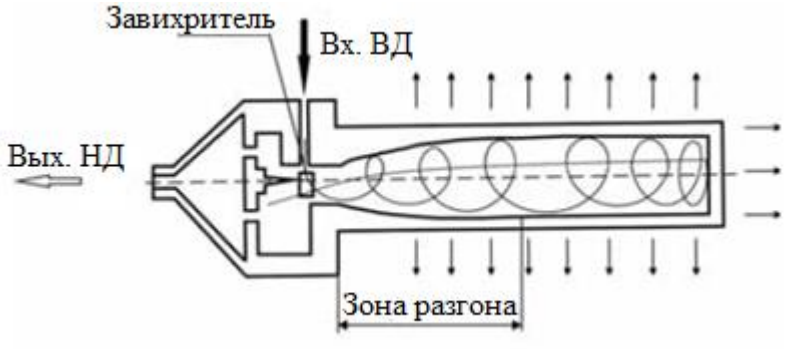


Рисунок 2 - Принципиальная схема теплогенератора

Удельная холодопроизводительность для различных вихревых труб варьируется от 8 кДж/кг при доле холодного потока 20% до 30 кДж/кг при доле холодного потока 80–100% (в охлаждаемых трубах).

Итак, в газоснабжении возможна реализация следующих энергосберегающих технологий с использованием эффекта Ранка-Хилша [4,5]:

- одновременное получение тепла и холода на ГРС и ГРП (на уровне от –10 до – 30°С) для продуктовых холодильных камер и других (Рисунок 3);
- подогрев природного газа на ГРС и в котлоагрегатах вместо огневого подогревателя с одновременным получением холода (Рисунок 4).

В первом случае (Рисунок 3) входной поток газа при необходимости получения тепла и/или холода подается в обход ГРП и разделяется в вихревой трубе 1 на горячий Г и холодный Х потоки, и каждый поток проходит отдельный теплообменный аппарат 2, 3. Холодный поток охлаждает хладагент ХА, а горячий – нагревает теплоноситель ТН, тепло которого будет использовано в производственном процессе предприятия – владельца ГРП. После теплообменных аппаратов потоки газа смешиваются и поступают к потребителю.

Рассмотрим схему использования вихревой трубы во втором случае (Рисунок 4). Если температура газа недостаточна для обеспечения заданного температурного режима, возможно использование вихревой трубы для разделения потока газа на горячий, который идет потребителю, и холодный, который будет использован для получения холода. Стоит отметить, что поток, идущий на получение холода (холодный) будет намного меньше потока,

идущего потребителю (горячий), следовательно, понижение температуры будет максимально возможным.

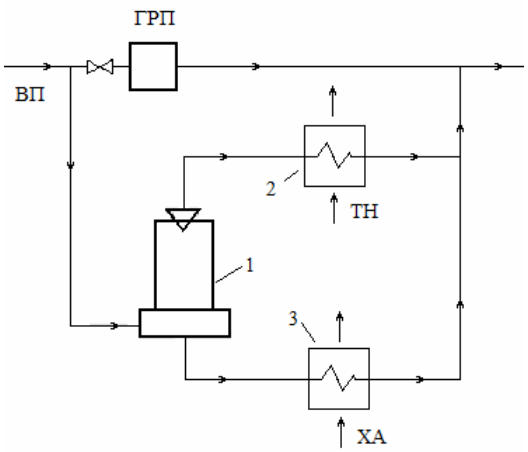


Рисунок 3 - Получение тепла и холода на ГРС и ГРП

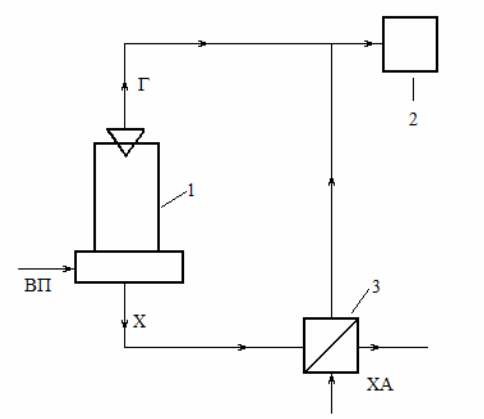


Рисунок 4 - Подогрев природного газа с одновременным получением холода

Природный газ (входной поток – ВП) давлением примерно 1 МПа по трубопроводу поступает в вихревую трубу 1, где разделяется на горячий Г и холодный Х потоки. Горячий поток поступает на газовые горелки котла 2, будучи нагретым до нужной температуры. Холодный поток направляется в теплообменный аппарат 3, где газ, нагреваясь, получает тепло от хладагента ХА, охлаждая его. Если процесс теплообмена холодного потока с хладагентом организовать таким образом, чтобы поток приобрел после него достаточно высокую температуру, газ можно направить в горелки, предварительно смешав его с горячим потоком.

Таким образом, потенциальная энергия потока газа, теряющаяся при дросселировании в обычном технологическом процессе, полезно используется для получения холода и тепла (или предварительного подогрева газа перед горелками котлоагрегата) с помощью вихревой трубы.

Список литературы

1. Фокин, Г.А. Разработка и создание автономных энергетических установок малой мощности с расширительной турбиной // Газотурбинные технологии. – №1. – 2010. – С. 10.
2. Карасевич, В.А. Перспективы применения автономных источников энергии при транспортировке и распределении газа / В.А. Карасевич, А.С. Черных, А.А. Яковлев // Научный журнал российского газового общества. – №1. – 2016. – С. 59-61.
3. Бирюк, В.В. Применение вихревого эффекта энергетического разделения газов / В.В. Бирюк, В.К. Васильев, Д.А. Угланов и др. // Новые исследования в разработке техники и технологий. – №1. – 2017. – С. 22-31.
4. Белоусов, А.Е. Утилизация энергии сжатого природного газа на малых пунктах редуцирования единой газотранспортной системы / А.Е. Белоусов, Г.Х. Самигуллин // Проблемы недропользования – 2017: сб. трудов Международного форума-конкурса молодых учёных (19-21 апреля 2017г.). Часть II – СПб: Санкт-Петербургский горный университет, 2017. – С.230-233.
5. Аксенов, Д.Т. Использование энергохолодильных комплексов в целях энергосбережения / Д.Т. Аксенов, А.Н. Герцен // Промышленная энергетика. 2004. № 2.

УДК 66.045.53

Кравчук Кирилл Алексеевич,
магистрант каф. ВВ и ОВР;
Рожков Виталий Сергеевич,
к.т.н., доцент каф. ВВ и ОВР;
Сова Андрей Федорович,
главный инженер ООО «Промстройремонт»,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БАШЕННОЙ ГРАДИРНИ №2 ЗУЕВСКОЙ ТЭС

В данной статье рассмотрено повышение охлаждения оборотной воды на градирне №2 филиала “Зуевской ТЭС”. Изучив виды охлаждения, выявлены недостатки и достоинства каждого типа элемента. Для выявления проблемы низкокачественного эффекта охлаждающей способности в градирне было проведено обследование. На основании чего был подобран оптимальный тип устройства, для более качественного охлаждения оборотной воды.

Ключевые слова: ТЭС, ороситель, градирня, охлаждающая способность, оборотная вода.

Как известно на территории тепловой электростанции потребляется большое количество воды. Основным элементом водопотребления является паровые турбины, которые с помощью пара приводят в действие движения ротора генератора, вследствие чего механическая энергия превращается в электрическую. Данный процесс должен происходит непрерывно, поэтому необходимо обеспечить систему охлаждения воды. Наиболее эффективной системой охлаждения для данного предприятия является исключительно оборотное водоснабжение.

Для охлаждения большого объема циркуляционной воды рекомендуется применять башенные градирни с противоточным движением воды и воздуха. Поскольку такая схема охлаждения в системе оборотного водоснабжения является более эффективной. Специальной конструкции башня градирни создает естественную тягу за счет того, что происходит разность удельного веса воздуха, который поступает в градирню, и нагретого воздуха, выходящего из градирни, вследствие чего и приводит к охлаждению воды. Но для эффективного охлаждение возвести конструктивную башню будет недостаточно, также необходимо профессионально подойти к вопросу по подобру внутренних элементов градирни, такие как оросительные и прочие конструктивные устройства. Ороситель является наиболее важным элементом, от него зависит эффективность работы градирни, его задача заключается в обеспечении максимального контакта воды с воздухом, за счет чего и происходит тепломассообмен. В свою очередь оросительные устройства по способу образования поверхности подразделяются на капельные, пленочные, капельно-пленочные. Также следует учитывать, что ороситель должен обеспечивать проход воздуха через градирню с наименьшим гидравлическим сопротивлением.

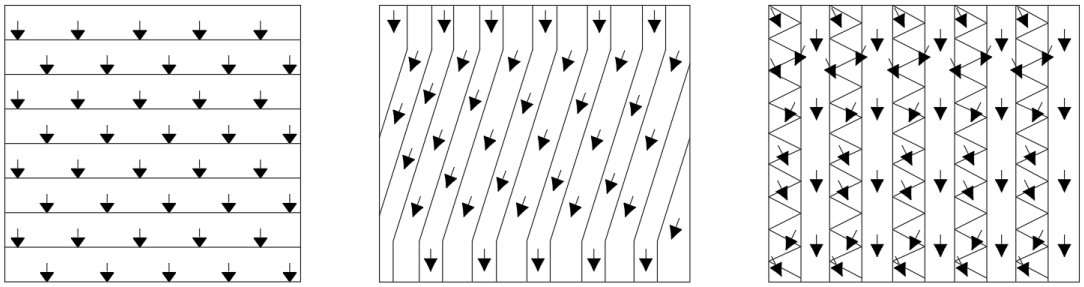
Капельные оросительные устройства выполняются в виде горизонтальных брусков прямоугольного сечения, которые размещаются в шахматном, каскадном или коридорном порядке, в несколько рядов. Схема капельного оросителя представлена на рис. 1 (а). При распылении воды форсунками, капли опускаются с одного бруска на другой, при этом соприкасаясь с воздухом, вода охлаждается.

Представленный тип оросителя менее подвергается обрастанию в ходе работы, за счет его разряженной структуры. Недостатком данного оросителя является низкий эффект охлаждающей способности.

Пленочные оросители представляют собой щиты, которые выполняются из асбестоцементных листов, деревянных брусков и полимерных материалов, толщина такого щита составляет 8-13 мм, ширина до 100 мм [1]. Данные листы могут устанавливаться вертикально или с небольшим уклоном. Схема движения воды представлена на рис. 1 (б). Пленочный ороситель обладает лучшими техническими и экономическими признаками, за счет того, что обладают наибольшей поверхностью охлаждения и наименьшем аэродинамическим сопротивлением. На поверхности оросителя создается водная пленка нагретой воды, стекая, пленка воды соприкасается с воздухом и охлаждается. Недостатком оросителя является что дополнительно вода на капли не разбивается и внутри блока не происходит размешивания потока воды.

Также данный тип чувствительный к содержанию примесей, при обрастании каналов заметно снижается эффективность работы градирни.

Капельно-пленочные оросители несущественно уступают прошлому типу оросителя по площади поверхности. При этом обладают дополнительным дроблением воды на капли, за счет этого появляется возможность добиться дополнительного охлаждения, за счет испарения с их поверхности. Капельно-пленочные оросители имеют сетчатую структуру, схема распределения воды представлена на рис. 1 (в). Такая система содействует непрерывному смешиванию потоков из разных каналов, тем самым повышая интенсивность процессов. При такой структуре блока оболочка становится менее чувствительным к обрастаниям, поэтому в "грязных" оборотных циклах рекомендуется применять капельно-пленочный ороситель.



а – капельный; б – пленочный; в – капельно-пленочный

Рисунок 1 – Схема распределения воды в оросителе

В качестве повышения эффективности охлаждения оборотной воды путем усовершенствования оросительной системы башенной градирни была взята структурная единица Зуевская ТЭС.

Целями работы являются: выбор наиболее оптимального технического решения по восстановлению эффективной работы градирни № 2 «Зуевская ТЭС».

Задачи работы:

Провести испытания охлаждающего устройства в соответствии с СО 34.22.303-2005 «Методика проведения натурных гидротермических и аэродинамических испытаний градирен испарительного типа» [2].

В градирне уложен полимерный сетчатый ороситель типа NC-20 производства фирмы HEWITECH (Германия), выполненный из полипропилена в виде блоков размером которого составляют 910х600х450 мм. Практически по всей площади градирни ороситель уложен в два яруса общей высотой 0,9 м, в центре – в один слой, а по периферии градирни установлен третий ярус. По проекту предусмотрена укладка оросителя в два яруса общей высотой 0,9 м, а на периферии градирни в три яруса общей высотой 1,35 м. По периферии градирни, выполнена установка третьего яруса блоков, общей площадью 867 м^2. Для установления полимерного оросителя проектом предусмотрена специальная балконная клетка из швеллера.

В места примыкания блоков оросителя к колоннам предусматривается вырезания по месту части оросителя, чтобы достичь максимальной плотности прилегания оросителя к колоне. Для предотвращения разрушения целостности блоков была вертикальная уплотняющая полимерная пленку, в процессе эксплуатация пленка была разрушена.

Согласно данным при расходе 72 000 м3/ч и соответствующих г. Донецку метеорологических условиях охлаждающая способность должна составлять 9 °С. В практике проектирования градирен охлаждающее устройство подбирается таким образом, чтобы охлаждающая способность башенных испарительных градирен была 10 – 12 °С. Однако через некоторое время после начала эксплуатации башенной градирни №2 после капитального ремонта было установлено, существенно повысилось аэродинамическое сопротивления и снизилась охлаждающая способность градирни.

Согласно результатам эксплуатационных испытаний, охлаждающая способность градирни по факту составляет 5,5 °С, что говорит о низкой эффективности охлаждающего устройства.

Основной причиной низкой эффективности охлаждающего устройства БГ № 2 является «зарастание» оросителя карбонатными и сульфатными отложениями, которые образовались непосредственно в оросителе. Наиболее «заросшими» является нижний слой оросителя ближе к периферии. Отложения твердые, прочно сцепленные с материалом (полипропилен) оросителя. Сужение каналов оросителя составляет в среднем до 5 – 10 мм. Химическим способом отложения полностью не удаляются. Механической очисткой также не удается удалить отложения, причем при этом повреждается целостность оросителя. Фотография заросших блоков оросителя представлена на рисунке 2.

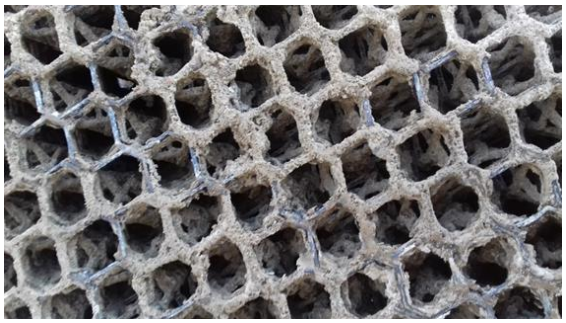


Рисунок 2 – Фотография фрагмента оросителя

Кроме того, имеют место неплотности в укладке блоков оросителя, фрагмент представлен на рис. 3, что также снижает эффективность охлаждения воды.

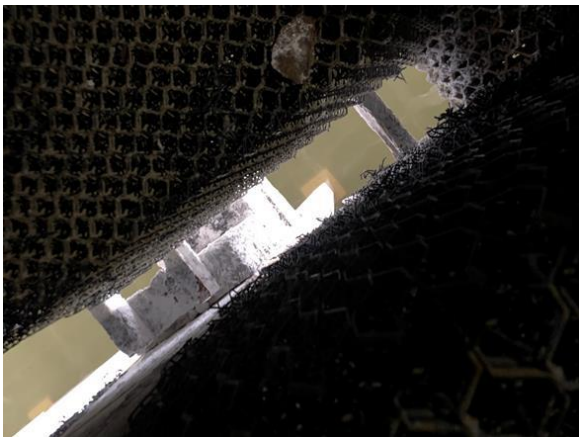


Рисунок 3 – Фотография неплотности укладки блоков оросителя

Исходя из исследования можно сделать вывод:

1. Ороситель в текущем состоянии характеризуется крайне низкой охлаждающей способностью;

2. Основной причиной низкой эффективности охлаждающего устройства башенной градирни № 2 является зарастание оросителя карбонатными и сульфатными отложениями;

3. Ороситель имеет неплотности в укладке блоков, что также приводит к недоохлаждению воды.

Для повышения охлаждающей способности градирни решено предусмотреть установление в градирне № 2 капельно-пленочного оросителя типа БОРЭ.

По результатам проведения лабораторных испытаний оросительного устройства показали, что коэффициент аэродинамического сопротивления составляет ($\zeta_{ор}$ = 18,2), коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние плотности орошения на аэродинамическое сопротивление оросителя ($K_{ор}$ = 0,282), показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массотдачи от изменения массовой скорости воздуха в оросителе (m = 0,54), эмпирический коэффициент, характеризующий влияние конструктивных особенностей оросителя на его охлаждающую способность (A = 1,41) [3,4].

Основные геометрические размеры одного блока: 1200х450х450мм. По всей площади градирни ороситель укладывается в два яруса (перпендикулярно друг другу) общей высотой 0,75 м (2х0,450 м). По периферии градирни укладывается третий ярус, общая высота блоков составляет 1.350 м (3х0,450м). Для установления оросителя проектом предусматривается специальная балконная клетка из швеллера.

Также проектом предусматривается установление полимерного сетчатого оросителя типа NC-20 производства фирмы HEWITECH (Германия) в центре градирни, площадь которого составляет 1365 м^2. Основные геометрические размеры одного блока типа NC-20: 910х 600х450 мм, ороситель устанавливается в два яруса общего высотой 0,9 м (2х0,45 м).

. Для более повышенной надежности установлена вертикальный уплотняющий брезент (ширина брезента 1,5 м) крепится к оболочке градирни на относительной отметке, ороситель соответственно опирается на кольцевую балку и становится вплотную к вертикально расположенному брезенту.

В места примыкания блоков оросителя к колоннам и достижения максимальной плотности прилегания блоков к вертикально расположенному брезенту предусматривается вырезания по месту части оросителя, чтобы достичь максимальной плотности прилегания оросителя к колоне.

Исходя из выше написанного можно сделать вывод что для повышения эффективности охлаждения оборотной воды необходимо заменить оросительную систему на новый блок типа БОРЭ, так как он имеет ряд преимуществ: позволяет увеличить интенсивность процесса массобмена в оросительном устройстве и понизить температуру охлажденной воды на несколько градусов, уменьшится аэродинамическое сопротивление при рекомендованной укладки блоков. Также при правильной эксплуатации градирни достигается снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Список литературы

1. Пономаренко, В.С. Градирни промиышленных и энергетических предприятий // В.С. Пономаренко, Ю.И. Аренфьев. М.: Энергоатомиздат, 1998. 376 с.

2. СО 34.22.303-2005 «Методика проведения натурных гидротермических и аэродинамических испытаний градирен испарительного типа» // ЦТПИиТО ОРГРЭС, Москва, 2005.

3. Научный журнал «Электрические станции», № 11, 1996 г.. Статья: «Технологическое оборудование градирен», Доктор технических наук Пономаренко В.С., ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО.

4. Научный журнал «Энергетика и электрификация», №8, 2004 г. Статья «Эфективность работы полимерных водоохлаждающих устройств градирен», А.В. Кикиш, ОАО по пуску, наладке и усовершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей «ЛьвовОРГРЭС».

УДК 697.1

Ференчак Максим Васильевич,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ;
Демина Леся Петровна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Выборнов Дмитрий Владимирович,
к.т.н, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Энергопотребление здания представляет собой сложную функцию огромного числа взаимосвязанных процессов. Некоторые из эти процессы зависят от погоды, другие строго запланированы, и некоторые совершенно случайны. Для проектирования энергоэффективного здания оценка этих факторов необходима для принятия инженерных решений. На сегодняшний день наиболее точным способом выполнения этих аналитических исследований является компьютерная симуляцией здания, его размещения, работа систем и их компонентов. В этой статье обсуждаются методы расширения областей полезного применения этого компьютерного моделирования на протяжении всего процесса проектирования.

Ключевые слова: Building Information Model (BIM), Building Energy Model (BEM), энергоэффективность, энергопотребление, программное обеспечение.

Широкомасштабное распространение инструментов информационного моделирования зданий, Building Information Modeling (BIM) привело к огромной эволюции этих цифровых методов проектирования [1]. Сегодня данное программное обеспечение (ПО) включает несколько функций, позволяющих выполнять многочисленные аналитические исследования (например, структурные, энергетические, метрико-оценочные и т. д.) на одной виртуальной модели здания. В частности, некоторые аспекты, например, энергетические можно реализовать с помощью системы мониторинга, подключенной к BIM. Отдельные авторы [2] предлагают применение информационного моделирования зданий для создания «Система поддержки управления энергопотреблением на основе BIM» (BIM-EMSS) в рамках помощи отдельным факультетам вузов в их задачах по энергоменеджменту. Они установили датчики нахождения людей в помещениях и дополнительное оборудование, такое как дополнительные счетчики электроэнергии и тепловые счетчики, которые постоянно регистрируют потребление и строят BIM-модели всех помещений в рамках отдельных отделов. Необходимые параметры исследования, базы данных, система управления энергопотреблением здания – все это регулируется менеджером проекта, который имеет доступ к различным функциям управления энергопотреблением и инструментам моделирования энергопотребления.

Другими авторами [3, 4] был представлен прототип базовой линии энергопотребления на основе BIM с мониторингом мощности в реальном времени (RTPM).

Моделирования зданий также может быть использовано для давно эксплуатируемых частных сооружений. Когда целью не является мониторинг в реальном времени и нет существующего здания или возможности установки датчиков и другого оборудования, используются средства имитации энергопотребления с подключением их к BIM. Хотя программное обеспечение BIM технологически развито и имеет ресурс больше

человеческого, все же требуются профессионалы для контроля за работой различных приложений, функций моделирования энергопотребления и т.д. Некоторые исследователи пропагандируют тему «зеленого мониторинга», который позволяет реализовывать проект на вирутальной модели [5].

Действительно, для оптимизации конструкции с точки зрения энергоэффективности может быть полезно, чтобы этап энергетического моделирования выполнялся одновременно с разработкой проекта [6], и на основе его промежуточных расчетов результатов делался выбор в пользу того или иного проектного решения, а значит, постоянно выполнялась модификация проекта до тех пор, пока цели по требуемому классу энергоэффективности не будут достигнуты [7]. Для этого часто приходится строить другую цифровую модель, называемую Building Energy Model (BEM) со всей информацией, необходимой для энергетического моделирования (наполняемость комнат, расчет тепловых мостиков, анализ на основе почасовых климатических данных и др.) [8].

Основная проблема заключается в отсутствии двунаправленного взаимодействия между двумя моделями. Кроме того, одна из основных проблемы – это передача данных. По этой причине BIM для моделирования энергопотребления часто используется только для первичного этапа проектирования [9]. Целью должна быть работа с уникальной моделью [10]. В конце десятилетия многие исследователи представили материалы по применению BIM в энергетическом анализе и моделировании [11], а также предлагаемые решения для взаимодействия между BIM и средств моделирования [12]. Некоторые из них разработали инструменты для интеграции BIM. Отдельные авторы оценили возможность интеграции метамодели прогнозирования тепловой нагрузки в здание информационные модели для облегчения процесса обмена данными. Для этого они разработали инструмент для проверки жизнеспособности этой интеграции с использованием программного обеспечения, и он был предоставлен на проверочные тесты. Также было разработано расширение для программы «OpenStudio», способное трансформировать создание информационных моделей, представленных в файлах Industry Foundation Classes (IFC), в построение моделей энергетического анализа в формате данных «OpenStudio».

Также некоторые исследователи разработали и представили новый инструмент под названием ABEMAT (Automated Building Energy Modelling and Assessment Tool – автоматическое моделирование энергопотребления зданий и инструмент оценки), способный сделать моделирование энергопотребления здания с использованием BIM автоматическим и для получения структурированных выходных данных. Данный продукт позволяет получить файл и предоставляет пользователям сумму теплопередачи через каждый элемент ограждающих конструкций.

Следовательно, чрезвычайно актуальным является исследование новой методологии комплексного энергетического моделирования. Данный проект может быть реализован в среде BIM с помощью ПО Graphisoft BIM Archicad и подключаемого модуля для моделирования прироста энергии EcoDesigner STAR. Данное ПО было отобрано после тщательного изучения правил энергетического анализа, экспертизы эксплуатационного потенциала различного программного обеспечение на рынке и исследований, проводимых широким научным сообществом, которое заинтересовано в различных вопросах, связанных с взаимодействием между конструктивом зданий и энергетическим анализом. Самое большое преимущество, полученное в результате использования ArchiCAD в связке с EcoDesigner STAR, заключается в преодолении одной из основных проблем в этой области, а именно переход от BIM к BEM.

Программное обеспечение для моделирования позволяет построить модель BIM в соответствии с сертифицированными инструменты. Плагины позволяют интерпретировать его в BEM практически мгновенно, когда проектировщик строит BIM с целью проведения

энергетического анализа. Еще одним преимуществом этого инструмента является возможность сравнения двух или более вариантов одного и того же здания, как на ранних стадиях проекта, так и на финальных стадиях. Это позволит выбрать лучшее решение в соответствии с потребностями. Кроме того, выходные данные выглядят удобными для пользователя. Это важный аспект для проектировщика, который может знать преимущества и недостатки выбора проектных решений практически сразу.

Однако, в данных приложениях имеются и некоторые критичные моменты и недостатки. Основным минусом является плохая персонализация данных, касающихся систем отопления. Тот тип данных, который могут быть установлены, ограничен и присущ фундаментальным характеристикам системы, такие как номинальная мощность, терморегуляция, номинальная мощность и COP/EER. Невозможно указать энергоэффектиность и ввести отопительный период с их техническими характеристиками. Кроме того, невозможно установить коэффициент сопротивления паропроницаемости материала, эффективность и эмиссия систем.

Эти недостатки можно использовать в качестве отправной точки для дальнейших улучшений инструментов компьютерного моделирования. Возможность задания коэффициента сопротивления паропроницаемости материала позволит реализовать расчет возможной поверхностной конденсации и конденсации в слое ограждения. Что касается более точного анализа, ПО можно было бы улучшить, предоставив возможность установить характеристики эффективности и типа источника теплоты и системы выбросов, а также детализировать параметры, которые должны быть внесены в отношении номинальной производительности, терморегуляции и COP/EER. Кроме того, следовало бы добавить данные по характеристике системы освещения и электроснабжения.

Список литературы

8. Wong J. H., Rashidi A., Arashpour M. Evaluating the impact of building information modeling on the labor productivity of construction projects in Malaysia //Buildings. – 2020. – Т. 10. – №. 4. – С. 66.

9. Tu K. J., Vernatha D. Application of Building Information Modeling in energy management of individual departments occupying university facilities //International Journal of Architectural and Environmental Engineering. – 2016. – Т. 10. – №. 2. – С. 225-231.

10. Alahmad M. et al. Real time power monitoring & integration with BIM //IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE, 2010. – С. 2454-2458.

11. Woo J. H., Diggelman C., Abushakra B. BIM-based energy monitoring with XML parsing engine //Proceeding of the 28th ISARC, Seoul, Korea. – 2011. – С. 544-545.

12. Maltese S. et al. Sustainability assessment through green BIM for environmental, social and economic efficiency //Procedia engineering. – 2017. – Т. 180. – С. 520-530.

13. Shin M., Haberl J. S. Thermal zoning for building HVAC design and energy simulation: A literature review //Energy and Buildings. – 2019. – Т. 203. – С. 109429.

14. Waibel C., Evins R., Carmeliet J. Co-simulation and optimization of building geometry and multi-energy systems: Interdependencies in energy supply, energy demand and solar potentials //Applied Energy. – 2019. – Т. 242. – С. 1661-1682.

15. Liu S., Ning X. A two-stage building information modeling based building design method to improve lighting environment and increase energy efficiency //Applied Sciences. – 2019. – Т. 9. – №. 19. – С. 4076.

16. Jeong W. S., Yan W., Lee C. J. Thermal Performance Visualization Using Object−Oriented Physical and Building Information Modeling //Applied Sciences. – 2020. – Т. 10. – №. 17. – С. 5888.

17. Clarke J. A., Hensen J. L. M. Integrated building performance simulation: Progress, prospects and requirements //Building and Environment. – 2015. – Т. 91. – С. 294-306.

18. Clarke J. Energy simulation in building design. – Routledge, 2007.

19. Sikos L., Klemeš J. Reliability, availability and maintenance optimisation of heat exchanger networks //Applied Thermal Engineering. – 2010. – Т. 30. – №. 1. – С. 63-69.

УДК 697.31

Соловьев Максим Артемович,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ;
Зозуля Тамара Валерьевна,
магистрант гр.ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Выборнов Дмитрий Владимирович,
к.т.н, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В настоящее время потенциал развития традиционных систем теплоснабжения в части увеличения теплопередачи практически исчерпан. Замена кожухотрубных водоподогревателей на пластинчатые была существенным шагом на пути увеличения турбулизации потока теплоносителя, а, следовательно, увеличении теплопередачи. С одной стороны, это позволило увеличить коэффициент теплопередачи, а с другой - возросла склонность к зарастанию, образованию накипи, шлама и прочих отложений, что со временем ведет к снижению коэффициента теплопередачи и повышенным затратам на транспорт теплоносителя. Кроме того, данные обстоятельства сдерживают их применение для независимых систем теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение, котлоагрегат, импульсная подача теплоносителя, скрытая теплота конденсации, тепловые сети.

Анализ состояния традиционных систем теплоснабжения, способов повышения надежности их работы, путей интенсификации теплообмена и устройств их осуществления на сегодняшний день формирует ряд актуальных вопросов, базовыми из которых являются создание математических моделей систем теплоснабжения, их структурных элементов, гидравлической сети системы теплоснабжения и процессов теплопередачи в ней, а также реализация подачи теплоносителя, например, импульсным способом, в системе теплоснабжения [1, 2].

Одним из кардинальных путей решения вышеприведенной проблемы является перевод циркуляции теплоносителя в системе теплоснабжения из стационарного режима в импульсный. При этом можно использовать несколько эффектов. Во-первых, увеличивается коэффициент теплоотдачи движущегося потока в зависимости от частоты и амплитуды пульсаций скорости его истечения, во-вторых, происходит самоочищение теплопередающих поверхностей оборудования и, в-третьих, появляется возможность трансформации части располагаемого напора греющего теплоносителя в напор нагреваемого в случае независимого присоединения отопительных установок или для циркуляции воды в системе горячего водоснабжения [1…5].

В то же время по мнению экспертов [6, 7] применение конденсатных котлов также является перспективным направлением в отопительной сфере не только на крупных предприятиях, но и в сфере теплоснабжения жилых помещений и общественных зданий. В сельской местности бытовые конденсатные котлы подходят для отопления и горячего водоснабжения фермерских хозяйств, зданий администрации, школьных комплексов и детских садов. Проведенный анализ [8] показал достоинства и недостатки источников теплоты с конденсационными теплообменниками. Стоимость бытовых конденсатных котлов намного выше обычных традиционных котлов из-за применения кислотостойких материалов. В то же время и коэффициент полезного действия конденсационной техники выше, что приводит к уменьшению потребления топлива. Все представленные методики

оценки эффективности использования конденсатных котлов [9, 10] применимы к теплоэнергетическим объектам и крупным промышленным предприятиям, работающим с постоянной тепловой нагрузкой. Вопросы использования конденсатных котлов на объектах с изменяющейся тепловой мощностью рассмотрены не так широко.

Особенностью конденсатных котлов является наличие в них дополнительного теплообменника. Выходящие из основной части котла отработавшие дымовые газы охлаждаются в этом теплообменнике и конденсируются, а выделяющая при этом теплота расходуется на предварительный нагрев воды, поступающей из тепловой сети. Таким образом, коэффициент полезного действия котла увеличивается в среднем на 11%.

Использование конденсатных котлов для теплоснабжения жилого фонда, социальных объектов и административных зданий вызывает много споров и дискуссий. Все эксперты подчеркивают достоинства конденсационной техники: высокий КПД, длительный срок эксплуатации, экологичность по сравнению с традиционным высокотемпературным котлом. В то же время специалисты по отопительной технике обосновывают и причины того, что конденсатные котлы не находят широкого применения для нужд теплоснабжения в российских условиях. Распространение конденсатных котлов сдерживается из-за их высокой стоимости и низкотемпературного графика работы. Для эффективного применения конденсационной техники необходимо, чтобы температура воды в обратной магистрали составляла не более 55 °С, в то время как при традиционном режиме отопления теплоноситель возвращается в котельную с температурой 70 °С. При этом для северных районов низкотемпературный режим не сможет обеспечить требуемую тепловую нагрузку[8].

Однако, несмотря на указанные недостатки, специалисты в области отопительной техники единогласно утверждают, что использование конденсационных котлов является перспективным направлением в системах теплоснабжения. Так, к примеру, в странах Европейского сообщества, в системах отопления необходимо использовать только конденсационные котлы согласно директиве ЕС 2009/125/СЕ [9]. Проведенные применительно к объектам ЖКХ исследования подтвердили эффективность использования конденсационной техники с энергетической точки зрения, но в то же время отрицательные.

Согласно схеме конденсационного котла при определённых условиях охлаждения дымовых газов водяные пары конденсируются. При этом выделяется дополнительное количество теплоты, так называемая скрытая теплота конденсации. Сумма низшей теплоты сгорания топлива и скрытой теплоты конденсации определяют высшую теплоту сгорания топлива. Коэффициент полезного действия котла оценивается же относительно низшей теплоты сгорания топлива. В конденсационном котле потери скрытой теплоты и потери с дымовыми газами в среднем на 11% ниже по сравнению с высокотемпературным котлом [10]. Таким образом, КПД конденсационного котла намного выше, чем традиционного высокотемпературного котла. Коэффициент полезного действия конденсатных котлов существенно зависит от температуры воды в обратной линии отопительных систем [11], а на коэффициент полезного действия обычных котлов температура воды в обратном трубопроводе сильного влияния не оказывает [12]. В связи с этим предлагается определить эффективность применения конденсатного котла с учетом указанного фактора.

Проведенные исследования показали, что повышение энергоэффективности систем теплоснабжения, и в первую очередь общественных зданий, идет по пути увеличения турбулизации потока теплоносителя при существенном возрастании местных гидравлических сопротивлений. Однако, дальнейшее движение в этом направлении представляет определенные трудности из-за значительных потерь давления и зашламления теплопередающих поверхностей. Одним из путей решения данной проблемы является переход к импульсной подаче теплоносителя, при которой не только повышается

коэффициент теплопередачи теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования, реализуется эффект самоочищения, но и создаются условия для рационального использования располагаемого напора.

Также очень перспективным являестя применение конденсатных котлов для теплоснабжения небольших предприятий и административно-бытовых зданий, и объектов социальной сферы в нашей стране из-за условий низкой стоимости газа не получило в настоящее время широкого применения как за рубежом. Однако стоимость данного оборудования с каждым годом снижается, а преимущество конденсационной техники уже оценено поставщиками тепловой энергии. Эффект от использования конденсатного котла достигается за счет экономии топливно-энергетических ресурсов [12…14].

Использование системы децентрализованного теплоснабжения для энергообеспечения, например, детских образовательных учреждений, дает значительный экономический эффект, что особенно важно для бюджетных предприятий. В качестве источников теплоснабжения в системах рекомендуется использовать высокотемпературные котлы для объектов с незначительной величиной тепловой нагрузки на ГВС. Для таких объектов, как больницы, детские сады, производственные предприятия с большим расходом энергоносителя на технологические нужды, для покрытия тепловых нагрузок необходимо устанавливать в котельных конденсационную технику.

Список литературы

20. Макеев А. Н. Импульсная система теплоснабжения общественного здания: дис. – Саранск: АН Макеев, 2010.

21. Левцев А. П., Макеев А. Н. Импульсные системы тепло-и водоснабжения. – 2015.

22. Макеев А. Н. Тепловые пункты систем теплоснабжения с импульсной циркуляцией теплоносителя //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2017. – Т. 44. – №. 1. – С. 37-47.

23. Levtzev A. P., Makeev A. N. Controllable shock unit of the opposite construction for heat supply systems with pulse circulation of the heat carrier //Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture & Civil Engineering. – 2019. – Т. 43. – №. 3.

24. Levsev A. P., Lapin E. S., Zhang Q. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems //Инженерно-строительный журнал. – 2019. – №. 8. – С. 63-75.

25. Юдаев И.В., Токарева А.Н., Рамазанов В.С. Определение эффективности использования конденсатных котлов для теплоснабжения общественных зданий // Агротехника и энергообеспечение. 2018. №1 (18).

26. Опрос экспертов рынка газовых котлов//Сантехника, отопление, кондиционирование, 2010.—№ 12 (108).—С. 14-17.

27. Юдаев И.В., Токарева А.Н., Грачева Н.Н., Панченко С.В., Рамазанов В.С. Обоснование выбора типа котельного агрегата для децентрализованного теплоснабжения общественных зданий // Вестник аграрной науки Дона. 2018.

28. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (Text with EEA relevance) [Электронный ресурс]. - Режим доступа https://eur-lex europa euAegal-content.

29. Сахаров В.И. Конденсационные котлы в российских условиях: учитываем плюсы и минусы// Сантехника, отопление, кондиционирование, 2014.-№5 (149).-С.42-44.

30. Шадек Е.Г. Оценка эффективности глубокой утилизации тепла продуктов сгорания котлов электростанций.// Энергосбережение, 2016.-№ 2.-С.62-68.

31. Шадек Е.Г. Перевод станционных паровых котлов в конденсационный режим. Способ экономии топлива// Энергосбережение,2016.-№ 6.-С.46-51.

32. Юдаев И.В. Определение эффективности использования конденсатных котлов для теплоснабжения общественных зданий / И В. Юдаев, А.Н. Токарева, В.С. Рамазанов // Агротехника и энергообеспечение. - 2018. - №1(18).-С. 26-35.

33. Демина Ю Э. Сравнительный анализ затрат на системы отопления на базе конденсатных и традиционных котлов / Ю.Э. Демина II В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. - Самара, 2018. - С. 332-335.

УДК 620.92

Горбунов Андрей Юрьевич,
магистрант гр. ТГВм-51а каф. ТТГВ;
Бондарев Петр Николаевич,
магистрант гр. ЗТГВм-52а каф. ТТГВ;
Выборнов Дмитрий Владимирович,
к.т.н, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

Перед современным обществом особенно насущной встала проблема рационального использование природных ресурсов, эффективное решение которой в глобальном измерении преследует цель удовлетворить главные энергетические потребности человечества. Низкие показатели энергоэффективности традиционных систем теплообеспечения (сетей централизованного отопления и горячего водоснабжения) приводят к неоправданным перерасходам топлива. Поэтому с повышением экологических требований к производству тепловой энергии, повышением цен на ископаемое топливо и уменьшение доли природного газа в топливном балансе страны необходимость в применении возобновляемых источников энергии для потребностей горячего водоснабжения особенно острой.

Ключевые слова: горяее водоснабжение, гелиоколлектор, тепловой насос, первичные энергоресурсы, альтернативные источники энергии.

На сегодняшний день, существует ряд альтернативных источников энергии, таких как солнечная энергия, основанная на электромагнитном излучении Солнца, кинетическая энергия ветра и воды, низкопотенциальная теплота стоков, грунта, грунтовых вод и т.д. [1].

Общеизвестно, что обнаруженных запасов органического топлива по словам экспертов хватит не более чем на 200 лет, поэтому становиться все более нерациональным сжигать органическое топливо в маломощных котельных агрегатах для получения тепловой энергии в системах теплоснабжения и ГВС. Сжигание топлива ведет также к существенному ухудшению экологической обстановки в населенных пунктах. Стратегия развития энергосистемы государства предполагает внедрение и использования технологий, позволяющих экономить энергетические ресурсы, в том числе использование нетрадиционных технологий на основе альтернативных источников энергии. Одним из эффективных путей уменьшения потребления топлива для производства тепловой энергии является использование альтернативных источников энергии, в первую очередь, солнечной энергии, которая в летний период накапливается в воздухе, воде и грунте [2].

Эти области альтернативной энергетики являются наиболее приемлемыми для Донбасса, так как здесь есть все условия для установки и эксплуатации систем такого типа: изрядное количество солнечных областей на юге страны, обилие полноводных рек в западных, центральных и северных районах подходящих для строительства ГЭС. В центральных и восточных областях страны располагаются постоянно обдуваемые ветрами степи, пригодные для развития ветроэнергетики. Одним из приоритетных является развитие солнечной энергетики. Здесь расположено большое количество отелей и гостиниц, имеющих в своем распоряжении системы ГВС и бассейны. В теплые периоды времени солнечная энергетика позволит обеспечивать постоянный и бесперебойный поток горячей воды регулируемой температуры, а в холодное время года будет пригодна для создания отопительной системы. Технологии, функционирующие на базе неисчерпаемой энергии

Солнца, позволяют существенно сэкономить на закупке традиционных источников энергии, таких как газ и уголь [1].

Проблемы исследования технико-экономических показателей гелиосистем для теплоснабжения и горячего водоснабжения посвящено значительное количество научных работ [1]. В связи с этим в качестве альтернативных схем теплоснабжения и горячего водоснабжения могут выступать тепловые насосы. Коммерческие и промышленные системы теплоснабжения обычно классифицируют по виду теплоносителя, который циркулирует в контуре коллекторной установки, например это может быть газ (воздух) или жидкость (вода). Несмотря на то, что для обоих типов систем общим является применение основ преобразования энергии солнечного излучения, оборудование, используемое для компоновки таких систем является принципиально разным.

Воздушные системы применятся прежде всего для задач воздушного отопления и процессов сушки в промышленности и сельском хозяйстве. Жидкостные системы имеют более широкий спектр применений, таких как: гидравлические системы отопления; для нагрева технической воды промышленного использования; для кондиционирования воздуха; для нагрева бассейнов; в качестве источника тепла для групповых систем тепловых насосов. Благодаря этой более широкой сфере применение жидкостных систем является более распространенным, чем воздушные.

Однако, достаточно низкий потенциал энергии, а также периодичность действия не позволяет напрямую использовать эту энергию без преобразования. В качестве устройства преобразования низкопотенциальной тепловой энергии в высокопотенциальную используют установки, которые получили название тепловой насос. Тепловой насос является обратной холодильной машиной, что позволяет преобразовывать низкопотенциальную энергию грунта в высокопотенциальную, которую можно использовать в системах отопления и ГВС. Экономия энергоресурсов при применении тепловых насосов можетдостигать величины 70%.

Возможны два варианта получения тепла из грунта: укладка металлопластиковых труб в траншеи глубиной 1,2–1,5 м, либо в вертикальные скважины глубиной 20–100 м. Иногда, трубы укладывают в виде спиралей в траншеи глубиной 2–4 м. Это значительно уменьшает общую длину траншей. Максимальная теплоотдача поверхностного грунта составляет 50–70 кВт·ч/м^2 в год. По данным зарубежных компаний, срок службы траншей и скважин составляет более 100 лет.

Теплопроизводительность теплового насоса зависит от многих факторов: параметров грунта, наличия или отсутствия грунтовых вод, глубины заложения контура трубопроводов. Для сухого песка величина теплосъема с 1 метра трубы составляет 10 Вт/м, глины – 20 Вт/м, влажной глины – 25 Вт/м, сильно увлаженной глины – 35 Вт/м. Примерные средние расчетные значения теплосъема с 1 метра трубы для горизонтальных коллекторов составляют 20 Вт/м. Разность температур теплоносителя в коллекторах при расчете принимают в пределах 33 °С. Также, важным требованием эффективной работы теплового насоса является отсутствие строений, или других коммуникаций в районе заложения контура, так как работа теплового насоса зависит от полученной землей тепловой энергии солнца. Поскольку температура антифриза может изменяться (от –5 до +20 °С) в первичном контуре теплонасосной установки необходим расширительный бак. При использовании второго источника энергии (электрического, газового, жидкого- или твердотопливного котла) он подключается к схемечерез смесительный клапан, привод которого управляется тепловым насосом или общей системой автоматики.

Основные типы гелиоустановок для внутренних систем горячего водоснабжения, которые могут эффективно покрывать ежесуточные потребности в горячей воде в объеме 100-500 литров пластинчатых термосифонов и интегрированные коллекторные установки с

накоплением тепловой энергии. Удобства использования эффекта накопления тепла установками термосифонного типа проявились в широком распространении подобных систем. Гелиосистемы такого типа применяют относительно реже по причине высоких тепловых потерь в ночной период времени, хотя они дешевле в обслуживании и с эстетической точки зрения много привлекательнее по сравнению с термосифонами благодаря простоте монтажа и интеграции в системы энергоснабжения.

Капитальные затраты на сооружение данных установок с трубчатыми баками-накопителями выше по сравнению с системами на основе трубчатых установок, т.к. они имеют определенное гидравлическое сопротивление и могут быть непосредственно подключены к сети водоснабжения. Кроме того, процесс нагревания у них протекает значительно быстрее. Термоизоляция бака-накопителя является критическим фактором воздействия и по этому поводу выполнен ряд исследований с целью оптимизации их конструктивного исполнения.

В таких гелиосистемах температура воды в накопителе должна быть уровни выше 40ºС для обеспечения внутренних потребностей в течение всего дня. Поэтому проблема дифференциации температурных слоев в накопителе является весомым внутренним системным фактором с учетом соблюдения такого требования из-за того, что горячая (нагретая) вода концентрируется в верхней части бака, а холодная – в нижней.

В современных системах применяют панели гелиоколлекторов для горизонтального, вертикального или наклонного расположения, оснащенные вакуумными коллекторными трубами и промежуточным теплообменником, вмонтированным в корпус панели; одна панель может содержать пакет из 12, 18, 20, 24 или 30 вакуумных трубок.

Целесообразность сооружения двухконтурной гелиоустановки определяется из сопоставления стоимости тепловой энергии, вырабатываемой ею за отопительный период, и стоимости дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат [3, 4, 5].

Распространена практика формирования предварительных выводов относительно возможной экономической выгоды, полученной от эксплуатации современных установок на основе сравнения оценок сроков их окупаемости с показателями традиционных систем центрального отопления и горячего водоснабжения, например, путем определения эквивалентной экономии объема потребляемых традиционными установками (газовый котел конденсационного типа, электробойлер) энергопродуктов – газа и электроэнергии. Потребительские цены на эти энергопродукты не в полной мере отражают перспективную конъюнктуру конкурентных рынков, поэтому не могут служить основой принятия рационального хозяйственного решения инвестором-собственником [6]. Вместо этого, вариантные технико-экономические расчеты по модели жизненного цикла выполняются по сравнению с доходностью инвестированного капитала с достижимым гарантированным уровнем доходности альтернативных инструментов финансового или фондового рынков.

Список литературы

34. Жиров А. С. Выбор и разработка автоматизированной системы гвс и отопления на основе альтернативных источников энергии // Инфокоммуникации – настоящее и будущее: материалы четвертой междунар. конф. – С. 20.

35. Полянский В. С. и др. Использование тепловых насосов для систем горячего водоснабжения //Потенциал интеллектуально одаренной молодежи-развитию науки и образования. – 2017. – С. 81-85.

36. Економіко-математичне моделювання енергетичних систем / В.К. Добровольський, О.В. Стогній, В.О. Костюк, М.І. Каплін / Институт общей энергетики НАН Украины. – Киев: Наукова Думка, 2013. – 250 с.

37. Toward a common method of cost estimation for CO_2 capture and storage at fossil fuel power plants. A white paper by Global CCS Institute [Електронний ресурс] / Ed Rubin et al. – 2013.

38. Бутузов В. А. и др. Альтернативные источники энергии //Промышленная энергетика. – 2009. – №. 5. – С. 47-49.

39. Костюк В. О., Охрименко И. А., Ханицкая О. О. Оценка эффективности интегрированной гелио-коллекторной системы горячего водоснабжения на основе модели жизненного цикла // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Электротехника и энергетика. – 2014. – №. 1. – С. 95-100.

УДК 66.07

Цупка Юлия Андреевна,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ;
Бурляй Сергей Александрович,
магистрант гр. ЗТГВм-52б каф. ТТГВ,
Савич Дарья Владимировна,
асс. каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ВЭР ОГНЕУПОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ФИЛЬТРАХ С ЗЕРНИСТЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Аннотация. В данной статье рассмотрены возможные варианты установки теплообменных аппаратов в зернистом слое для утилизации низкпотенциальных тепловых ВЭР онеупорного производства.

Ключевые слова: огнеупорное производство, зернитые фильтры, вторичные энергетические ресурсы, дымовые газы.

Промышленность строительных материалов является одной из энергоемких отраслей народного хозяйства – стоимость топлива составляет от 7-40% себестоимости продукции. Значительное количество тепла теряется с уходящими газами от вагранок, печей, сушил, с охлаждающей водой и воздухом от нагретого оборудования.

Производство огнеупорных изделий богато низкопенциальными ВЭР, утилизированное тепло которых наиболее рентабельно передать теплоносителю – горячей воде систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. При этом транспортировка тепла может быть осуществлена на расстоянии до 10-15 км.

Следовательно, решение проблемы использования низкопотенциальных ВЭР должно пойти по пути создания следующих видов оборудования: теплообменного оборудования, передающего тепло всех видов низкопотенциальных ВЭР горячей воде и отопительно-вентиляционного оборудования, работающего на горячей воде с температурой 30-80 °С.

Основной причиной недостаточного использования отбросного тепла низкого потенциала, составляющего значительную часть общего выхода ВЭР по отрасли, является неэкономичность применения традиционного отопительно-вентиляционного оборудования при работе в режимах малых температурных напоров.

Рациональное использование теплоты ВЭР не ограничивается только экономией топлива с этим материальных и трудовых затрат, а оказывает определенное влияние на улучшение теплового баланса предприятия района, города технико-экономические показатели систем теплоснабжения [1].

При наличии значительных ВЭР в производстве огнеупоров имеет место разработка перспективных технологий по очистке с одновременной утилизацией сбросного тепла отходящих газов огнеупорного производства.

На предприятии присутствуют такие возможные ВЭР:

- высокопотенциальные ВЭР – отходящие газы из туннельных печей – уже используется на многих заводах для сушки формованных изделий;
- низкопотенциальные ВЭР - температуры отходящих газов сушильных барабанов колеблются в пределах: входное – 150ºС, выходное – 120ºС что может быть использовано для получения горячей воды и перегретого пара для технологических нужд, системы

отопления и т.д.

Актуальным также становится вопрос разработки замкнутой и наиболее безотходной технологии очистки и утилизации тепла. Так при эксплуатации зернистых насыпных фильтров, фильтрующий материал вместе с уловленной пылью могут быть использованы в качестве сырья для огнеупорного производства, при этом обеспечивая высокую степень очистки с утилизацией тепла отходящих газов перед фильтрами.

Энергосберегающее пылеулавливание при производстве огнеупоров тесно связано с технически рациональным, экономически оправданным и экологически надежным удалением и последующим использованием уловленной пыли [2,3].

Использование теплообменного аппарата за сушильными барабанами позволяет очищать продукты сгорания, снижая аэродинамическую нагрузку на электрофильтры, уменьшая выбросы вредных веществ в окружающую среду, а также позволяет утилизировать скрытую теплоту парообразования методом глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания, повышая энергоэффективность предприятия за счет использования полученной теплоты в технологическом процессе Часовоярского огнеупорного комбината.

Вырабатываемое тепло из теплообменного аппарата целесообразно применить в производственном процессе в качестве ресурса нагрева воды для приготовления шликера, для сушки изделий в стеллажных сушилах, для снижения нагрузки на паровое отопление, а также на хозяйственные нужды рабочего персонала и обогрев подсобных помещений [4].

Использование теплоты отходящих газов огнеупорного производства представляет сложную техническую задачу, для решения которой необходим комплексный подход, сочетающих очистку газов и утилизацию теплоты. Среди методов и средств решения таких вопросов важное место занимают сухие способы очистки газов с помощью фильтров со стационарными и движущимися зернистыми слоями [5,6]. Основные их преимущества состоят в том, что в них можно использовать природные и искусственные зернистые материалы с высокой термостойкостью.

Рассмотрим одну из характерных схем конструкции аппарата с подвижным зернистым слоем, которая представлена на рисунке 1.

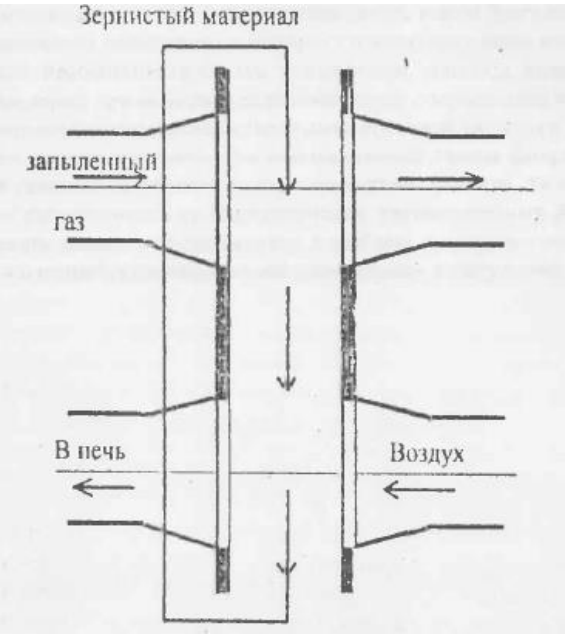


Рисунок 1 – Фильтр-регенератор с промежуточным теплоносителем в виде зернистого материала

Он состоит из двух камер, расположенных одна над другой и загруженных зернистым материалом со сродним диаметром 4 - 6 мм.

Слой промежуточного теплоносителя промывается и верхней камере горячими та ими, а в нижнем воздухом. Нагретый теплоноситель из верхней камеры через специальное устройство поступает в нижнюю камеру, а оттуда уже охлажденный подастся в верхнюю камеру специальным подъемником. Движение газа и зернистого материала в каждой камере перекрестное.

Нижний предел конечной температуры лимитирован условием предотвращения конденсации водяных паров печи и составляет 100%.

Использование воздухонагревателя с подвижным зернистым слоем дает возможность утилизировать около 10% теплоты, теряемой с уходящими газами печи. Наиболее полное использование большей части теплоты требует установки дополнительных устройств, например рекуперативных теплообменников. Оценивая существующие схемы различного расположения теплообменников в зернистом слое, установлено, что наибольшее количество утилизированной схемы фильтра с теплообменником в газоходе за верхней частью зернистого фильтра. Тепловая мощность такого теплообменника достигает около 1100 кВт, что позволяет получать горячую воду. Применение подобных фильтров-утилизаторов не потребует установки дополнительных тягодутьевых систем.

С целью определения возможности очистки газов и использования остаточной их энтальпии для производственных целей, отопления и горячего водоснабжения были исследованы четыре варианта компоновки теплоутилизационного оборудования.

Первый вариант. Установка трубчатого или пластинчатого теплообменного аппарата непосредственно в слое зернистого материала. При этом теплообменник может быть размешен либо в верхней части аппарата либо как в верхней, так и в нижней частях фильра-утилизатора.

К достоинствам этого аппарата относится малое загрязнение труб пылевыми отложениями вследствие движении зерен вдоль их наружной поверхности: минимальные потери теплоты в окружающую среду, гак как трубы с жидким теплоносителем омываются слоем зернистого материала, которому они и отлают свою теплоту.

Недостатком является значительное увеличение габаритных размеров фильтра и его гидравлического сопротивления.

Второй вариант. Установка трубчатого или пластинчатого теплообменного аппарата в слое зернистого материала, прошедшего обе части фильтра. Этот вариант уступает но аффективности предыдущему по следующим причиним:

- теплопроводность слоя зернистого материала при отсутствии фильтрации газом или воздухом крайне низка;
- коэффициент теплоотдачи от зернистого материала к поверхности труб на 1-2 порядка ниже, чем коэффициент теплоотдачи при обтекании труб газом;
- скорость движении зерен в зоне расположения труб невелика, что может привести к образованию пылевых заносов на трубах и "спеканию" зерен.

Указанные причины обуславливают неоправданность увеличения габаритов и стоимости установки

Третий вариант. Устаноика рекуперативного теплообменного аппарата в газоходе за верхней частью зернистого фильтра. Тепловая мощность такого теплообменника достигает 1200 кВт, что позволяет получать горячую воду или перегретый пар с температурой 150 - 200°С.

Четвертый вариант. Получение горячей полы или пара в процессе непосредственного контакта зернистого материала с жидким теплоносителем.

После отдачи части теплоты нагреваемому воздуху, в нижней части фильтра зернистый теплоноситель поступает в расширяющийся участок - камеру парообразования, в котором установлен коллектор с форсунками. Вода впрыскивается непосредственно в горячий зернистый материал. При контакте ее с горячими зернами происходят процессы нагрева воды до температуры кипения, парообразования и перегрева пара до требуемой температуры. Пар из камеры отсасывается под небольшим разрежением.

По сравнению с вариантами I-4 остаточная температура тернистого материала сравнительно высока, так как она не может быть меньше температуры полученного пара. Кроме того снижение температуры зернистого материала до значении менее 105 - 110°С может привести к слипанию мокрых зерен. Важно также то, что пар, полученный при контактном теплообмене, всегда будет иметь добавки (в основном щелочные) вследствие уноса ныли с поверхности зерен вместе с паром.

Оценивая приведенные схемы утилизации теплоты дымовых газов при помоши теплообменников с зернистыми материалами, установлено, что наибольшее количество утилизированной теплоты в виде горячей воды или пара можно получить при использовании схемы фильтра с теплообменником в газоходе за верхней частью зернистого фильтра, то есть вариант 3.

Исследование гидравлических характеристик рассмотренных конструкций позволяет сделать вывод, что применение подобных фильров-утилизагоров на производстве не потребует установки дополнительных тягодутьевых устройств.

Список литературы

1. Удовиченко, З.В., Губарь В.Ф. Использование зернистых теплоносителей для утилизации теплоты отходящих газов стекольного производства/ З.В. Удовиченко, В.Ф. Губарь //Труды молодых ученых.Часть2. - Санкт – Петербург, 1999. – С. 121-125.
2. Вальдберг, А.Ю. Процессы и аппараты защиты окружающей среды./ Николайкина Н.Е.//- М.: Дрофа, 2008,- 4с.
3. Энтин, С. В. Новое перспективное решение проблем пылеудаления в производстве огнеупоров [Текст] / С.В. Энтин, Ю.В. Красовицкий, О.А.Панова, В.Г. Иванова, С.Ю. Панов, Н.М. Анжеуров // Тр. IX Всерос. Конгресса «Экология и здоровье человека», Самара, 5-7 окт. 2004 г. - Самара, 2004.-314-316с.
4. Бесчетный, В.В. Утилизация теплоты продуктов сгорания для нагрева воды и воздуха в системах отопления и вентиляции [Текст] / В.В. Бесчетный, Н.Ю. Горлова // Матер. научно-практич. конф. «Строительство-2004». - Ростов на Дону : РГСУ, 2004 - С.174-176.
5. Аэров,М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернитсым слоем. – Л.: Химия, 1968. – 512с.
6. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернитсым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы. – Л.: Химия, 1979. – 176с.

УДК 666.1.036.844

Головач Юлия Александровна,
кандидат технических наук, доцент каф. ТТГВ;
Вожова Наталья Анатольевна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Карканов Владимир Владимирович,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГОРЕЛКАХ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТЛОГО ТИПА

На основании литературного анализа выявлены преимущества использования инфракрасных горелок «светлого» типа, получена зависимость излучательной способности горелки от величины коэффициента избытка воздуха α и давления газа перед горелкой, оснащенной прозрачным экраном.

Ключевые слова: горелка инфракрасного излучения, «светлый» излучатель, коэффициент избытка воздуха, температура излучающей поверхности, проскок пламени

На сегодняшний день природный газ является наиболее эффективным экологически чистым топливом, высококачественным теплоэнергоносителем, занимающим доминирующее положение в структуре топливно-энергетического баланса стран СНГ.

В последнее время все большую актуальность приобретает вопрос рационального использования природного газа для получения наибольшего экономического эффекта и повышения эффективности производственных процессов.

Эффективное сжигание природного газа может обеспечиваться с использованием горелок инфракрасного излучения (ГИИ), которые работают по принципу лучистого теплообмена. Горелки инфракрасного излучения являются разновидностью инжекционных горелок, рассчитанных на работу с коэффициентом избытка воздуха α = 1,02–1,07, что обеспечивает полноту сгорания газа [1, 2].

Тепловое излучение от инфракрасных излучателей не поглощается воздухом, поэтому вся энергия без потерь достигает обогреваемых поверхностей. Системы лучистого отопления на базе инфракрасных излучателей позволяют добиться экономии затрат на отопление по сравнению с традиционными системами. Биологическое действие инфракрасного радиационного отопления благоприятно для человека [3, 4].

Существующие горелки делятся на два основных типа: «тёмные», у которых температура накала не превышает 600 °С, и «светлые», у которых температура тела накала свыше 600 °С.

У «тёмных» излучателей процесс горения происходит в полностью закрытом пространстве, а у «светлых» – непосредственно на излучающей поверхности, т.е. открыто и небезопасно. Поэтому к применению «светлых» излучателей предъявляются более жесткие требования по пожарным нормам. «Светлые» излучатели в среднем на 10–15% экономичнее по потреблению газа за счет исключения потерь тепла с уходящими газами, потребляют меньше электроэнергии и создают меньше шума. Кроме того, эксплуатационные затраты на энергоноситель, электроэнергию и техническое обслуживание для «светлых» инфракрасных излучателей до пяти раз меньше, чем для «тёмных».

Сравнительный анализ преимуществ и недостатков инфракрасных горелок «светлого» и «тёмного» типа показывает, что сферы применения ГИИ «светлого» типа значительно

шире по сравнению с «тёмными», что и обусловило выбор ГИИ «светлого» типа в качестве объекта исследования.

Применение лучистых систем отопления сдерживается тем, что нормативная база для расчёта и проектирования систем отсутствует или не соответствует современному техническому уровню. В связи с этим возникает необходимость в проведении экспериментальных исследований для определения оптимальных условий сжигания газа и обеспечения требуемых санитарно-гигиенических показателей в отапливаемых помещениях.

В условиях эксплуатации ГИИ на открытом воздухе требуется высокая их ветроустойчивость. Это может быть достигнуто установкой перед насадкой экрана, прозрачного для инфракрасного излучения. Однако экран, выполненный из кварцевого стекла, вследствие отражения части инфракрасного излучения, будет способствовать разогреву керамических плиток, и температура газовоздушной смеси может повыситься настолько, что станет возможным проскок пламени. Стабильность горения по отношению к проскоку можно повысить увеличением коэффициента избытка воздуха смеси α, однако при этом снижается интенсивность инфракрасного излучения. Экспериментальные исследования работы ГИИ при установке экрана, изолирующего продукты сгорания от окружающего воздуха, представляют интерес, так как именно открытое поверхностное горение ограничивает сферу их применения [5, 6].

Наиболее полно тепловой баланс ГИИ с перфорированной керамической насадкой рассмотрен А.К. Родиным. Автор отмечает, что получить расчетным путем все необходимые для проектирования систем и установок радиационного обогрева параметры и характеристики газовых ГИИ практически нельзя. Некоторые из них определяют экспериментальным путем.

Увеличение КПД ГИИ возможно посредством установки металлической сетки над керамическим излучателем, оребрения поверхности керамики, увеличения доли излучения стенками каналов, а также увеличения теплоотвода в стенки каналов.

Металлическая сетка способствует повышению ветроустойчивости и эффективности, так как становится вторичным дополнительным излучателем. Доля излучаемой энергии возрастает на 4–14% в зависимости от удельной тепловой нагрузки. Сетка возвращает часть эмитированных энергетических частиц назад на активную поверхность, что приводит к возбуждению частиц атомов и к последующему увеличению эмиссии фотонов излучения.

При сжигании газовоздушной смеси наблюдается неравномерность нагревания поверхности плоских керамических плиток. Появление зон с различной температурой нагрева объясняется различием в толщине перемычек между отверстиями и различием диаметров отверстий. Оребрение поверхности в виде пирамид, конусов или борозд увеличивает площадь радирующей поверхности, исключает или значительно уменьшает неравномерность нагрева керамики, повышает полноту сгорания и долю теплоты, передаваемой в виде излучения, по сравнению с плоским излучателем.

Исследованиями установлено, что у газовых ГИИ с керамическими насадками даже при расположении над ними металлических сеток интенсивность излучения в различных направлениях по полусфере от нормали к насадке неодинакова. По нормали к поверхности ($\varphi = 90°$) на близких расстояниях от излучающей насадки плотность излучения меньше, чем под углом 75 и 45°. При приближении к краям горелки плотность излучения снова снижается.

Суммарное излучение горелки в значительной мере зависит от доли тепла, излучаемого стенками каналов. Таким образом, для увеличения лучистого КПД необходим интенсивный

нагрев пламенем не только поверхности керамических плиток, но и внутренней поверхности устья каналов.

Передача части теплоты из зоны реакции в стенку при наличии теплоотвода вызывает уменьшение температуры пламени от теоретической температуры до некоторой температуры горения. Чем ниже температура горения, тем ниже температура продуктов сгорания на выходе из зоны горения. Доля прямой отдачи тепла излучением тем выше, чем ниже температура газов, уходящих из зоны горения. Увеличение теплоотвода в стенки каналов лимитируется гашением пламени в узких каналах. Процесс гашения пламени определяется диаметром каналов, а также длиной и числом соседних каналов, теплопроводностью материала стенки и теплофизическими свойствами газовоздушной смеси. Температура стенки канала влияет на пределы устойчивости по отношению к проскоку пламени, а при прохождении пламени через перфорированные насадки существенную роль играет распределение температуры по длине огневого канала, которое зависит от теплопроводности материала насадки [6].

На основании лабораторных исследований горелки ГИИ-1,85 «Звездочка», которая относится к наиболее простым и распространенным горелкам инфракрасного излучения «светлого» типа, была получена зависимость излучательной способности горелки от величины коэффициента избытка воздуха α и давления газа перед горелкой Р. Излучатель данной горелки был закрыт прозрачным экраном из термостойкого стекла с отверстием в центре для отвода продуктов сгорания. Согласно [6] прозрачный экран препятствует интенсивным конвективным теплопотерям, возникающим при обтекании окружающим воздухом излучающей поверхности горелок.

Опыты проводились при изменении величины коэффициента α в пределах от 1,0 до 2,0 при фиксированном значении давления газа, которое изменялось ступенчато от 1800 до 3600 Па [6].

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температура излучающей поверхности при давлении газа перед горелкой Р и коэффициенте избытка воздуха α

Давление газа перед горелкой Р, Па	Коэффициент избытка воздуха α	Температура излучающей поверхности t, °С	Давление газа перед горелкой Р, Па	Коэффициент избытка воздуха α	Температура излучающей поверхности t, °С
1	2	3	4	5	6
1800	1,0	708	3000	1,0	811
	1,2	844		1,2	895
	1,4	845		1,4	913
	1,6	841		1,6	881
	1,8	840		1,8	870
	2,0	838		2,0	868
2400	1,0	760	3600	1,0	827
	1,2	870		1,2	915
	1,4	879		1,4	927
	1,6	858		1,6	899
	1,8	851		1,8	886
	2,0	849		2,0	885

Зависимость излучательной способности горелок от коэффициента избытка воздуха и давления газа перед горелкой можно описать уравнением

$$t = -1{,}9999 \cdot 10^3 + 5{,}6858 \cdot 10^3 \cdot \alpha - 0{,}17333 \cdot P - 3{,}5883 \cdot 10^3 \cdot \alpha^2 + 8{,}7962 \cdot 10^{-5} \cdot P^2 + \\ + 7{,}3756 \cdot 10^2 \cdot \alpha^3 - 1{,}1574 \cdot 10^{-8} \cdot P^3 \quad (1)$$

Проверка адекватности уравнения регрессии производилась по значению критерия Фишера, определяемого как отношение общей дисперсии к остаточной, при 10%-ном уровне значимости.

График зависимости излучательной способности горелки от коэффициента избытка воздуха и давления газа перед горелкой приведен на рисунке 1.

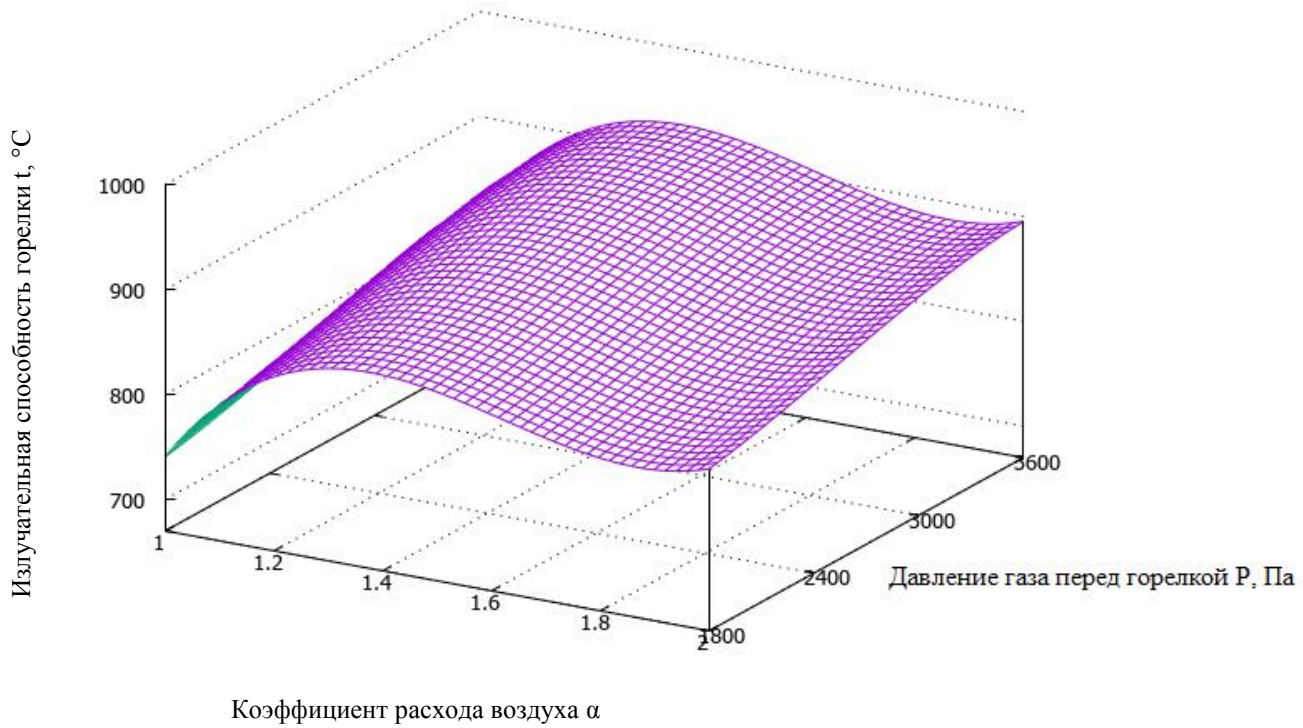


Рисунок 1 – График зависимости излучательной способности горелки от коэффициента избытка воздуха и давления газа перед горелкой

Из графика видно, что с увеличением коэффициента α температура излучающей поверхности растет и достигает максимума 927°С при α = 1,4. Затем она снижается при всех исследованных величинах давления газа. С увеличением давления газа, следовательно, расхода газа и мощности горелки, температура излучающей поверхности растет от 708°С при Р = 1800 Па до 927°С при Р = 3600 Па.

Выводы. Анализ литературных источников показывает перспективность применения горелок инфракрасного излучения светлого типа в системах отопления. Рассмотрены возможности увеличения КПД ГИИ. На основании зависимости излучательной способности горелки, оснащенной прозрачным экраном, от коэффициента избытка воздуха и давления газа перед горелкой, можно определять излучательную способность горелки при значениях коэффициента избытка воздуха и давления газа перед горелкой, для которых нет данных по результатам эксперимента. Дальнейшие исследования будут направлены на оценку энергоэффективности и экологических показателей ГИИ.

Список литературы

1. Богомолов, А.И. Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение / А.И. Богомолов, Д.Я. Вигдорчик, М.А. Маевский. – М.: Стройиздат, 1967. – 254 с.
2. Родин, А.К. Применение излучающих горелок для отопления / А.К. Родин. – Л.: Недра, 1976. – 117 с.
3. Северинец, Г.Н. Применение газовых горелок инфракрасного излучения для сушки и нагрева / Г.Н. Северинец. – Л. : Недра, 1970. – 128 с.
4. Борхерт, Р. Техника инфракрасного нагрева / Р. Борхерт, В. Юбиц. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 278 с.
5. ГОСТ 25696-83*. Горелки газовые инфракрасного излучения. Общие технические требования и правила приёмки. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 4 с. – (Группа Е25).
6. Пелипенко, В.Н. Газовые горелки инфракрасного излучения: учеб. пособие / В.Н. Пелипенко, Д.Ю. Слесарев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 118 с.

УДК 69+004.9

Рудаков Евгений Дмитриевич,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ;
Иванова Оксана Валерьевна,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Долгов Николай Викторович,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ПРИМЕНЕНИЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ИТП

В данной стать анализируются автоматизированные технологии проектирования инженерных систем. Проанализированы преимущества и недостатки применения BIM проектирования гидравлических систем по сравнению с традиционными методами проектирования. Рассмотрены возможности BIM – технологий, от концепции и технических характеристик до реализации проекта. Сформированы выводы с последующим применением в магистерской диссертации.

Ключевые слова: информационные технологии, BIM – технологии, гидравлические цепи, информационная модель, программное обеспечение, технологии проектирования.

Переход от засилья 2D моделирования к развитию 3D моделирования стал возможным благодаря появлению относительно мощных программных и аппаратных средств, а также накоплению соответствующего опыта. В то же время, специалист-проектировщик должен отдавать себе отчёт в том, что трёхмерная модель сама по себе является бесполезной, для человека это всего лишь зрительный образ, а для компьютера – структурированная информация. Смысл 3D моделей в том, что они применяются в качестве исходных данных для инженерных решений, благодаря которым, в свою очередь, появляется возможность автоматизировать процесс, например, проектирования здания. В то же время, не стоит стремиться к поголовному внедрению именно 3D-моделирования. Есть задачи, с которыми можно справиться с применением 2D-моделей [1,2]. Более того, только 3D моделирование без 2D – признак не самых успешных организаций рисунок 1.

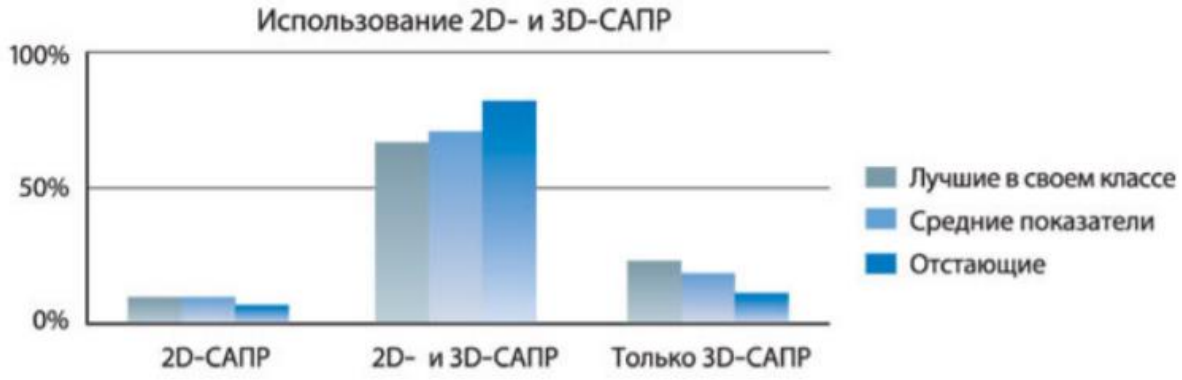


Рисунок 1 - Большинство организаций одновременно применяют 2D- и 3D-САПР [3]

На данный момент нередки случаи, при которых часть здания проектируется с применением BIM-технологий, а часть – традиционными методами. Также возможны случаи,

когда при возведении, например, промышленного предприятия часть цехов возводится с применением BIM-технологий, а часть – без них. По этой причине возникают случаи, когда специалисты, проектирующие, например, здания жилого квартала, пользуются своими математическими моделями, а проектирующие пути сообщения в районе этого квартала – своими. Даже если обе эти математические модели корректны, они могут отображать несколько отличающиеся «картины мира» и предъявлять немного разные требования к возводимым объектам. В связи с этим актуальным является учёт в единой модели самых различных аспектов функционирования будущего здания, сооружения или их группы [4].

Renga MEP – программа для проектирования внутренних инженерных сетей по технологии информационного моделирования (BIM), которая вышла на рынок в конце 2018 года. До настоящего момента в ней можно было создавать только системы водоснабжения и водоотведения. С выходом нового релиза Renga MEP у инженеров появилась возможность проектировать в трехмерном пространстве систему отопления и индивидуальный тепловой пункт (ИТП).

Система отопления – это совокупность элементов в объекте строительства, предназначенных для получения и поддержания необходимого значения температуры воздуха в помещении (Рисунок 2).

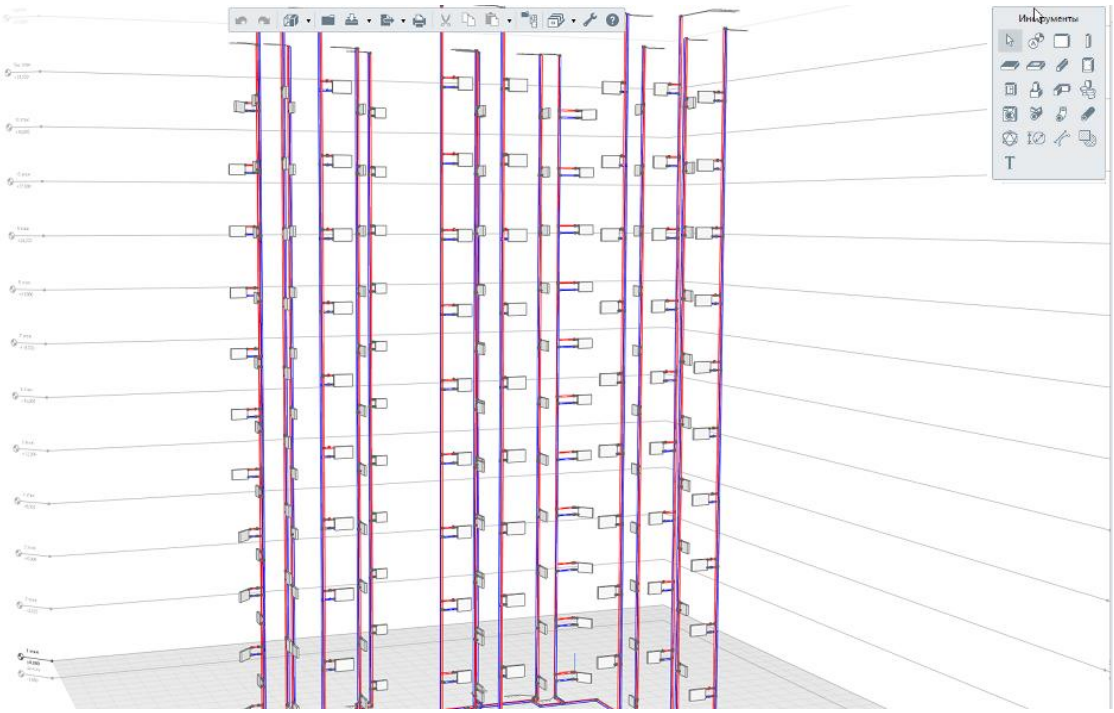


Рисунок 2 – Трехмерная модель системы отопления многоэтажного жилого многоквартирного дома, построенная на платформе Renga MEP

Системы отопления подразделяются на автономные и централизованные. Автономные имеют свой собственный источник. В централизованных системах отопления тепловой ресурс в здание поступает из котельной или ТЭЦ, работающих на несколько объектов. В этом случае на вводе тепловых сетей предусматривается устройство ИТП (индивидуального теплового пункта), который получает энергию от тепловой сети и распределяет ее до сети отопления, горячего водоснабжения и вентиляции (Рисунок 3). В Renga MEP можно проектировать и автономные, и централизованные системы отопления. Для этого разработчики Renga MEP создали в программе специализированное оборудование, такое как

отопительный прибор, бак, водонагреватель, коллектор, насос, пластинчатый теплообменник, а также контрольно-измерительные приборы и различные виды запорно-регулирующей арматуры.

По аналогии с созданием систем водоснабжения и водоотведения, прокладка трасс отопления и тепловых сетей ИТП в Renga MEP происходит в автоматическом режиме уникальным инструментом «Автоматическая трассировка». Он самостоятельно ведет построение сетей на основе контрольных точек, выставленных проектировщиком, логически формируя последовательность и порядок подключения отопительных приборов к подающим и обратным магистралям системы отопления. При этом учитывается расположение элементов архитектурного раздела, такие как стена, колонна, оконные и дверные проемы (Рисунок 4).

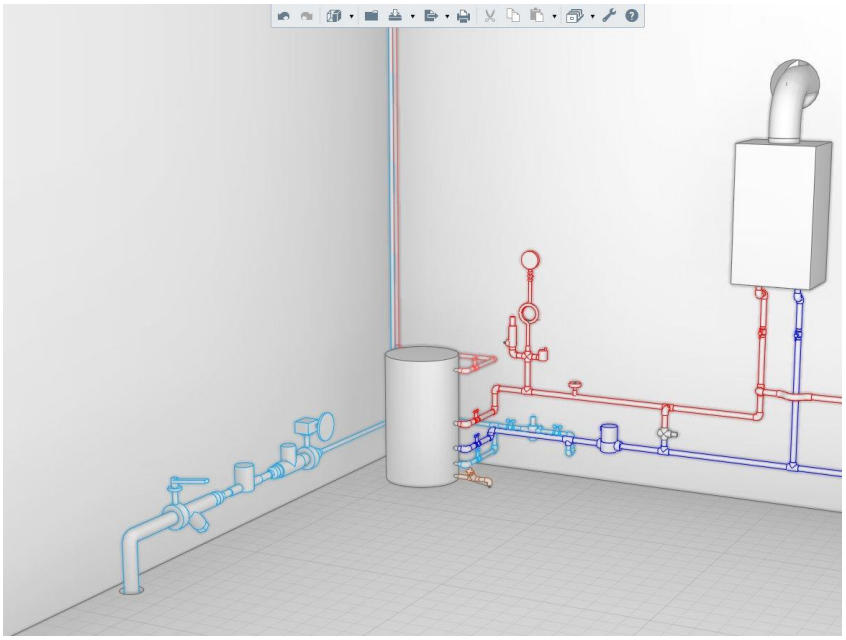


Рисунок 3 – Индивидуальный тепловой пункт жилого дома, созданный в программе Renga MEP

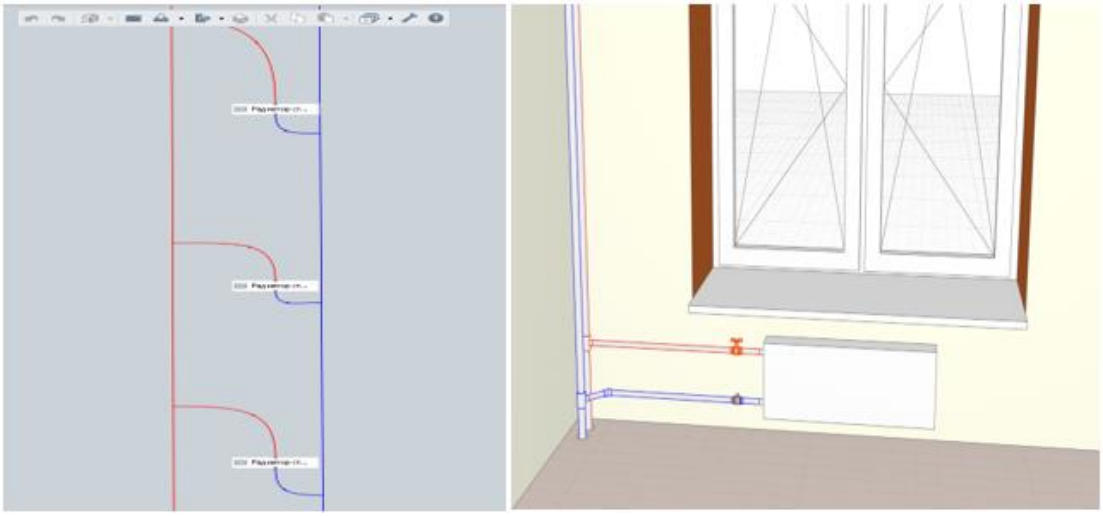


Рисунок 4 – Автоматическое подключение отопительных приборов к подающему и обратному трубопроводу системы отопления (Renga MEP))

По окончанию моделирования, инженер-проектировщик получит не только инженерную модель системы отопления, но и чертежи соответствующих разделов (планы и аксонометрические схемы), оформленные по СПДС (Рисунок 5, Рисунок 6).

Таким образом, Renga MEP позволяет теперь проектировать системы водоснабжения, водоотведения, отопления и ИТП по технологии информационного моделирования. Удобный и лаконичный интерфейс позволяет легко освоить систему, а высокая производительность программы повышает скорость и удобство проектирования.

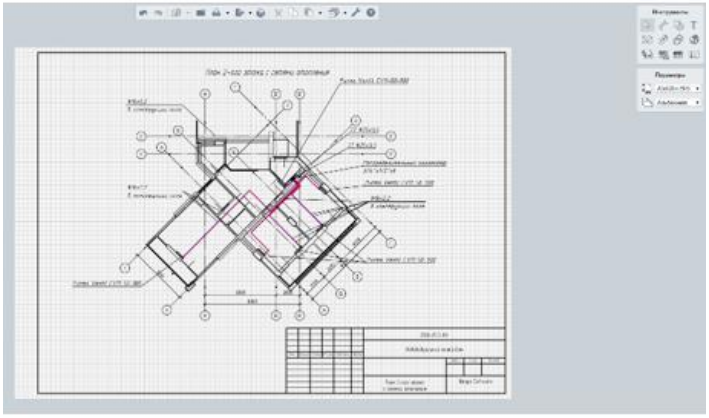


Рисунок 5 – План второго этажа индивидуального жилого дома с сетями отопления

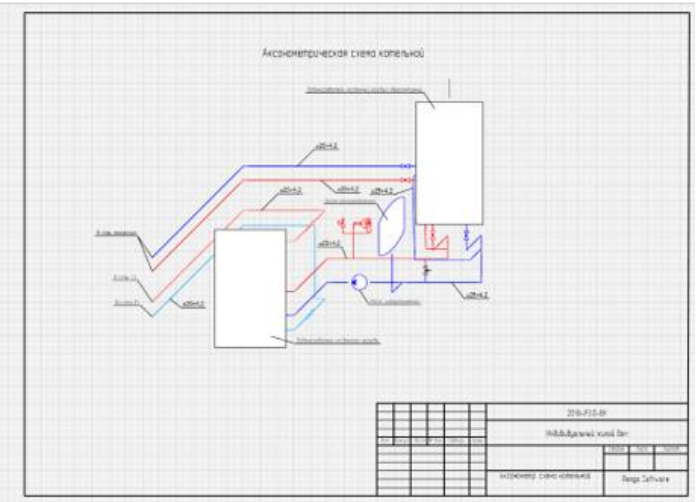


Рисунок 6 – Аксонометрическая схема котельной индивидуального жилого дома

Информационное моделирование инженерных сетей – принципиально иной подход к проектированию, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту систем, к управлению регулирующей арматуры, а также параметрами теплоносителя [5].

Изучив рассматриваемую проблематику вопроса, можно провести сравнительную параллель с двумя актуальными на данный момент системами по строительному проектированию – BIM-технологии и CAD-проектирование. Всё это свидетельствует о том, что в подавляющем большинстве случаев за информационным моделированием будущее строительной отрасли.

Список литературы

1. Талапов, В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В.В. Талапов. – М. : ДМК-Пресс, 2015. - 410 с.

2. Черных, М.А. BIM-технология и программные продукты на его основе в России / М.А. Черных, Н.М. Якушев // Вестник ИжГТУ, 2014. - № 1(61). - С.119–121.

3. Баженов, А.А. Проблемы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли / А.А. Баженов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. Междун. науч.-практич. конф. [29-30 марта 2018 г.]. – СПб. : СПбГАСУ, 2018 . – 62-65 с.

4. Грахов, В.П. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности / В.П. Грахов, С.А. Мохначев, А.Х. Иштряков // Современные проблемы науки и образования, 2015. - № 1(часть 1). Режим доступа: URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=17950

5. Лустина, О.В. Использование BIM-технологий в современном строительстве / О.В. Лустина, Н.А. Бикбаева, А.М. Купчеков // Молодой учёный. - 2016. - № 15(119). - С.187–190.

УДК 536.24

Шеремет Светлана Трояновна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Долгов Николай Викторович,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТЬЮ

Анализ публикаций последних лет показывает, что турбулентные потоки привлекают все более пристальный интерес исследователей. Это обусловлено тем, что особые свойства турбулентных течений имеют широкий диапазон технических приложений в энергетическом, теплообменном и технологическом оборудовании ядерной энергетики, аэрокосмической техники, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, транспорта, промышленной теплоэнергетики. Сформированы выводы с последующим применением в магистерской диссертации.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, турбулентный режим, гидравлические цепи, отопление, горячее водоснабжение.

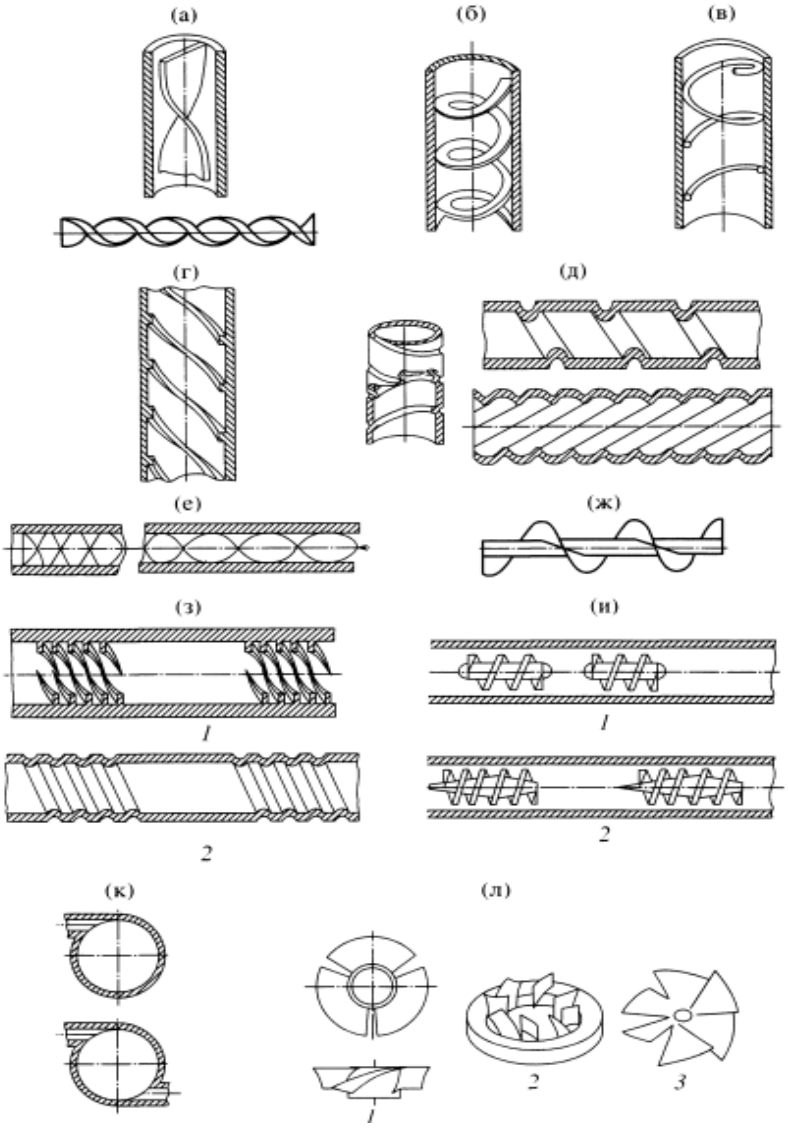
По современной классификации методов интенсификации теплообмена [1-5] турбулизация потока в каналах, создаваемая с помощью закручивающих устройств, относится к пассивным методам интенсификации, не требующим дополнительного подвода энергии извне в отличие от активных методов, к которым относятся, например, вибрация теплообменной поверхности или жидкости, воздействие электростатического, акустического или магнитного полей, перемешивание жидкости или вращение поверхностей теплообмена, вдув или отсос рабочей среды через пористую поверхность.

Турбулизация потока в каналах может создаваться не только специально предназначенными для этого закручивающими устройствами, такими, как скрученные ленты, шнеки, устройства для тангенциального подвода теплоносителя или аксиально-лопаточные завихрители, но и другими методами, также отнесенными в классификациях Р.Л. Вебба [3] и А.Е. Берглеса [4] к пассивным: оребрением, развитием и профилированием поверхностей, винтовыми вставками, накатками, навивками и т.п.

К особой категории устройств следовало бы отнести локальные, периодические или непрерывно расположенные турбулизаторы, лишь в незначительной степени перекрывающие проходное сечение каналов. Они обладают преимуществами устройств третьего поколения, но могут быть выделены в особую группу, так как их объединяет отличительный признак - создаваемого потока или направленный дополнительный конвективный перенос импульса, массы и энергии в тангенциальном направлении, что может положительно влиять на повышение теплоэнергетической эффективности и надежности работы каналов.

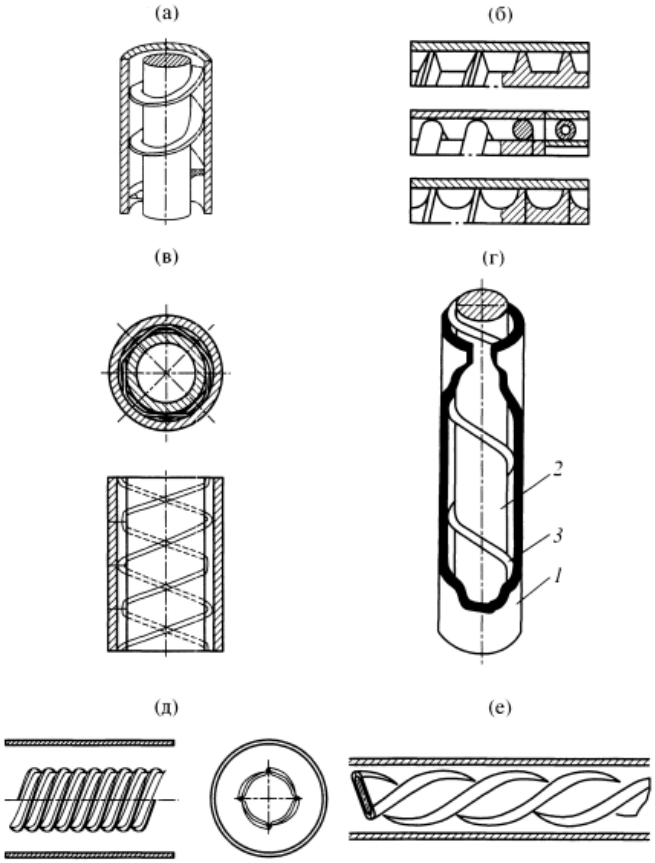
Описание разнообразных конструкций закручивающих устройств приводится в работах [3-6,9-11], посвященных проблемам интенсификации теплообмена в каналах. Закручивающие устройства в этих работах классифицированы по различным принципам: способам организации закрутки [6,7], геометрическим особенностям [5,11], функциональной принадлежности [3,4], механизму влияния на тепломассообмен в каналах [9].

В силу того, что наибольшее распространение в технике имеют каналы, ограниченные цилиндрическими поверхностями, объектами рассмотрения в настоящем обзоре являются трубы и кольцевые каналы с закручивающими устройствами различной геометрии. Отвлекаясь от классификационных отличий и принимая для краткости терминологию, используемую в работах [7], в дальнейшем изложении для обозначения любых устройств или элементов рельефа поверхности, придающих потоку вращательную составляющую скорости, будем использовать термин завихрители. Примеры использования завихрителей в трубах и кольцевых каналах представлены на рисунках 1 и 2.



(а)-(ж) - непрерывные по длине: (а) - скрученная лента с постоянным шагом закрутки, (б) - пластинчатая спиральная вставка, (в) - проволочная навивка, (г) - винтовое оребрение, (д) - трубы с однозаходной и многозаходной спиральной накаткой, (е) - винтовая вставка из скрученной ленты с переменным шагом, (ж) - шнек; (з)-(и) - периодически расположенные: (з) - каналы с развитыми поверхностями в виде периодического спирального оребрения 1 или накатки 2, (и) - завихрители в виде шнековых вставок с постоянным 1 и переменным 2 диаметром центрального тела; (к)-(л) - локальные: (к) - тангенциальные завихрители с одним и двумя подводящими каналами, (л) - аксиально-лопаточные завихрители с профилированными 7, 2 и плоскими 3 лопатками.

Рисунок 1 - Типы турбулизаторов, используемых в трубах.



(а) - канал, полностью перегороженный однозаходной ленточной вставкой; (б) - каналы с завихрителями шнекового типа; (в) - канал сборки кольцевых твэлов с двухзаходной дистанционирующей спиралью; (г) - парогенерирующий канал: 7,2 – тепловыделяющие элементы, 3 - закручиватель; (д) - кольцевой канал, образованный гладкой и спирально гофрированной трубами, (е) - внешнее обтекание винтообразно закрученной профильной трубы в круглом канале.

Рисунок 2 - Примеры каналов кольцевой геометрии с закручивающими устройствами

Закрутка потока, создаваемая в каналах большой протяженности в целях интенсификации теплообмена, технологически наиболее просто осуществляется с помощью непрерывных по длине завихрителей (рис. 1а-ж, рис. 2). К этой категории относятся скрученные ленты (рис. 1а, 1е) и шнековые вставки (рис. 1ж, рис. 2а, 2б), характерные размеры которых соответствуют поперечным размерам каналов, т.е. устройства тепловой технологии второго поколения [4], широко использующиеся в технике достаточно длительный период времени. Благодаря этому накоплен обширный экспериментальный материал по изучению влияния такого типа завихрителей на гидродинамику и теплообмен в каналах [3,5-8].

По современным представлениям теплогидравлическая эффективность применения закручивающих вставок, полностью перекрывающих ширину канала, при турбулентных режимах течения значительно уступает эффективности спирального оребрения с небольшой высотой выступов. Это объясняется сосредоточением в турбулентном потоке основного термического сопротивления в узком пристенном слое. Поэтому обеспечить закрутку и турбулизацию потока вблизи поверхности энергетически более выгодно, чем по всему сечению канала.

Применение завихрителей с характерными размерами, меньшими, чем поперечные размеры каналов (рис. 1г, 1д, 1з, рис. 2д), подразумевает использование трех механизмов интенсификации теплообмена: дополнительной турбулизации пристенной области вследствие наличия отрывных зон в области расположения завихрителей, закрутки потока и эффекта увеличения площади теплообмена за счет оребрения или профилирования поверхности. Использование завихрителей, не имеющих полного термического контакта с теплообменной поверхностью, таких как проволочные навивки, полосовые закручиватели (рис. 1а-1в), если они при этом не выполняют каких-то дополнительных функций, менее выгодно с точки зрения теплогидравлической эффективности, чем использование спирального оребрения (рис. 1г, 1з) или спирально профилированных поверхностей (рис. 1д, 1з). так как в первом случае действуют два из упомянутых механизмов интенсификации теплообмена (закрутка и вихревое смешение в пристенной области), а во втором - все три.

Весьма распространенный способ интенсификации теплообмена с помощью так называемой регулярной шероховатости подразумевает преимущественное воздействие только одного механизма интенсификации, а именно: уменьшение термического сопротивления за счет разрушения и турбулизации вязкого подслоя.

Локальная закрутка потока осуществляется с помощью аксиально-лопаточных (рис. 1л) или шнековых (рис. 1ж) завихрителей путем тангенциального ввода жидкости через один или несколько периферийных подводов (рис. 1к), а также посредством улиточных завихрителей или тангенциально лопаточных устройств [6,7]. Аксиальнолопаточные завихрители создают широкие возможности формирования скоростных полей, отличающихся степенью закрутки потока на входе в канал. Разновидности завихрителей шнекового типа (рис. 2б) обычно используются для создания закрутки потока с углом больше 45°.

Сфера применения закручивающих устройств для интенсификации теплообмена весьма широка и охватывает различные области технического использования в активных зонах и теплообменном оборудовании ЯЭУ; в теплообменниках турбокотлоагрегатов (воздухоподогревателях, экономайзерах, парогенерирующих каналах, калориферах, перегревателях, конденсаторах); в теплообменных устройствах систем кондиционирования; в теплообменных и технологических аппаратах химической и нефтеперерабатывающей промышленности и т.д.

Список литературы

1. Калинин, Э.К. Интенсификация теплообмена в каналах, 3-е изд. / Э.К. Калинин. Г.А. Дрейцер, С.А. Ярхо. - М.: Машиностроение, 1990. - 205 с.
2. Коваленко, Л.М. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи / Л.М. Коваленко, А.Ф. Глушков. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 240 с.
3. Webb, R.L. Principles of Enhanced Heat Transfer / R.L. Webb - New York: John Wiley & Sons Inc., 1994. – 556 p.
4. Bergles, A.E. The Encouragement and Accommodation of High Heat Fluxes / A.E. Bergles // Proceedings of the 2nd European Thermal Sciences and 14th UIT National Heat Transfer Conference Rome, ITALY, 29-31 May. - 1996. -V.1. - P.311.
5. Мигай, В.К. Повышение эффективности современных теплообменников / В.К. Мигай. - Л.: Энергия, 1980. - 144 с.
6. Щукин, В.К. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах / В.К. Щукин, А.А. Халатов. - М.: Машиностроение, 1982. - 200 с.
7. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков / А.А. Халатов. – К.: Наук. Думка, 1989. - 192 с.

8. Каменъщиков, Ф.Т. Вопросы механики вращающихся потоков и интенсификация теплообмена в ЯЭУ / Ф.Т. Каменъщиков, В.А. Решетов, А.Н. Рябов - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 176 с.

9. Назмеев, Ю.Г. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков реологически сложных жидкостей / Ю.Г. Назмеев. - М.: Энергоатомиздат, 1996. - 304 с.

10. Дрейцер, Г.А. Эффективность использования закрутки потока для интенсификации теплообмена в трубчатых теплообменных аппаратах / Г.А. Дрейцер // Теплоэнергетика, 1997. - № 11. - С. 61.

11. Будов, В.М. Форсированные теплообменники ЯЭУ / В.М. Будов, С.М. Дмитриев. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 176 с.

УДК 614.842

Новиков Михаил Владимирович,
студент института гражданской
защиты ЛГУ им. В.Даля,
Малкин Владимир Юрьевич,
к.ю.н, доцент,
ГОУ ВПО ЛНР «ЛГУ им. В.Даля»

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ В НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА

Рассмотрена начальная стадия развития пожара в помещении. Приведены расчетные зависимости для определения времени эвакуации людей на основе упрощенного модифицированного метода расчета начальной стадии пожара.

Ключевые слова: пожар, начальная стадия, прогноз, эвакуация людей, математическая модель, модифицированная модель

На территории Луганской Народной Республики в год происходит около 3000 пожаров, в которых погибает примерно 300 человек и в среднем 700 человек получают травмы различной тяжести. Один из способов минимизации данных жертв, это проведение безопасной эвакуации [5].

Любой пожар делится по времени стадии развития на: начальную, развивающую, развитую и затухающую. Начальной, считается время от момента возникновения горения и продолжающейся до охвата всей горючей нагрузки, находившейся в помещении. Как показывает опыт [2], эвакуацию целесообразно проводить при начальной стадии, так как именно во время нее люди могут организованно и не поддаваясь панике покинуть здания для дальнейшего тушения прибывшими на вызов пожарными.

При эвакуации людей большую опасность могут представлять для их здоровья и жизни такие опасные факторы пожара как высокая температура, токсичные продукты горения, дым, пламя, снижение кислорода в воздухе, а также интенсивность теплового потока.

В связи с этим, большую актуальность приобретает задача определения продолжительности начальной стадии пожара.

Основная часть.

Для расчета начальной стадии пожара при воспламенении горючей среды наиболее широко используется в настоящее время интегральный метод, предложенный Ю.А. Кошмаровым [4]. Недостатком его является то, что на основе проведенных экспериментальных исследований невозможно оценить время протекания неустановившегося процесса горения. Применение простой модифицированной модели позволяет учесть влияние неустановившегося режима выгорания.

При расчетах модифицированной модели начальной стадии пожара в помещении, объемом V, м^3, суммарной площади ограждений F_w , м^2, при площади очага горения $F_г$, м^2, используется дифференциальное уравнение (1), которое характеризует изменение по времени τ средней температуры газовой среды в помещении T_m :

$$\frac{dT_m}{d\tau} = \frac{\eta\psi_{уд}F_г Q_H^p(1-\beta) - \alpha(T_m - T_0)^{\frac{4}{3}}F_w}{c_p p_0 V}\frac{T_m}{T_0} \qquad (1)$$

где: характеристики газовой среды: Q_H^p , – теплота сгорания горючей жидкости; c_p - изобарная теплоемкость газа; p_0 – плотность газовой среды перед началом горения; условия процесса горения: η – коэффициент полноты сгорания, $\psi_{уд}$ – удельная массовая скорость выгорания горючей жидкости, β – отношение излучаемого потока энергии к скорости тепловыделение в очаге горения, α – коэффициент теплоотдачи при свободной турбулентной конвекции.

В качестве начального условия, будем принимать:

$$\chi_1 = 0.23 \qquad \chi_2 = 0 \qquad \chi = 0 \tag{2}$$

где: χ_1 – концентрация кислорода;

χ_2 – концентрация токсичного газа;

χ – концентрация дыма.

В результате интегрирования получаем зависимость (3) в безразмерном виде:

$$\int_0^{\vartheta} \frac{\bar{\gamma}_0 d\vartheta}{(\vartheta+1)(1-\bar{\gamma}_0\vartheta^{4/3})} = \int_0^{\tau} \alpha_0 \tau \,, \tag{3}$$

Полученная зависимость характеризует зависимость относительного приращения температуры ϑ горения от интервала времени для эвакуации людей τ.

При интегрирования левой части, рассматриваем интервал по времени в котором проходит изменение относительного приращения температуры $\vartheta = 0$ в текущее значение ϑ, скорость выгорания которого находится при постоянной величие параметра теплопоглощения γ_0 в исследуемом периоде времени.

Таким образом, среднее значение скорости выгорания может быть рассчитано по формуле (4):

$$\bar{\psi}_{уд} = \frac{1}{\tau}\int_0^1 \psi_{уд} d\tau \quad . \tag{4}$$

Величина теплопоглощения:

$$\bar{\gamma}_0 = \frac{\alpha F_W T_0^{\frac{4}{3}}}{\eta \bar{\psi}_{уд} F_г Q_H^p (1-\bar{\beta})} \,, \tag{5}$$

где: $\bar{\beta}$ – средний излучаемый поток энергии к скорости тепловыделения в очаге горения.

При расчете параметров по зависимостям (4) и (5) используется среднее значение удельной скорости выгорания в исследуемом периоде времени.

С учетом расчетных зависимостей парциальных плотностей ρ, кислорода, токсичного газа и оптической плотности дыма μ

$$p_1 = p_0 \chi_1 (1+\vartheta)^{-1} \tag{6}$$

$$p_2 = p_0 \chi_2 (1+\vartheta)^{-1} \tag{7}$$

$$\mu_m = p_0 \chi (1+\vartheta)^{-1} \tag{8}$$

где: p_0 - плотность газовой среды перед началом горения; ϑ – относительное приращение температуры.

Критическую продолжительность пожара, т.е., время, в течение которого достигается предельно - допустимое значение опасного фактора в установившемся режиме его изменения в рабочей зоне с использование модифицированной модели можно оценить по следующей зависимости:

$$\tau_{кр}^{T} = \frac{\overline{\gamma}_{OA}}{\alpha_0 (1+\overline{\gamma}_{OA}\, \vartheta_{кр}^{\frac{1}{3}})} \ln \left[\frac{1+\vartheta_{кр}}{1-\overline{\gamma}_{OA}\, \vartheta_{кр}^{\frac{4}{3}}} \right] \quad (9)$$

где: $\vartheta_{кр}$ – критическое приращение температуры среды; α_0 – коэффициент теплоотдачи на вертикальных и горизонтальных поверхностях ограждений.

Основываясь на опытных данных исследований, приведенных в [1] можно сделать вывод о том, что данная модель дает хорошее совпадение расчетных и опытных данных, что вполне подтверждает ее адекватность.

Выводы. Изложенный в статье упрощенный модифицированный интегральный метод расчета начальной стадии пожара, позволит более точно подобрать способ эвакуации людей, тем самым уменьшить число пострадавших.

Список литературы

1. Башкирцев М.П. Исследование температурного режима при горении жидкостей в помещении / Изд.: Москва 1967 – 123 с.
2. Емельянов Р.А. Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации / Р.А. Емельянов, А.С. Серенков, Т.А. Пивнева. - Изд.: Академия ГПС МЧС России, Москва, 2018 - 399 с.
3. Кошмаров М.Ю. Теоретические основы расчета критической продолжительности пожара в помещении при воспламенении горючей среды / Кошмаров М.Ю., Абросимов Ю.Г. – Изд.: АГПС МЧС РФ, Москва 2003 – 195 с.
4. Кошмаров Ю.А. Развитие пожара в помещении. Огнестойкость строительных конструкций / Ю.А. Кошмаров. - Изд.: ВНИИПО МВД СССР, Москва, 1977 – 115 с.
5. Электронный ресурс. – Режим доступа: https://gtrklnr.com

УДК 536.4

Стёпкин Анатолий Дмитриевич,
студент института гражданской
защиты ЛГУ им. В.Даля;
Назаренко Борис Владиславович,
старший преподаватель каф.
пожарной безопасности,
ГОУ ВПО ЛНР «ЛГУ им. В.Даля»

САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В статье рассмотрены вопросы самовоспламенения горючих веществ и факторы, влияющие на развитие процесса. Предложены методы предотвращения пожаровзрывоопасности технологических процессов.

Ключевые слова: горение, самовоспламенение, средства защиты, взрыв, смеси газов, пожаровзрывобезопасность

В основе пожаров и большинства взрывов лежат процессы горения, поэтому знание теоретических основ возникновения и протекания процессов воспламенения, горения и взрыва позволяет: прогнозировать вероятность возникновения пожара и взрыва в конкретных производственных условиях или чрезвычайных ситуациях; определять пожаровзрывоопасность веществ, технологических процессов и промышленных производств; применять меры, методы и средства защиты от взрывов и тушения пожаров [1,2,3].

Важной характеристикой процесса горения является скорость химического превращения. Зависимость скорости химической реакции от температуры обусловливает также специфическое для теории горения резкое различие режимов протекания реакции: существование воспламенения, разнообразных критических условий смены режимов, для которых характерна сильная, в пределе скачкообразная зависимость режима от параметров задачи [1, 2].

Сгорание смеси с такой скорость вызывает возникновение детонации, которое объясняется сжатием, нагревом и движением несгоревшей смеси перед фронтом пламени, к ускорению распространения пламени и возникновению в смеси ударной волны. Во время движения они разрушают сооружения, могут стать причиной несчастных случаев. А связи с этим актуальной является задача изучения самовоспламенения горючих материалов.

Основная часть.

Реакция окисления горючих веществ при определенных условиях может самопроизвольно ускоряться и переходить в реакцию горения. Такой процесс возникновения горения называется самовоспламенением. Самовоспламенение может быть тепловое и цепное. При тепловом самовоспламенении причиной ускорения реакции окисления и возникновения горения является превышение скорости выделения тепла над скоростью теплоотвода, а при цепном — превышение вероятности разветвлений цепей над вероятностью их обрывов. Обычно горение возникает в результате теплового самовоспламенения, хотя само химическое превращение при этом может протекать в виде цепных реакций [4,5].

Ускорение реакции в газовой смеси обусловлено преобладанием скорости тепловыделения над скоростью теплоотвода, детальную количественную теорию теплового самовоспламенения была разработана академиком Н.Н. Семеновым [6].

Рассмотрим эту теорию на примере самовоспламенения смеси горючих газов с воздухом, находящейся в сосуде, объемом V. При низкой температуре смеси $T_н$ реакция между горючим газом и кислородом воздуха практически не протекает. Чтобы она началась, нужно смесь нагреть до более высокой температуры. Если сосуд и смесь в нем нагреть до температуры T_0, значительно превышающей $T_н$, начнется химическая реакция окисления с выделением тепла. Скорость выделения тепла q, кДж/с, в сосуде определяется значением теплоты горения газа, объемом смеси и скоростью реакции окисления:

$$q_1 = QV_U, \tag{1}$$

где: Q - теплота горения газа, кДж/моль;

V- объем горючей смеси, м^3;

U - скорость реакции, моль/(с· $см^3$);

Подставляя выражение скорости реакции, получим:

$$q_1 = QV\, rc^v e^{-E/RT}, \tag{2}$$

где: r - константа скорости реакции;

v - порядок реакции;

$e^{-E/RT}$ – -экспоненциальная функция Аррениуса, выражающая зависимость скорости реакции от температуры.

Выделившаяся теплота передается горючей смеси, и она нагревается. Как только температура смеси превысит температуру внешней среды, начнется теплоотвод через стенки сосуда в окружающую среду. Количество отводимого тепла q_2 в единицу времени в первом приближении можно считать пропорциональным разности температур смеси и окружающей среды:

$$q_2 = aS\,(T - T_0), \tag{3}$$

где: a – коэффициент теплоотдачи от газа стенке сосуда, $\frac{кДж}{м^2 \cdot °C}$;

S – площадь поверхности стенок сосуда, м^2;

T –температура смеси; T_0 – температура стенок сосуда, °C.

Если предположить, что коэффициент теплоотдачи a не зависит от температуры, то потери тепла (2) окажутся линейной функцией температуры.

Предположим также, что до начала горения концентрация газа практически не меняется, тогда (1) в системе координат $q - T$ будет представлять экспоненциальную кривую (рис. 1).

На рис.1 представлено графическое изображение уравнений 1 и 2 с учетом принятых допущений.

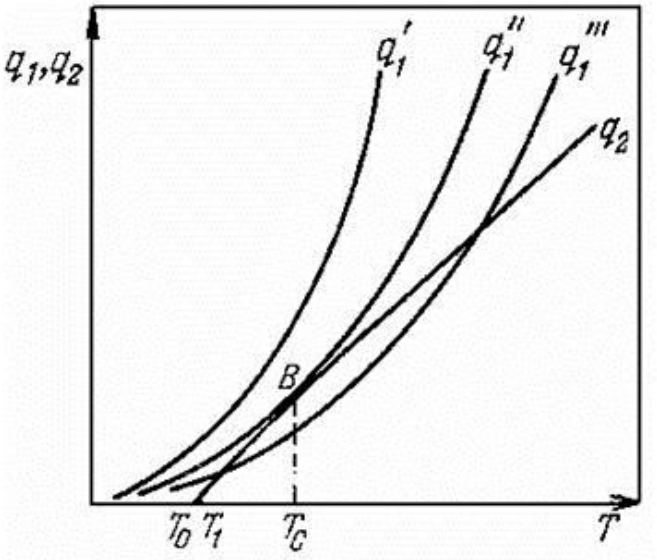


Рисунок 1 - Изменение скорости тепловыделения и теплоотвода при различных концентрациях горючей смеси

Система кривых q_1 соответствует различным скоростям химической реакции в зависимости от различных начальных концентраций реагирующего газа. При протекании реакции по кривой $q_1{}''$ самовоспламенения не произойдет. В начале, вследствие превышения тепловыделения над теплоотводом, смесь, начиная с температуры T_0, будет разогреваться до температуры T_1, после чего наступит устойчивое тепловое равновесие. При этом скорость реакции, достигнув некоторого значения при T_1, начнет непрерывно падать в связи с уменьшением концентраций реагирующих веществ.

Рассматриваемый случай соответствует процессу медленного окисления. Если реакция протекает по кривой $q_1{}'$, то тепловыделение всегда превышает теплоотвод. В этом случае смесь с самого начала будет непрерывно саморазогреваться, скорость реакции быстро примет высокие значения и, в результате, в системе произойдет самовоспламенение.

Граница между областями неограниченного и ограниченного разогрева реагирующей смеси соответствует протеканию реакции по кривой $q_1{}'$. При этом смесь может саморазогреваться до температуры, при которой наступает тепловое равновесие (точка В). Однако, в отличие от ранее разобранного случая, это равновесие неустойчивое. Даже незначительное повышение температуры T_0 вызовет прогрессирующий саморазогрев системы, приводящий к самовоспламенению.

Таким образом, условием перехода реагирующей системы к самовоспламенению является касание линий тепловыделения и теплоотвода, когда тепловыделение и теплоотвод равны $(q_1 = q_2)$. Температура этого теплового равновесия является температурой самовоспламенения.

В химических системах, в которых возможна разветвленная цепная реакция, самоускорение реакции, приводящие к самовоспламенению, может произойти при постоянной температуре. Такое самовоспламенение было названо цепным. Условием цепного самовоспламенения является превышение в системах числа разветвляющихся цепей над числом обрывающихся цепей.

В процессе неразветвляющейся цепной реакции, как правило, не развивается большая скорость химического превращения, и процесс обычно не завершается самовоспламенением.

Выводы. Для обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов, процессов переработки, хранения и транспортирования веществ и материалов необходимы разработка и внедрение инженерно-технических мероприятий, которые предотвращают образование или внесение в горючую смесь источника зажигания. Зная условия воспламенения горючих веществ, можно создать такие условия ведения технологических процессов, которые исключали бы возможность образования источников зажигания. В тех случаях, когда условия безопасности не выполняются, внедряют инженерно-технические решения, которые разрешают исключить контакт горючей смеси с источниками зажигания.

Список литературы

1. Андросов А. С. Теория горения и взрыва: Учеб. Пособие [Текст] / А.С. Андросов, И.Р. Бегишев, Е.П. Салеев. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 209 с.
2. Боровик, С.И. Пожарная безопасность: учебное пособие к практическим занятиям [Текст] / С.И. Боровик. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 160 с.
3. Теория воспламенения. Электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://libraryno.ru.
4. Основы теории горения по механизму воспламенения. Электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru.
5. Демидов П.Г. Горение и свойства горючих веществ [Текст] / П.Г. Демидов.: М., Изд-во. МКХ РСФСР , 1962. – 262 с.
6. Щеглов П.П. Свойства горючих веществ / П.П. Щеглов. – М.: Изд-во. УУЗ МВД РСФСР, 1961 – 132 с.

УДК 697.432.6.69

Куцаева Елена Анатольевна,
магистрант гр. ТГВм-51 каф. ТТГВ;
Лукьянов Александр Васильевич,
доктор технических наук,
профессор каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Обосновывается необходимость экологического мониторинга источников тепловой энергии автономных систем теплоснабжения как основы улучшения экологического состояния окружающей среды.

Ключевые слова: выбросы, экологический мониторинг, автономные системы теплоснабжения, тепловая энергия

В жилищно-коммунальной теплоэнергетике используются разнообразные котлоагрегаты: паровые и водогрейные; водотрубные и жаротрубные (газотрубные). Эти котлоагрегаты характеризуются большим рядом типоразмеров согласно их номинальной тепловой мощности. В качестве топлива в котлоагрегатах коммунальной теплоэнергетики применяются все существующие виды топлива органического происхождения: твердое, жидкое и газообразное. Учитывая это, жилищно-коммунальная теплоэнергетика является существенным загрязнителем окружающей среды.

В последнее время получило распространение использование малогабаритных жаротрубных котлоагрегатов для автономных систем теплоснабжения. При разработке и создании нового оборудования, использующего органическое топливо, основными требованиями являются эффективное использование топлива и снижение выбросов вредных веществ.

В котельных установках большой мощности используется система снижения выбросов вредных веществ и собирается подробная информация о составе и количестве загрязнителей в продуктах сгорания. Однако для котлоагрегатов малой мощности нет данных по выбросам, а отсутствие контроля в данном вопросе может значительно обострить и без того опасную экологическую обстановку, сложившуюся в настоящее время.

Кроме необходимости в регистрации состава и количества выбросов, учета влияния их на экологию региона, существует необходимость и в непосредственной существенной корректировке организации процессов сжигания топлив в направлении уменьшения образования вредных веществ, что подробно рассматривается в работах отечественных и зарубежных исследователей в данном направлении.

Недостаточная разработка решения вопросов соблюдения установленных норм выбросов из котлоагрегатов автономных систем теплоснабжения и при рассмотрении экологической ситуации отдельного региона в целом переводит данную проблему в разряд наиболее актуальных. Поэтому мониторинг состояния окружающей среды с целью снижения выбросов, образующихся при горении органического топлива в котлоагрегатах автономных систем теплоснабжения, особенно актуальны в научном и прикладном аспектах.

Одновременно с необходимостью повышения энергетической эффективности постоянно ужесточаются требования к оборудованию, использующему органическое топливо, регламентируемые международными и национальными стандартами [4].

Существующие средства снижения вредных веществ с продуктами сгорания можно разделить на [1].

а) средства прямого действия, влияющие на концентрацию вредных выбросов в продуктах сгорания при заданном составе и параметрах топлива и окислителя. Влияет на процесс горения через конструкцию топливного устройства;

б) средства эксплуатационного действия, влияющие на общий выброс вредных веществ или их удельный выход на единицу тепловой мощности котлоагрегата;

в) средства итогового действия влияют на концентрацию, общий выброс и удельный выход загрязняющих веществ путем очищающих устройств.

Для котлоагрегатов автономных систем теплоснабжения больше внимания заслуживают первое [5,6] и второе из перечисленных средств [2,3,4].

Однако, несмотря на то, что за последнее время появилось много научно-исследовательских работ, направленных на разработку мероприятий по снижению эмиссии вредных веществ, до решения экологического вопроса в коммунальной теплоэнергетике еще далеко. Это объясняется не комплексным подходом относительно снижения различных составляющих вредных выбросов, отсутствием экологического мониторинга как для автономных систем теплоснабжения, так и других систем теплоснабжения и коммунальной теплоэнергетике.

Целью публикации является анализ экологического состояния в коммунальной теплоэнергетике, выделение основных составляющих в структуре экологического мониторинга и исследование его распространения.

Для организации экологического мониторинга необходимо контролировать содержание газовых и твердых выбросов предприятий коммунальной теплоэнергетики.

При сжигании любого органического топлива выбрасываются в окружающую среду продукты сгорания: углекислый газ (CO2), водяной пар (H_2O), несгоревшее топливо: угарный газ (CO), водород (H2), несгоревшие углеводороды (CmHn) и экологически вредные нормированные загрязнители: оксиды серы (SO_2,), азота ($_{NO2}$) и зола. По составу и температуре отходящих газов можно делать выводы об эффективности работы котлоагрегатов. При наладке котлоагрегатов на оптимальный режим горения уменьшается количество несгоревшего топлива, т.е. решается задача ресурсосбережения, уменьшается количество лишнего нагреваемого воздуха, что увеличивает КПД котлоагрегатов и уменьшает количество экологически вредных примесей.

Контроль за работой котлоагрегатов на котельных осуществляется по режимным картам. Режимные карты составляются обычно один раз в три года. В течение этого времени характеристики котлоагрегатов изменяются значительно и, невзирая на то, что режим горения поддерживается операторами в норме, выбросы несгоревшего топлива и экологически вредных примесей могут отличаться от оптимальных параметров.

Применение газоанализатора для контроля состава продуктов сгорания совместно с датчиками температуры, входящими в базовый комплект газоанализатора, позволяет выяснить, каков режим горения топлива в конкретный промежуток времени. При этом для каждого конкретного типа топлива и при данной метеорологической обстановке (температуре окружающей среды, давлении, влажности) возможно определение оптимального соотношения подачи топлива и воздуха в устройство, где идет сжигание,

критерии оптимума могут быть выбраны по разным соображениям. Например, это может быть максимальная энергетическая эффективность котлоагрегата или минимальные затраты при данной тепловой мощности с учетом затрат на техническое обслуживание и платежей экологическим службам. Сопоставление режима горения, определенного для технически исправного котлоагрегата, позволит прогнозировать возникновение технических неполадок в оборудовании

Для оптимизации процесса горения на исправном котлоагрегате, например, по максимальной энергетической эффективности достаточно контролировать содержание в продуктах сгорания кислорода (O_2), окисла углерода (CO) и углекислого газа (CO_2). Соотношение этих компонентов несет информацию не только о коэффициенте полезного действия, но и о наличии технических неполадок (подсосов, негерметичности).

Для оптимизации процесса горения с точки зрения экономической эффективности следует дополнительно контролировать содержание в выбросах оксидов азота (NO, NO_2), а также диоксида серы (SO_2), если сжигается уголь или мазут. Информация о концентрации окислов азота также несет информацию о температуре горения и исправности газо- и дымоходов. Поэтому важна стационарная система оперативного мониторинга состава выбросов и режима горения топлива в котлоагрегатах.

Очевидно, что проблема организации эффективной работы котлоагрегата и проблема экологии тесно связаны между собой и решение одной автоматически влечет за собой решение другой проблемы.

Эффективная работа котлоагрегатов обеспечивается оптимальным ведением режима горения топлива. Нерациональное ведение топочного процесса приводит:

1. При подаче в топку воздух и топливо перемешиваются не полностью, поэтому в топку приходится подавать больше воздуха, чем необходимо теоретически. Чрезмерный избыток воздуха затем нагревается и выбрасывается в атмосферу, что в свою очередь, вызывает перерасход топлива, потребляемого котлоагрегатом для нагрева излишков воздуха, вызывает перерасход электроэнергии, потребляемой дутьевыми вентиляторами. На практике известно, что снижение на каждые 5% количества подаваемого избыточного воздуха дает 1% экономии топлива. Кроме того, при увеличении коэффициента избытка воздуха существенно увеличивается концентрация окислов азота.

2. Недостаток воздуха при горении способствует образованию окисла углерода CO в дымовых газах, что приводит к потере тепла от химической неполноты сгорания топлива, т.е. перерасход топлива.

3. Повышение экономичности котлоагрегатов достигается снижением температуры отходящих газов. Из практики известно, что уменьшение температуры отходящих газов на 100 C^0 увеличивает КПД котлоагрегата на 1%, а снижение температуры в ядре факела приводит к уменьшению окисления азота воздуха и снижению выбросов оксидов азота с дымовыми газами.

4. При нерациональном режиме работы котлоагрегата быстрее происходит загрязнение поверхностей нагрева, что приводит к остановке котлоагрегата для чистки. Пуск и растопка котлоагрегата также приводит к перерасходу топлива.

Каждая стационарная установка, сжигающая топливо, должна платить за нормированные выбросы (NO_2, SO_2, зола). Уменьшение выбросов вследствие отладки котлоагрегата на оптимальный режим и, следовательно, уменьшение платежей является экономическим стимулом для установки систем экологического мониторинга.

Выводы. Таким образом, одной из задач экологического мониторинга является накопление информации об основных источниках выбросов загрязняющих примесей, таких как CO, CO_2, NOx, SO_2, предприятиями теплоэнергетики. На основе этих данных возможно составление базы данных для дальнейших исследований, выбор эффективных средств снижения выбросов вредных веществ. Экологический мониторинг позволяет ведение оптимального режима работы котлоагрегата и в конечном итоге приводит к экономии топлива, снижению себестоимости единицы тепла, повышению КПД котлоагрегата и улучшению экологической обстановки.

Список литературы

1. Апальков А.П. Термодинамическая оценка воздействия коэффициента избытка воздуха и рециркуляции продуктов сгорания на энергетические характеристики топливоиспользующих агрегатов. //Пром. теплотехника.- 2004.-Т.26.-№.- С.142-146.

2. Губарь С.А. Выбросы оксидов азота отопительными котлоагрегатами малой мощности // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Серия: Техническая наука. Вып. 42. – М.: Техника. 2002. – С.136-138.

3. Губарь С.А. Влияние технологических факторов работы жаротрубных теплогенераторов на выход оксидов азота с продуктами сгорания // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. – 2002. №6(52). – С.198-201.

4. Сорока Б.С., Пьяных К.Е., Згурский В.А., Апальков А.П. Комбинирование способов снижения образования оксидов азота - основное направление обеспечения экологических нормативов при сжигании топлива // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. №5. С.60-69.

5. Трубецкой Е.А. Разработка низкоэмиссионной плоскопламенной горелки универсального назначения // Пром. теплотехника.- 2004.-Т.26.-№.- С.138-141.

6 Флер М.З. Газовая горелка для жаротрубных теплогенераторов малой массы // Инженерные системы и техногенная безопасность в строительстве. Вестник ДГАБА. - Макеевка, 2-3 - №4 (41). - С.26-28.

УДК 66.023

Долгий Андрей Евгеньевич,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Семенченко Андрей Игоревич,
магистрант гр. ТГВм-52а каф. ТТГВ;
Савич Дарья Владимировна,
асс. каф. ТТГВ**,**
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕРНИСТЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРОВ

В данной статье рассмотрена возможность применения зернистых фильтров для очистки запыленных отходящих технологических газов при производстве огнеупоров. Рассмотрены конструкция комбинированного экспериментального фильтра, схема с включением его включением в технологическую производственную линию. Показана возможность применения максимально замкнутой технологии пылеулавливания, позволяющей соблюсти нормы ПДВ и обеспечить экономическую эффективность от реализации и внедрения систем.

ключевые слова: зернистый фильтр, производство огнеупоров, запыленные отходящие газы, комбинированный экспериментальный фильтр, замкнутая схема пылеочистки

Производство огнеупоров, является одной из самых пылевыделяющих отраслей промышленности и поэтому рациональным решением задачи снижения уровня и интенсификации антропогенного воздействия на биосферу является использование максимально замкнутых технологий и производств (безотходных и малоотходных), позволяющих комплексно использовать перерабатываемое сырье и сводящих к возможному минимуму количество газообразных, жидких, твердых и энергетических отходов непосредственно в самих технологических процессах.

Несмотря на то, что за последние годы на предприятиях производства огнеупоров проведены значительные работы по газоочистке (установлены электрофильтры, группы циклонов, рукавные фильтры и группы из них), суммарные выбросы пыли продолжают оставаться высокими.

В связи с интенсификацией работы существующих и строящихся новых высокопроизводительных технологических агрегатов проблема улавливания пыли из отходящих газов и ее использования в огнеупорной промышленности приобретает большое народнохозяйственное значение.

Производство огнеупоров и стройматериалов, отличающиеся высокой концентрацией, разнообразием и энергоемкостью технологического оборудования, предназначенного для дробления, измельчения, классификации, транспортировки и обжига твердых, гранулированных и порошкообразных материалов, является достаточно серьезным источником пылевыделения в производственные помещения и окружающую воздушную среду [1].

Технологический процесс получения огнеупорных материалов основан на термической обработке измельченного сырья, что предопределяет его значительный унос дымовыми газами.

Высокую степень очистки дымовых газов от пыли в аппаратах пылеулавливания можно обеспечить только в результате изучения и учета основных физико-химических

свойств пылегазового потока для определения типа пылеуловителя и выбора его габаритов.

Основными характеристиками пыли, которые следует исследовать и учесть при проектировании систем пылеулавливания и их эксплуатации, являются слипаемость, плотность, абразивность, дисперсность, химический состав, удельное электрическое сопротивление, смачиваемость, оптические свойства [2].

Физико-химические свойства влияют прежде всего на степень слипаемости пыли на стенках пылеулавливающих аппаратов и газоходов. Слипаемость пыли ухудшает надежность работы аппаратов пылеулавливания; полное или частичное забивание их пылью является одной из распространенных причин неудовлетворительной очистки газов.

Проблема аэродинамического усовершенствования систем и аппаратов пылеулавливания в производстве огнеупоров тесно связана с токсикологическим воздействием пыли на организм человека и состоянием техносферы.

Пыль огнеупорного производства может быть причиной возникновения не только пневмокониоза, но и других заболеваний дыхательной системы, кожи и слизистых оболочек. К ним относятся пылевой бронхит, бронхиальная астма, пневмонии, поражения слизистой оболочки носа и носоглотки, конъюнктивиты, кожные поражения — шелушение, огрубение, угри, фурункулез, а иногда экземы, дерматиты.

Профессиональные заболевания от воздействия пыли выявляются обычно на поздних стадиях заболевания. Современные методы диагностики, уже внедряемые в практику могут более объективно представить последствия действия промышленной пыли на организм человека. Мы уже сейчас знаем о повреждении механизма очистки дыхательной системы, нарушении функций дыхания, кровообращения.

Выявляются опасные нарушения иммунной системы на ранних стадиях воздействия производственной пыли на человека.

Для предупреждения этих заболеваний важны меры законодательного характера; борьба с образованием и распространением пыли; меры индивидуальной и медицинской профилактики [3]. Важным мероприятием по уменьшению загрязненности воздуха является создание высокоэффективных аппаратов для обеспыливания производственной и наружной техносфер.

Таким образом, мероприятия законодательного, организационно-технического, экономического и технологического характера в своей совокупности могут стать серьезной альтернативой распространению заболеваний онкологической этиологии и обеспечить надежные перспективы оздоровления условий труда в огнеупорном производстве [3].

Пыль огнеупорного производства относится к сильно слипающимся, что в свою очередь осложняет удаление пыли из легочных путей, а хорошо растворимые пыли почти полностью растворяются в носоглотке и оказывают вредное действие.

Устройства для улавливания пылей строительных материалов по степени очистки делятся на аппараты грубой очистки и аппараты тонкого обеспыливания, а по способу пылеулавливания – сухие, мокрые и электрические.

Высокая степень слипаемости пыли огнеупорного производства привела к тому, что до последнего времени применялись сухие способы обеспыливания отходящих газов.

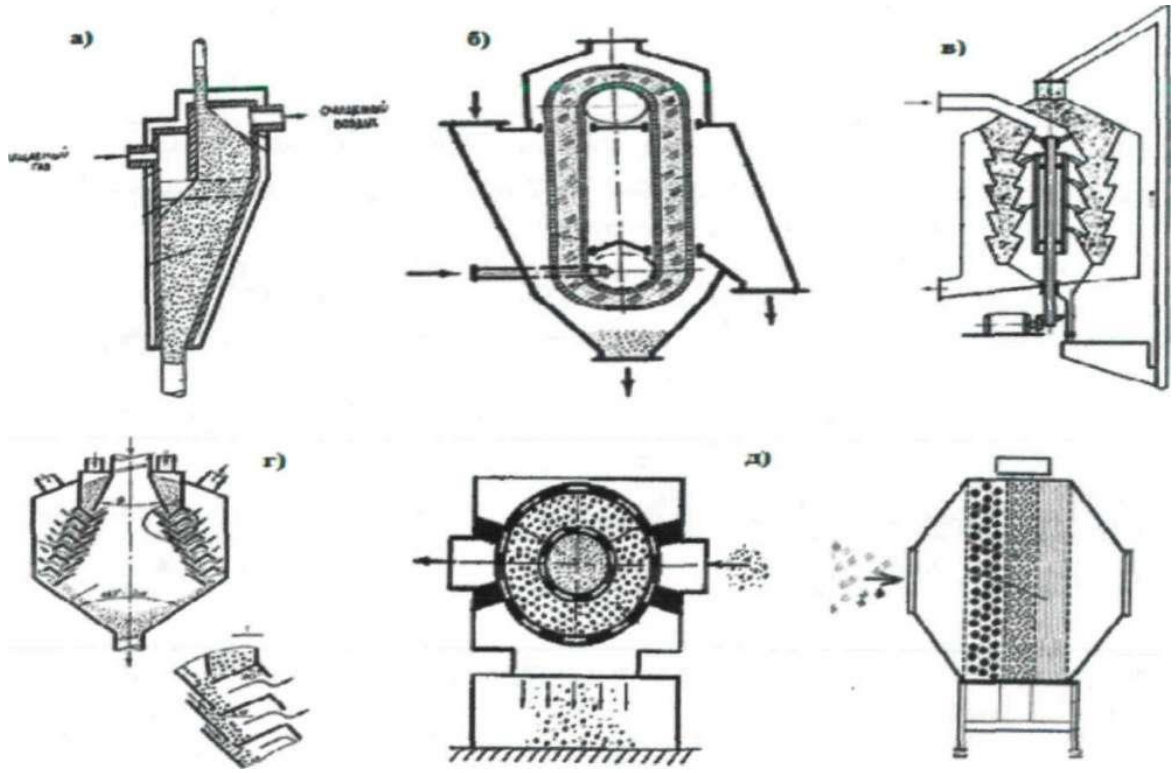
В производстве огнеупоров наибольшее распространение получили циклоны, электрофильтры, рукавные фильтры. Электрофильтры обладают высокой степенью очистки, однако они громоздки и не могут применяться для взрывоопасных пылей, высокая чувствительность к поддержанию параметров очистки и особые требования к уровню их обслуживания, также являются из недостатками. Циклоны имеют низкую степень очистки и в основном используются как аппараты, предварительной очистки

запыленных газов. Рукавные фильтры имеют небольшой ресурс работы и не всегда способны осуществить очистку в соответствии с нормами ПДВ.

Фильтры из сыпучих зернистых материалов все чаще используются для обеспыливания выбросов огнеупорного производства. В зернистых насыпных фильтрах задерживающие частицы не связаны между собой.

Материал фильтрующего слоя подбирают по необходимой механической и химической стойкости, доступности материала. Они позволяют работать, с токсичными агрессивными, и со слипающимися пылями. Работоспособность зернистых фильтров при высокой входной концентрации пыли поддерживается импульсной продувкой с жатым воздухом. Материал фильтрующего слоя подбирают по необходимой механической и химической стойкости, доступности материалов. Они позволяют работать с токсичными агрессивными, и со слипающимися пылями. Виды воздушных зернистых фильтров представлены на рисунке 1.

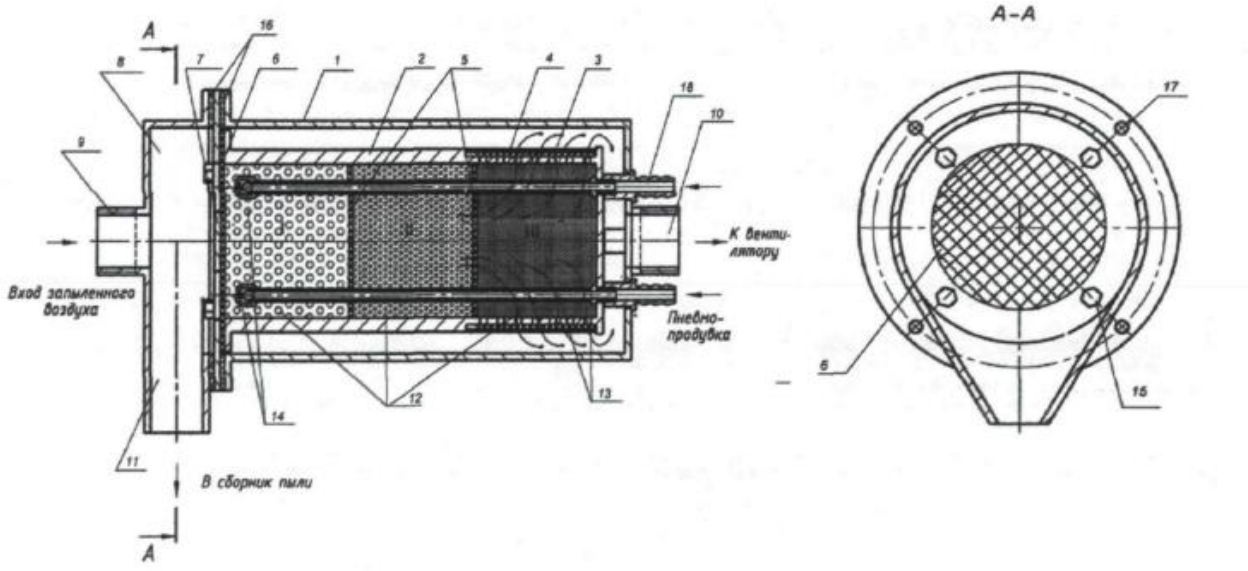
Зернистые фильтрующие слои отличаются дешевизной, доступностью, прочностью, термостойкостью, высокой степенью очистки, возможностью регенерации различными способами, способностью противостоять резким изменениям давления [4].



а)- зернистый фильтр с периодически или непрерывно вертикально движущимся слоем; б) - фильтр с зернистыми фильтрующими элементами, выполненными в виде бесконечной движущейся ленты; в) - фильтр с периодически перемещающимся вертикальным насыпным слоем; г) - фильтр с вертикально движущимся зернистым материалом и фильтрующим элементом, выполненным в виде жалюзи; д) - зернистый фильтр с вращающимся двухфракционным заполнителем; е)- трехсекционный зернистый фильтр

Рисунок 1 - Воздухоочистные зернистые фильтры [5]

На базе Воронежского государственного технического университета была разработана конструкция насыпного комбинированного фильтра, представленная на рисунке 2.



1- корпус фильтра; 2- корпус сменной кассеты фильтра; 3 - металлическая сетка; 4- фильтровальная ткань; 5- ограничители толщины слоя; 6 -резиновая уплотнительная прокладка; 7- распределительное устройство; 8 - камера запыленного воздуха; 9- коллектор запыленного воздуха; 10- коллектор очищенного воздуха; 11- патрубок сбора уловленной пыли; 12- зернистые (фильтровальные) слои различного гранулометрического состава; 13- регенерирующие патрубки (дополнительные передвижные коммуникации для импульсной регенерации зернистых слоев); 14- пружинные клапаны; 18 - штуцера для регенерирующего агента; 16 - металлическая решетка; 15; 17- крепежные болты.

Рисунок 2 – Насыпной комбинированный экспериментальный фильтр

Зернистые слои находятся в ячейках I, II, III. Ячейки содержат верхние и нижние ограничители толщины слоя 5 (плоские распределительные решетки). При проведении экспериментов толщина каждого слоя меняется от 40 мм до 10 мм. Первый и второй слои по ходу пылегазового потока заполнены дробленой шамотной крошкой, фракцией 3-6мм и 1-3мм, третий слой - зернистый пористый адсорбент - коксик. Пылегазовый поток поступает по газоходу в зернистый фильтрующий элемент. Вначале запыленный воздух проходит через крупный заполнитель I, где задерживаются наиболее крупные частицы пыли 7-10мкм. При прохождении первично очищенного пылегазового потока через более мелкий заполнитель II происходит более тонкая очистка от частиц дисперсной фазы размером 2-7 мкм. Далее поток попадает в секцию III, заполненную зернистым адсорбционным материалом, где происходит очистка от частиц пыли размером 1- 4мкм и вредных фенольных примесей [8].

Одновременно происходит фильтрование через стенки волокнистого полотна 4, которое позволяет полностью очистить пылегазовый поток от частиц пыли. Очищенный воздух выходит через коллектор 10. Конструкция фильтра обеспечивает регенерацию методом обратной продувки установленными внутри кассеты четырьмя трубками 13, на конце которых установлены пружинные клапаны 14, они открывают канал во время регенерации. Для регенерации использован компримированный (очищенный от влаги) воздух, поступающий через штуцер 18 (см. рис.2.). В работе отдано предпочтение

импульсной продувке при продолжительности импульса 0.2 - 0.3 с. Подачу сжатого воздуха осуществляли из ресивера.

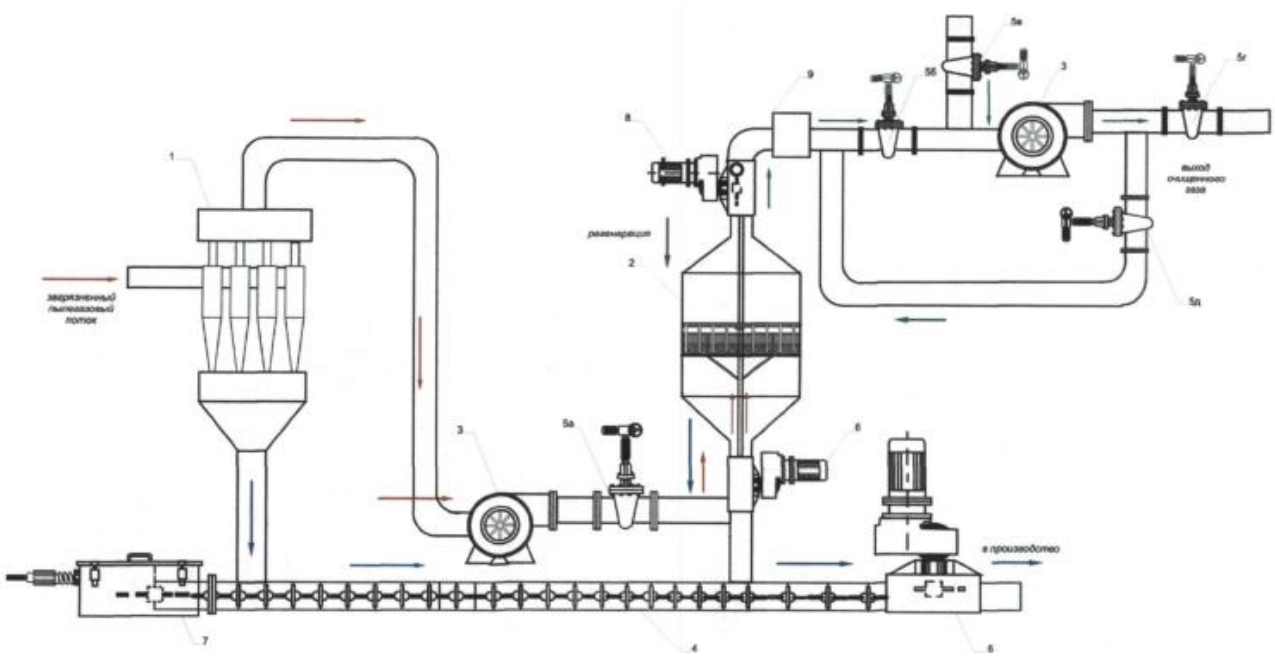
Конструкция фильтра позволяет оперативно менять сменную фильтровальную кассету, что обеспечивает мобильность и непрерывность работы оборудования. Последовательно расположенные фильтровальные слои могут быть установлены на различном расстоянии друг от друга, что позволит увеличить площадь фильтрования, для достижения необходимой эффективности пылеулавливания.

Эффективность работы фильтров данного типа зависит от проектирования всей системы пылеочистки для цеха и для предприятия в целом. При разработке системы пылеулавливания важно учесть следующие моменты:

- герметизация технологического оборудования и пылящих узлов;
- аспирация оборудования;
- установка систем промышленной вентиляции и кондиционирования воздуха, в которых эффективно использование насыпных фильтров.

Для выбора типа пылеочистного сооружения (тип подслоев) основой являются характеристики пылегазовых потоков, физико-химические свойства выделяющейся пыли.

Предложена оригинальная схема (рис.3), включающая транспортирующие устройства фирмы «Шраге», обеспечивающая замкнутый характер технологического процесса. Уловленная пыль вместе с отработанным фильтровальным материалом направляется в производство.



1 - первая ступень очистки - батарейный циклон; 2 - насыпной комбинированный фильтр; 3 - газодувка; 4 - транспортирующая цепь; 5 -клапан; 6 - приводная станция транспортера; 7 - натяжная станция транспортера; 8 - электродвигатель; 9 - буферная камера пневморегенерااии

Рисунок 3 – Схема включения насыпного комбинированного фильтра в производственную технологическую линию

Возврат материала насыпного фильтра делает рациональным использование

трубного цепного транспортера, который относится к механическому непрерывно действующему вспомогательному оборудованию.

В соответствии с приведенной схемой пылегазовый поток поступает на очистку в батарейный циклон 1, уловленная пыль из бункера циклона попадает на транспортер 4, передвижение которого осуществляется посредством натяжной станции 7 и приводной станции 6. Далее с помощью газодувок 3 поток перемещается из циклона на фильтр 2. Уловленная пыль также попадает на транспортер 4. Посредством трубного транспортера пыль передается обратно в производство. В режиме фильтрования открыты клапаны 5а, 5б и 5г; закрыты -5в, 5д.

При необходимости регенерации клапаны 5а, 5б и 5г закрываются, а клапаны 5в и 5д открываются. Воздух нагнетается посредством буферной камеры 9, компримированный воздух попадает в фильтр и движется в направлении обратном направлению процесса фильтрации, проходит через слой и пыль оседает в бункере и далее передается на транспортер.

При невозможности регенерации кассета открывается, и насадка также ссыпается в трубопровод транспортера 4.

Таким образом, приведенный порядок подбора типа оборудования и рациональная планировка систем пылеулавливания и газоочистки позволяет соблюсти нормы ПДВ и сэкономить ресурсы предприятия.

Выводы. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве огнеупоров тесно связана с технически рациональным, экономически оправданным и экологически надежным удалением и последующим использованием уловленной пыли [6].

Пылеулавливание, обеспечивающее надежную защиту окружающей среды от токсичных производственных выбросов, относится к числу достаточно энергоемких процессов, поэтому важно грамотно организовать процесс для минимизации количества потребляемой энергии и ресурсов. Это возможно при разработке и внедрении пылеулавливающих систем на основе зернистых фильтров. Использование таких систем позволяет комбинировать несколько ступеней очистки в одном аппарате, возвращать фильтрующую среду в качестве сырья в производство вместе с уловленной пылью и обеспечить нормы ПДВ в производстве огнеупорных материалов [7]. При этом особое значение приобретает разработка и внедрение систем переработки отходов производства, которые могут рассматриваться как вторичные огнеупорные ресурсы.

Список литературы

1. Красовицкий. Ю.В. Обеспыливание промышленных газов в огнеупорном производстве. /. П.Б. Балтренас, В.И. Энтин, Н.М. Анжеуров, В.Ф. Бабкин//- Вильнюс, « Техника», 1996- 364 с.

2. Алиев Г.М. Пылеулавливание в производстве огнеупоров / Г.М. Алиев.- М.: «Металургия», 1971. – 224с.

3. Красовицкий, Ю. В. Эксергетический анализ и выбор энергосберегающих параметров импульсной регенерации фильтров, улавливающих пыль из сушильного агента / Ю. В. Красовицкий, Р. А. Важинский, Н. Н. Ло-бачева [и др.] // Вестник Тамбовского гос. техн. ун-та. - 2008. - Т. 14, № 3. - С. 605-607.

4. Грачев В.А. Промышленная экология./-М.: ИК Март 2; Ростов, 2007. - 123с.

5. Аэродинамические способы повышения эффективности систем и аппаратов пылеулавливания в производстве огнеупоров [Текст] / В.И. Энтин, Ю.В. Красовицкий, Н.М. Анжеуров, А.М. Белдырев, Ф. Шраге// - Воронеж: Истоки, 1998. - 362 с.

6. Энтин С. В. Повое перспективное решение проблем пылеудаления в производстве огнеупоров [Текст] / СВ. Энтин, Ю.В. Красовицкий, О.Л.Панова, В.Г. Иванова, СЮ. Панов, Н.М. Анжеуров // Тр. IX Всерос. Конгресса «Экология и здоровье человека», Самара, 5-7 окт. 2004 г. -Самара, 2004. - 314-316С.

7. Предварительная подготовка пылегазовых потоков к тонкой очистке на предприятиях пищевой промышленности /Ю.В.Красовицкий, Е.В. Романюк, Р.А. Важинский, И.А. Чугунова. Воронеж, Вестник ВГТА. - №1(39). -2009. -74-78с.

8 Экологическое право [Текст]: учебник для вузов / под ред С.А.Боголюбова. -М: Высш. образование, 2006. - 485 с.

УДК 621.6.028

Куделя Олеся Романовна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Двали Леван Юрьевич,
магистрант гр. ЗТГВм-52а каф. ТТГВ;
Удовиченко Злата Викторовна,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

В статье представлен анализ актуальности применения автономного газоснабжения. В альтернативу газоснабжения природным газом используют автономное газоснабжение, которое в сою очередь намного дешевле, и сроки монтажа значительно уменьшаются. Это очень важно при необходимости быстрого подключения газа для нужд отопления, особенно в северных районах, где период теплого времени года короче. Преимущество применения системы автономного газоснабжения заключается в автономности системы, доступности энергоресурса, отсутствие монополии в сфере поставок сжиженного углеводородного газа (СУГ), высокая калорийность газа.

Ключевые слова: автономное газоснабжение, газгольдер, хранилище газа, газоиспользующее оборудование, СУГ, СПГ.

Автономное газоснабжение – альтернативная система газоснабжения, при которой газ для домовладений или предприятий поступает не из магистрального газопровода, а из независимого хранилища.

Сегодня предлагаются самые различные способы энергоснабжения. Но по оценкам специалистов система автономного газоснабжения является оптимальной, так как позволяет обеспечить [1]:

- отопление;
- снабжение газом;
- организацию горячего водоснабжения;
- устройство теплого пола.

Составные части системы автономного газоснабжения [2]:

– подземный или надземный резервуар для хранения газа (газгольдер). Принципиальное конструктивное отличие резервуаров для сжиженных углеводородных газов (СУГ) и сжиженных природных газов (СПГ) в том, что резервуар для СУГ сохраняет высокое давление, а резервуар для СПГ низкую температуру;

– трубопровод для подачи жидкой фазы из резервуара к испарителю;

– испаритель, предназначенный для преобразования жидкой фазы в газовую. При потреблении паровой фазы в объеме, обеспечиваемом естественным испарением газа внутри резервуара, испаритель не используется, а паровая (газовая) фаза отбирается непосредственно из верхней части резервуара;

– регулятор давления для понижения и поддержания постоянного давления газа до значения, необходимого потребителю;

– газопровод низкого давления, по которому газ в виде пара поступает к потребителям.

Принцип работы системы автономного газоснабжения:

1. Вблизи дома размещается емкость для хранения газа. Если для обеспечения работы одной только газовой плиты будет достаточно обычных баллонов, то для полноценной автономной системы используют емкости от 2000 литров до 20000 литров. Газгольдер, как правило, располагают на расстоянии 10 метров от дома и 15 метров от водозабора. Непосредственно газгольдер располагается на глубине промерзания грунта (на глубине от 60 см и более). Это делается для того, чтобы не допустить замерзания сжиженного газа (СУГ). Также следует обеспечить удобный подъезд для заправки газового резервуара. Под газгольдер в случае необходимости устанавливают бетонное основание.

2. От горловины газгольдера (где происходит испарение СУГ) газ поступает через трубопровод в котельную, кухню, газовый электрогенератор. Заправка газгольдера газом производится с помощью автомобильных цистерн («газовозов»). Автомобиль приезжает по заявке потребителя.

3. Газгольдер заполняют сжиженным газом, который получают охлаждением и сжижением при низкой температуре природного газа. После этой процедуры газ уменьшается в объеме в 600 раз и в нем снижается концентрация сернистых соединений. Газ испаряется и, пройдя через редуктор, поддерживается стабильное давление 30 – 50 миллибар. С таким пониженным давлением газ заполняет трубопровод с разводкой к газовому оборудованию.

Автономное газоснабжение уже десятки лет применяется в западных странах и не только для частных домов, но и для промышленных предприятий.

Автономная система газоснабжения позволяет сэкономить уже на этапе установки оборудования (газгольдера, трубопровода). Проведение земельных работ и устройство бетонного основания вполне можно провести собственными силами. Также СУГ стоит совсем недорого в сравнении с аналогами (дизелем, углем, торфом). Газгольдер, трубы, газовое оборудование (котельные, генераторы, кухонные плиты) в силу неагрессивного воздействия газа имеют долгие сроки эксплуатации. Немаловажно также то, что расходы на отопление будут зависеть только от температуры за стенами дома. В случае с централизованными теплосетями стоимость услуг не всегда будет обоснована.

Еще один способ сэкономить – определить необходимый объем газгольдера исходя из расчета, что для отопления 1 кв. метра жилья в среднем требуется 20 литров СУГ, а для загородного дома в 100 кв. м. в год необходим резервуар емкостью 3000 литров [3].

Для обеспечения газоснабжением отдельного жилого коттеджа с применением автономных технологий произведен расчет количества резервуаров для хранения газа и периодичности их заправки для коттеджа с площадью отапливаемых помещений 100 м^2. Установлено, что требуемая периодичность заправки резервуаров составляет один раз в 180 дней [4].

При отсутствии исходных данных о мощности газоиспользующего оборудования расчет мощности производят исходя из отапливаемой площади при высоте потолков помещений равной 3 м:

$$Q = S/10, \text{ кВт} \quad (1),$$

где Q - требуемая мощность газоиспользующего оборудования, кВт; $Q = 100/10$=10 кВт.
S суммарная площадь отапливаемых помещений, м^2.

Для определения требуемого количества СУГ в час используется усредненная величина расхода газа на 1 кВт мощности газоиспользующего оборудования, равная 0,079 кг/ч.

Таким образом, массовый расход СУГ определяется по формуле 2

$$\text{B} = Q \cdot 0{,}079, \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где B – расход СУГ, кг/ч; $B = 30 \cdot 0{,}079$=2,37 кВт.

Массовый расход СУГ в отопительный период в месяц с учетом коэффициента неравномерности использования газа (0,474) составляет

$B = 2{,}37 \cdot 24\ \text{часа} \cdot 30\ \text{суток} \cdot 0{,}474 = 808{,}8$ кг/месяц.

Для определения объемного расхода СУГ в месяц используем формулу 3

$$B_у = B/\rho,\ м^3, \qquad (3)$$

где $B_у$ – объемный расход газа, м^3/месяц; $B_у = 808{,}8/565 = 1{,}43$ м^3.

ρ - плотность СУГ, кг/м^3, ρ = 565 кг/м^3.

В соответствии с правилами безопасности резервуары хранения СУГ заполняются не более чем на 85%, во избежание его повреждения при расширении газа при высоких температурах окружающего воздуха.

Размерный ряд широко используемых резервуаров включает резервуары объемом 4,6; 6,5; 8,5; 9,2; 20 м^3, что соответствует по заполнению объему 3,91; 5,53; 7,23; 7,82; 17 м^3.

При существующем расходе газа периодичность заправки резервуаров составит: объемом 4,6 м^3 - 2,73 мес; 6,5 м^3 - 3,87 мес; 8,5 м^3 - 5,06 мес; 9,2 м^3 - 5,47 мес; 20 м^3 - 11,89 мес.

Таким образом для обеспечения требуемой периодичности заправки рекомендуется к использованию два резервуара объемом 4,6 или 6,5 м^3, или один резервуар объемом 8,5 или 9,2 м^3.

Проведенный анализ использования автономных систем для жилых зданий коттеджного типа позволил выявить их преимущества и недостатки [5].

Главным преимуществом автономного газоснабжения является его независимость от наличия или отсутствия магистрального трубопровода природного газа. Относительная чистота, малая токсичность и простота в эксплуатации по сравнению с дизельным отоплением.

Сжиженный газ имеет больший КПД по сравнению с природным газом и для работы котельного оборудования он более предпочтителен, так как в нем меньше сернистых соединений. Система автономного газоснабжения быстро окупается за счет дешевизны топлива и отсутствия расходов на эксплуатацию. При перебоях в электроснабжении имеется возможность подключить газовый генератор. Отсутствуют проблемы при падении давления в магистральной газовой трубе. Система автономного газоснабжения с газгольдерами позволяет самим устанавливать сроки начала и окончания отопительного сезона. При утечке сжиженного газа он не остается в почве, а полностью испаряется. При сгорании СУГ образуется в несколько раз меньше примесей и сажи, не чувствуется запаха.

Основным недостатком системы автономного газоснабжения с газгольдерами является ее цена. Средняя цена закупки и установки системы для загородного дома составляет полмиллиона рублей (без стоимости газового котла, генератора, плиты и конвектора). К недостаткам можно отнести и необходимость периодической заправки газгольдера сжиженным газом (1 – 2 раза в год). Теряется полезная площадь участка перед домом под установку газгольдера.

Список литературы

6. Кочева, М.А. Актуальность автономного газоснабжения / М.А. Кочева, А.С. Антонов, С.В. Хорев // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 10-1. – С. 28-29. URL: https://expeducation.ru/ru/article/view?id=8493

7. Брюханов, О.Н. Основы эксплуатации оборудования и систем газоснабжения / О.Н. Брюханов, А.И. Плужников. - М.: Инфра-М, 2012. – 256 с.

8. Лавренченко, Г.К. Криогенные комплексы производства и отгрузки СПГ, его приёма, хранения и регазификации в системе международной торговли / Г.К. Лавренченко, А.В. Копытин // Технические газы. - 2010. - № 3. - С. 2-19.

9. СП 495.1325800.2020. Резервуары изотермические для хранения сжиженных газов. Правила проектирования. – Введ. 01.07.2021. - М.: Стандартинформ, 2021. - 10 с.

10. Медведева, О.Н. Альтернативное решение проблемы снабжения потребителей природным газом / О.Н. Медведева, В.О. Фролов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Теплогазоснабжение: состояние, проблемы, перспективы». - Оренбург: ОГУ, - 2011. - С. 117-120.

УДК 621.6

Кисунько Оксана Владимировна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Молжанинов Даниил Евгениьевич,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Удовиченко Злата Викторовна,
кандидат технических наук, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАДОМНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

В статье применена экономико-математическая модель оптимизации располагаемого перепада давлений в распределительных газопроводах от индивидуальных шкафных газорегуляторных установок, отличительной особенностью которой является наличие системной связи между гидравлическими режимами эксплуатации газорегуляторных установок, а также распределительных газопроводов и тепловой эффективностью использования газового топлива. Результаты численной реализации модели показывают, что оптимальная потеря давления в распределительных газопроводах изменяется в достаточно широких пределах: от 250 до 450 Па в зависимости от климатических условий эксплуатации, технических характеристик газоснабжаемых зданий, плотности населения газоснабжаемой территории (площади приусадебных участков газоснабжаемых зданий) и других определяющих факторов.

Ключевые слова: система газоснабжения, магистральные трубопроводы, газорегуляторный пункт, шкафной ГРП.

В настоящее время уровень газификации населения Донецкой Народной Республики составляет 68%, при этом уровень газификации в прифронтовых зонах находится на уровне до 30%. На сооружение данной системы расходуется до 80% всех капитальных вложений в систему газоснабжения. Наличие высокой протяженности сети газопроводов в сочетании с большими диаметрами труб обусловливает повышенную материалоемкость, а, следовательно, высокую стоимость сооружения и эксплуатации. Время эксплуатации данных систем характеризуется ухудшением работы газоиспользующего оборудования у отдельных близко расположенных потребителей, а также нарушением гидравлических режимов и недостаточное давление для наиболее удаленных потребителей вследствие устаревшего оборудования ГРП и электрозащитных установок.

Природный газ является ведущим компонентом энергетического баланса республики. Он составляет основу энергопотребления десятков промышленных предприятий, на нем вырабатывается свыше 42% электрической и 66% тепловой энергии.

В существующей практике газификации городских и сельских населенных пунктов сетевым природным газом широко распространение получили двухступенчатые системы газоснабжения. Указанные системы включают в себя следующую цепочки взаимосвязанных технологических элементов: газовые сети высокого (среднего) давления- газорегуляторные пункты (ГРП)- газовые сети низкого давления.

Основная часть типовых схем газораспределительных систем городов и населенных пунктов Донбасса была разработана и внедрена в середине 50-х годов прошлого века. Такие схемы характеризуются высокой степенью централизации систем, когда один газорегуляторный пункт (ГРП) снабжает большое количество бытовых и мелких

коммунальных потребителей по широко развитым сетям низкого давления, выполненным из стальных труб.

В зависимости от размера населенного пункта на сооружение распределительной газовой сети расходовалось до 80% всех капитальных вложений в систему газоснабжения. Из общей протяженности сетей до 70-80% составляли газопроводы низкого давления и только 20-30%- газопроводы высокого (среднего) давления.

Наличие высокой протяженности сети газопроводов низкого давления в сочетании с большими диаметрами труб обусловливает повышенную материалоемкость газораспределительных систем, а, следовательно, высокую стоимость сооружения и эксплуатации систем газоснабжения. Время эксплуатации данных систем характеризуется ухудшением работы газоиспользующего оборудования у отдельных близко расположенных потребителей, а также нарушение гидравлических режимов и недостаточное давление для наиболее удаленных потребителей вследствие устаревшего оборудования ГРП и электрозащитных установок [1].

Дальнейшее развитие поселковых систем газоснабжения связано с широким использованием шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП).

В целях численной реализации экономико- математической модели системы газоснабжения населенного пункта на базе ШГРП были проведены соответствующие расчеты [2-4]. В качестве объекта газоснабжения принята отопительная котельная, оборудованная чугунными секционными котлами. Снабжение котельной газом осуществлялось от шкафной газорегуляторной установки с минимальной величиной регулируемого давления Pmin. Котлы эксплуатировались при постоянном расходе газа, близком к номинальной величине. Изменение теплопроизводительности котельной в зависимости от температуры наружного воздуха обеспечивалось путем автоматического включения (выключения) котлов по температурному графику тепловой сети.

В расчете использовались следующие исходные данные:

Расчётная теплопроизводительность котельной Q= 500 МДж/ч.

Номинальное давление газа перед котлами $P_{ном}$ =1300 Па.

КПД отопительных котлов при работе на номинальном режиме $\eta_{ном}$ = 86%.

Годовое число часов использования максимума тепловой нагрузки τгод = 2500 ч/год.

Длина распределительного газопровода *l* = 60 м.

Прокладка газопровода - подземная из стальных труб.

Удельная стоимость газа $C_г$ – 4,0 руб/м^3.

Результаты соответствующих расчетов представлены на графике (Рисунке 1).

Как видно из графика, минимальным приведенным затратам на систему газоснабжения Зmin = 1190 руб/год·кв соответствует оптимальная потеря давления в газопроводе ΔPopt = 600 Па. Указанная величина значительно меньше предельно допустимого значения (ΔPmin = 596 Па).

Оптимизация потерь давления в распределительных газопроводах обеспечивает значительную экономию затрат на сооружение и эксплуатацию системы газоснабжения. Так, например, при расчетной потерь давления ΔPmin =596 Па, согласно рисунку 2.3, имеем З= 5200 руб/год·кв. В то же время при ΔPopt = 450 Па имеем Зmin = 1190 руб/год·кв.

Таким образом, оптимизация потерь давления снижает приведенные затраты с 5200 до 1190 руб/год или на 77,1%.

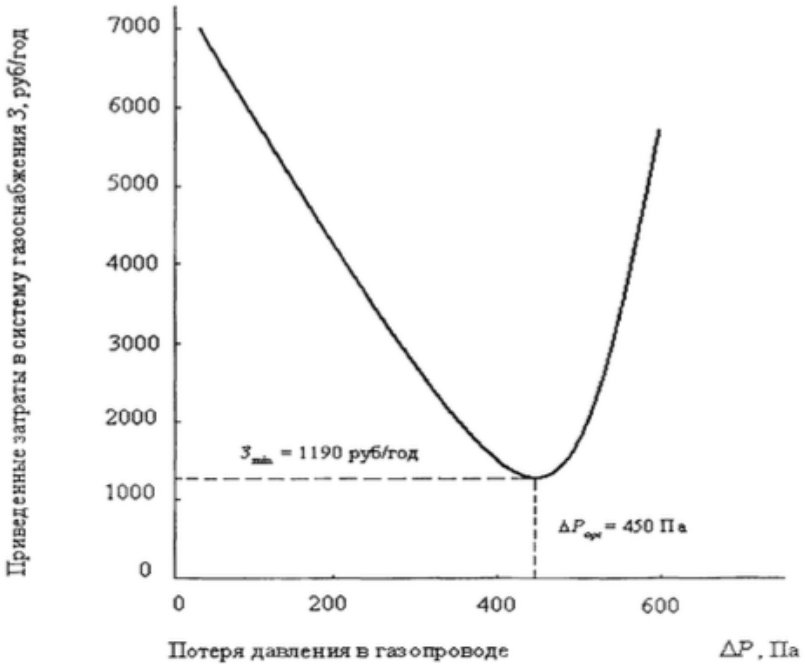


Рисунок 1- Зависимость приведенных затрат на систему газоснабжения от потери давления в газопроводе

Установка домовых регуляторов непосредственно у отдельных газоснабжаемых зданий исключает затраты на сооружение и эксплуатацию уличных распределительных газопроводов низкого давления и обеспечивает дополнительное снижение общих затрат на сооружение и эксплуатацию поселковых систем газоснабжения. Важным преимуществом одноступенчатых систем газоснабжения с домовыми регуляторами является также возможность стабилизации давления газа перед газоиспользующими установками. Это позволяет эксплуатировать газовое оборудование зданий при давлениях газа, близких к номинальной величине, обеспечивает работу газовых приборов с максимальным КПД и вскрывает значительные резервы экономии газа.

Многолетний зарубежный опыт эксплуатации одноступенчатых систем газоснабжения, а так же результаты их апробации в отечественной практике свидетельствуют о высокой эффективности указанных газораспределительных систем и доказывают целесообразность их широкого применения в качестве альтернативы двухступенчатых систем газоснабжения [5].

Список литературы

1. Брюханов, О.Н. Основы эксплуатации оборудования и систем газоснабжения / О.Н. Брюханов, А.И. Плужников. - М.: Инфра-М, 2012. – 256 с.
2. Иванов, А.А. Технико- экономическое обоснование двухступенчатых систем газоснабжения сельских поселков на базе шкафных ГРП// Материалы Международной научно- практической конференции «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии». – Пенза: РИО ПГСХА. -2010. -168 с.
3. Курицын, Б.Н. Алгоритм обоснования расчетного перепада давлений в распределительных системах газоснабжения от шкафных газорегуляторных пунктов / Б.Н. Курицын, А.А. Иванов // Научно- технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения: Сб. научн. трудов. – Саратов: изд-во СГТУ. -2008. –С. 60-63

4. Курицын Б.Н. Моделирование и оптимизация гидравлических режимов эксплуатации газораспределительных систем низкого давления / Б.Н. Курицын, А.А. Иванов // Третья Международная научно- техническая конференция «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – Москва. МГСУ, 11-13 ноября. -2009. –С. 304-308.

5. O'Grady T.J., Hisey D.T. Pressure calculation for corroded pipe developed / T.J. O'Grady, D.T. Hisey // Oil&Gas J/March issue, 2000. - P. 31-36.

УДК 62-62

Рыбаков Ян Константинович,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Короткий Виталий Николаевич,
магистрант гр. ЗТГВм-52а каф. ТТГВ;
Удовиченко Злата Викторовна,
кандидат технических наук, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

СЖИГАНИЕ НЕВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫХ ГАЗОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ

В статье представлен анализ возможных нетрадиционных видов газообразного топлива используемого для сжигания в газогорелочных устройствах. Приведена классификация горелок по составу газовоздушной смеси. Представлены результаты перерасчета горелок, работающих на природном газе на биогаз и шахтный метан. Определен оптимальный угол атаки газовой струи.

Ключевые слова: нетрадиционные газы, газообразное топливо, сжигание газа, газовая струя, факел, газогорелочное устройство.

Для эффективного использования нетрадиционных горючих газов в системах теплогазоснабжения требуется разработка газогорелочного устройства усовершенствованной конструкции, которое позволит обеспечить качественное сжигание нетрадиционных газов. Эти газы невзаимозаменяемые и требуют различные конструкторские решения в построении газогорелочных устройств, тем самым обеспечив полное их сгорание [1].

В системах теплогазоснабжения применяются такие углеводороды, как «традиционные и не традиционные». Традиционные углеводороды залегают в традиционных ловушках, добыча осуществляется с применением хорошо отработанных технологий и для их дальнейшей транспортировки не требуется специальная подготовка сырья. К данной категории относятся нефть и газ месторождений на суше и на море. К нетрадиционным углеводородам относятся ресурсы, расположенные в сложных геологических условиях в «нетрадиционных» ловушках, требующие применения новых нетривиальных методов разведки, добычи, переработки и транспортировки. К нетрадиционным источникам относятся: газ угольных пластов, газ сланцев, газ газовых гидратов, водорастворённый газ [2].

Газовые гидраты – твердые кристаллические вещества кристаллическая решетка которых построена из молекул воды, во внутренних полостях которых размещаются молекулы газа, образующего гидрат. Гидраты образуются там, где вода и газообразные углеводороды оказываются рядом при низких температурах и повышенных давлениях. Благодаря своей клатратной структуре газовый гидрат объёмом 1 см³ может содержать до 160—170 см³ газа.

Газ угленосных толщ. Уголь является для метана «материнской» и вмещающей породой. Толща угольного пласта подвергнута тектоническим деформациям - множеству трещин с размерами от нанометров до миллиметров, обширная сетка которых делит угольный пласт на бесконечное количество параллельных поверхностей, которые сорбируют содержащийся в угле метан. Одна тонна угля может содержать до 1300 м^3 метана.

Газ сланцевых отложений. Горючий сланец — полезное ископаемое из группы твёрдых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы. Сланцевый

газ — природный газ, состоящий преимущественно из метана, залегающий в сланцевых пластах (в горной породе).

В системах теплогазоснабжения важную роль для эффективного использования и его качественного сжигания определяющую роль играют газогорелочные устройства. В настоящее время вопросом актуальности является повышение качества сгорания нетрадиционных газов в системах теплогазоснабжения [3].

По составу газовоздушной смеси горелки подразделяются на:

- Диффузионные горелки. В диффузионных горелках газ поступает в топку без предварительного смешения. Все процессы смешения протекают параллельно и в общем объёме с процессами горения. Факел диффузионных горелок устойчив к отрыву, проскок невозможен, поэтому горелки имеют широкие пределы регулирования производительности.

- Горелки частичного предварительного смешения. Горение в этих горелках происходит за счёт первичного и за счёт вторичного воздуха. Эти горелки устанавливают в бытовых газовых приборах, отопительных котлах малой мощности, водонагревателях и др.

- Горелки полного предварительного смешения. В этих горелках в топку поступает заранее подготовленная газовоздушная смесь с $\alpha>1$. Воздух в горелку подаётся за счёт инжекции или вентилятором в количестве 1,02-1,1. При горении образуется короткий высокотемпературный несветящийся кинетический факел.

- Горелки предварительного незавершённого смешения. Эти горелки топливо и весь необходимый для полного сжигания воздух подают через горелочное устройство в топку, но качество подготовки смеси недостаточно для его сжигания по кинетическому принципу. При горении образуется удлиненный ярко светящийся факел.

Перевооружение горелки на иной состав газа заключается в изменении диаметра газовыпускных отверстий коллекторов d_o и угла поворота осей их отверстий β (угла атаки газовых струй).

Согласно алгоритму расчёта перевооружения горелки на шахтный газ [4-6] произведено сравнение расчёта природного, шахтного и биогаза.

Для наглядности представления результатов математического моделирования положения основания факела, все данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты математического моделирования положения основания факела

Вид топлива	Щелевая камера смешения с изменяющимся сечением (мощность 100 кВт)		Щелевая камера смешения с неизменяющимся сечением (мощность 100 кВт)	
	Угол 30°	Угол 60°	Угол 30°	Угол 60°
1	2	3	4	5
Природный газ	90	40	80	40
Биогаз	60	30	60	30
Шахтный газ	70	40	70	30
Вид топлива	Щелевая камера смешения с изменяющимся сечением (мощность 20 кВт)		Щелевая камера смешения с неизменяющимся сечением (мощность 20 кВт)	
	Угол 30°	Угол 60°	Угол 30°	Угол 60°
Природный газ	60	20	60	20
Биогаз	50	10	40	20
Шахтный газ	40	20	30	20

Из таблицы видно, что для угла атаки газовых струй 30˚ при работе горелки с 20%-ной мощностью на шахтном газе основание факела размещается на расстоянии порядка 40 мм от плиты основания, при работе горелки со 100%-ной тепловой мощностью основание факела поднимется и будет размещаться на высоте порядка 70 мм от плиты основания.

Можно сделать вывод, что с увеличением угла атаки струй до 60˚ при работе горелки с 20%-ной номинальной нагрузкой основание факела будет размещаться на высоте порядка 20 мм от плиты основания, при работе горелки со 100%-ной нагрузкой основание факела будет размещаться на высоте порядка 30-40 мм от плиты основания.

В процессе перерасчета установлено, что с увеличением угла атаки газовых струй до 60˚ основание факела снижается и приближается к газовым коллекторам, что крайне нежелательно при эксплуатации горелки.

С приближением основания факела к коллекторам велика вероятность их деформации в связи с воздействием близко расположенной высокотемпературной зоны горения, поэтому оптимальным углом атаки для горелок с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения будет считаться минимальный угол атаки. Такой угол позволит разделить в основании щелевой камеры смешения струи на отдельные не сливающиеся между собой потоки и даст возможность поддерживать основание факела с областью высоких температур на расстоянии от газовых коллекторов, предотвращая их от перегрев.

Список литературы

1. Медведева, О.Н. Альтернативное решение проблемы снабжения потребителей природным газом / О.Н. Медведева, В.О. Фролов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Теплогазоснабжение: состояние, проблемы, перспективы». - Оренбург: ОГУ, - 2011. - С. 117-120.

2. Комина, Г.П. Нетрадиционные ресурсы газообразного топлива и его использование / Г.П. Комина // Вестник гражданских инженеров. – СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАСУ, 2005. - С. 67-72.

3. Яковлев, В. А. Эффективные технологии сжигания невзаимозаменяемых газов / В.А. Яковлев, Г.П. Комина // Газинформ. – СПб.: Газовый клуб, 2016. – № 4 (54). – С. 54–60.

4. Яковлев, В.А. Испытания работы газогорелочного устройства с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения на невзаимозаменяемых газах / В.А. Яковлев // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9-2. – С. 299-306.

5. Воликов, А. Н. Энергоэкологическая эффективность природоохранных технологий и аппаратов при сжигании топлива (Часть 1) / А.Н. Воликов, В.И Шаврин, С.Г. Прохоров. - СПб.: СПбГАСУ, 2012. - 168 с.

6. Теребов, Д.Н. Требования к газогорелочным устройствам / Д.Н. Теребов, Д.Н. Лазарев, Д.С. Гмызов // Международный научный журнал «Инновационная наука». – Уфа: ООО «Аэтерна», 2016. - №4/2016. – С. 171-174.

УДК 696.2:622.691.4

Михайская Оксана Валентиновна,
асс. каф. ТТГВ;
Главацкая Валентина Игоревна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Комендюк Кристина Владиславовна,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Проанализированы факторы, влияющие на техническое состояние газовых сетей, в частности, на работоспособность длительно эксплуатируемых газопроводов. Выявлено, что с увеличением срока службы газопровода происходит изменение физических свойств металла, а также состояния изоляционного покрытия. Изучение динамики таких изменений позволяет прогнозировать срок эксплуатации газопроводов и продлевать их работоспособность.

Ключевые слова: газопровод, надежность, работоспособность, техническое состояние газопровода, коррозия, старение металла

Поддержание работоспособного состояния газопроводов в течение длительного периода времени является одной из главных задач эксплуатации и с каждым годом дается все тяжелее, ввиду общего старения газотранспортной системы России, средний возраст которой в 2020 году превысил 30 лет. Распределительные сети газопроводов представляют собой сложные разветвленные системы, в которых особое внимание уделяется надежности стальных подземных газопроводов как наиболее повреждаемых элементов.

Срок эксплуатации газопроводов в южных и центральных регионах страны достигает 50…55 лет. Заменить их в массовом порядке практически нереально. Возможности ремонта также сильно ограничены, особенно в густонаселённых районах. Продолжать эксплуатацию трубопроводов без достаточного обоснования их безопасности недопустимо. Определение срока службы стальных подземных трубопроводов важно для осуществления планирования работ по капитальному ремонту трубопроводов с заменой изоляции. В связи с этим возникает необходимость оценки их текущего состояния и прогнозирования остаточного ресурса.

Для оценки технического состояния газопровода проводится мониторинг [1], на основании которого выносятся решения о соответствии технического состояния газопровода одной из следующих категорий: работоспособному; частично неработоспособному; неработоспособному; предельному.

При работоспособном состоянии газопровода его дальнейшую эксплуатацию продолжают до следующего планового или внепланового проведения оценки технического состояния с проведением работ, предусмотренных при техническом обслуживании. При предельном состоянии газопровод выводят из эксплуатации без проведения его технического диагностирования.

Состав и последовательность работ, проводимых при оценке технического состояния подземного газопровода включает: сбор и систематизация данных мониторинга технического состояния подземного газопровода; комплексный учёт влияния факторов, определяющих техническое состояние подземного газопровода; расчёт величины риска отказов, обусловленных техническим состоянием подземного газопровода (риск отказа

газопровода при прогнозируемых значениях параметров потоков отказов на срок до очередной оценки его технического состояния, риск отказа после проведения капитального ремонта газопровода).

Факторы, отобранные для проведения балльной оценки технического состояния газопроводов, разделены на четыре группы:

– конструктивно-технологические показатели: протяженность, расчетное давление в газопроводе, наружный диаметр, толщина стенки газопровода;

– внешние условия: место прокладки газопровода, количество пересечений и параллельной прокладки газопровода с дорогами и инженерными коммуникациями, влияние блуждающих токов, коррозионная агрессивность грунта;

– параметры, определяющие техническое состояние газопровода: адгезия защитного покрытия, переходное сопротивление защитного покрытия, защищённость газопровода по времени средствами ЭХЗ, ударная вязкость металла трубы;

– дефекты и повреждения, выявленные при мониторинге за время эксплуатации газопровода: сквозные коррозионные повреждения, повреждения защитного покрытия.

Процедура проведения оценки технического состояния газопровода предусматривает поэтапное продление эксплуатации с учётом риска возникновения отказов, обусловленных техническим состоянием газопровода [1].

С увеличением возраста газопроводов и учетом имеющихся дефектов стала актуальной проблема оценки сроков их безопасной эксплуатации и анализа ресурса, в том числе после ремонта. При исследовании этой проблемы следует учитывать следующие особенности: газопроводы являются масштабными, протяженными системами и для оценки ресурса нужно уметь выявлять потенциально опасные участки; это системы с восстановлением, т. е. после проведения ремонта необходимо применять специальные методы оценки ресурса; при оценке ресурса следует учитывать нерасчетные (в проектах) нагрузки и воздействия, возникающие в процессе эксплуатации, а также анализировать возможные изменения механических свойств металла труб и сварных соединений [2, 3].

Трубопроводы в процессе длительной эксплуатации изнашиваются, стареют, их надежность и безопасность неуклонно снижаются. Процесс износа складывается из следующих явлений:

– изоляционное покрытие теряет адгезию, отслаивается от поверхности труб, охрупчивается, растрескивается;

– накапливаются дефекты на металле труб в виде коррозионных язв, царапин и усталостных трещин;

– появляются различные ремонтные конструкции в виде заварок, наплавок, приварок, которые часто создают концентрации напряжений;

– происходит перераспределение напряжений вдоль трубопровода, вызванное ремонтными работами, грунтовыми явлениями;

– изменяются механические свойства металла труб и сварных швов, снижаются пластичность и ударная вязкость.

Каждый из перечисленных факторов приводит к усилению действия всех других [4].

Практика эксплуатации подземных трубопроводов показывает, что коррозионные повреждения распределяются неравномерно как по длине сооружения, так и по его окружности.

Для магистральных газопроводов наиболее характерна язвенная коррозия. Язвенная коррозия – это разрушение поверхности, которое развивается на отдельных участках, причем площадь пораженной поверхности, как правило, превышает ее глубину.

При проведении ультразвуковой дефектоскопии резервуаров и трубопроводов участки с язвенным поражением могут не попасть в область дефектоскопа и остаться

незамеченными. Так же, как и неравномерная общая коррозия, язвенная может привести к появлению свища [5].

Коррозионное растрескивание – наиболее опасный вид локальной коррозии. Он реализуется в виде трещин, появляющихся в металле под действием двух факторов – коррозионно-активной среды и растягивающих нагрузок. Коррозионное растрескивание инициируется коррозионной язвой или любым другим локальным поражением поверхности. Коррозионная трещина на первом этапе своего существования растет очень медленно до тех пор, пока не достигнет критических размеров. С этого момента наблюдается лавинный рост трещины, который приводит к катастрофическому разрушению металлоконструкции. На скорость коррозии трубопровода влияют внутренние и внешние факторы, присущие как металлу, так и коррозионной среде. Внутренние факторы определяются природой металла, его составом, структурой, состоянием поверхности, наличием напряжений. Внешние факторы влияют на скорость коррозии металлов и определяются природой и свойствами коррозионной среды. К ним относятся: концентрация водородных ионов (pH), скорость движения электролита, температура, давление, контакт с другими металлами, внешние токи [6].

Удельное сопротивление грунта как обобщающий фактор коррозионной активности играет важную роль и определяет величину электрохимического потенциала трубопровода.

При наличии защитного покрытия и активных методов защиты разрушение газопровода происходит из-за износа изоляции.

В процессе эксплуатации газопровода под воздействием окружающей среды (грунта), меняются начальные характеристики изоляции трубы, происходит старение органических антикоррозионных покрытий (битумных, полимерных, пековых и др.): изоляционное покрытие теряет адгезию, может отслаиваться от поверхности труб, растрескиваться, что в свою очередь сказывается на эффективности катодной защиты.

При повреждении изоляции процесс износа складывается из следующих явлений: накапливаются дефекты на металле труб в виде коррозионных язв, царапин и усталостных трещин появляются различные ремонтные конструкции в виде заварок, наплавок, приварок, которые часто создают концентрации напряжений; происходит перераспределение напряжений вдоль трубопровода, вызванное ремонтными работами, грунтовыми явлениями; изменяются механические свойства металла труб и сварных швов, например, снижаются пластичность и ударная вязкость.

Анализ факторов, вызывающих преждевременное разрушение трубопроводов, показывает, что основными причинами разрушения являются концентраторы напряжений механического происхождения (царапины, надрезы, конструктивные дефекты и т.д.) и дефекты, образующиеся в результате длительного контакта металла с коррозионной средой. Однако помимо внешних воздействий на газопровод с течением времени происходят деградационные изменения свойств металла труб, связанные с изменением структурного состояния [7].

Согласно [2, 7] динамика изменения свойств металла и изоляционного покрытия необходима для расчета остаточного срока службы газопровода.

Исследования показывают, что механические свойства сталей в процессе длительной эксплуатации изменяются. Это явление получило название «старение металла труб». Старение выражается в том, что металл становится более хрупким, снижаются ударная вязкость, запас пластичности (относительное удлинение и относительное сужение). Предел прочности практически не изменяется, а предел текучести даже несколько повышается.

Известно, что природа пластического деформирования металлов напрямую связана с генерацией и движением дислокаций. Дислокации, двигаясь внутри кристаллов, взаимодействуют с другими дислокациями, примесными атомами, вакансиями. При этом

примесные атомы и вакансии переходят в другие положения, перегруппируются, увеличиваются внутрикристаллитные напряжения. Изменения претерпевают практически все структурные составляющие металла. Атомы углерода, приходя в движение, накапливаются на границах зерен. Вакансии постепенно объединяются и образуют микропустоты – зародыши микротрещин. Дислокации одинакового знака объединяются и образуют микротрещины. Перемещения дислокаций при микропластических деформациях приводят к структурным изменениям стали [8].

На современном этапе требуется решать новые задачи конструкционной надежности, которые будут нацелены на исследования работоспособности газопроводов с большими сроками эксплуатации, а также на разработку инженерных решений по их безопасной эксплуатации.

Выводы. По мере увеличения срока службы все большее влияние на сопротивляемость газопроводов разрушению начинают оказывать фактические условия эксплуатации: характер нагружения, пространственное положение, температурный фактор, уровень наследственной и накопленной поврежденности металла и др. Техническое состояние газопровода оценивают на основе комплексного учёта ряда факторов в процессе мониторинга. Выявлено, что причинами отказов газопроводов являются в основном коррозионный износ, а также ухудшение физического состояния металла труб в процессе долговременного воздействия эксплуатационных нагрузок. Дальнейшая работа будет направлена на изучение закономерностей старения металла трубопроводов газораспределительных систем, а также разработку мероприятий по улучшению условий эксплуатации и продлению работоспособности длительно эксплуатируемых газопроводов.

Список литературы

7. Р Газпром Газораспределение 2.11-2016 Методика оценки технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов. – СПб.: ОАО «Газпром газораспределение», 2016. – 118 с.

8. Р Газпром 2-2.3-789-2014 Газораспределительные системы. Определение остаточного ресурса сварных соединений распределительных трубопроводов. – М.: ОАО «Газпром», 2014. – 19 с.

9. ГОСТ Р 58094-2018 Системы газораспределительные. Сети газораспределения. Определение продолжительности эксплуатации стальных наружных газопроводов при проектировании. – М.: Стандартинформ, 2018. – 19 с.

10. Сметанин Ф.Е. Остаточный ресурс металла труб газопроводов, введенных в эксплуатацию в 60-е годы / Ф.Е. Сметанин, В.В. Кудрявцев, М.В. Демаков [и др.] // Проблемы старения сталей магистральных газопроводов: сб. тр. науч.-технич. семинара. – Н. Новгород: Университетская книга, 2006. – С. 220-131.

11. Медведева М.Л. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. – М.Л. Медведева, А.В Мурадов, А.К. Прыгаев. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. - 250 с.

12. Лазуткина О.Р. Химическое сопротивление и защита от коррозии: учебное пособие / О.Р. Лазуткина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.

13. РД 12-411-01 Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов. – М.: Горгостехнадзор России, 2001. – 75 с.

14. Ямалеев, К.М. Старение металла труб в процессе эксплуатации нефтепроводов / К.М. Ямалеев. – М.: ВНИИОЭНГ, 1990. – 64 с.

УДК 696.2:622.691.

Михайская Оксана Валентиновна
асс. каф. ТТГВ;
Жукова Галина Михайловна,
магистрант кафедры ТТГВ;
Прудников Дмитрий Юрьевич,
магистрант кафедры ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Выполнен анализ оценочных критериев эксплуатационной надежности запорной арматуры. Рассмотрены экспериментальные методы оценки качества запорной арматуры, исследованы существующие методики оценки эксплуатационной надежности с выявлением их недостатков.

Ключевык слова: эксплуатационная надежность, запорная арматура, магистральный газопровод, испытания на герметичность, утечка газа, испытательный стенд

Арматура – неотъемлемая часть любой трубопроводной системы. При работе в различных системах арматура подвергается разнообразным воздействиям: высоким и низким температурам, вибрациям, давлению и т.д. После того, как газ стал важным энергетическим ресурсом и его значительные потери из-за несвоевременного перекрытия линейной части магистральных газопроводов из-за неудовлетворительной работы трубопроводной арматуры стали наносить значительный экономический ущерб, требования к уровню эксплуатации трубопроводной арматуры резко возросли. К арматуре предъявляют особые требования, основные из которых долговечность, прочность, коррозионная стойкость и взрывобезопасность. Главным функциональным признаком запорной арматуры следует считать способность ее затворного устройства обеспечивать эффективную и безотказную герметичность перекрытия газового потока. Эффективность и безотказность этой системы оценивается показателями качества и надежности, определение которых основано на эксплуатационном опыте, результатах испытаний и вероятностных методах математической статистики. Многообразие этих показателей, их комплексность и громоздкость статистических вычислений предполагают использование количественно ограниченных системных модулей, но в полной мере оценивающих уровень надежности рассматриваемых технических систем. Таким образом, проблема совершенствования методов оценки качества и эксплуатационной надежности запорной арматуры является актуальной.

Частота срабатывания запорной арматуры различна. На линейной части газопроводов это срабатывание может быть единичным, на технологических участках - многократным и интенсивным из-за оперативных переключений. Цикл открытия-закрытия шарового элемента крана должен быть эффективным и безотказным. Эффективность и безотказность этой системы оценивается показателями надежности, которые позволяют давать оценку не только текущему техническому состоянию запорных элементов, но и прогнозировать его в будущем, управляя технологическим режимом.

На магистральных газопроводах используются преимущественно запорные краны с автоматическим управлением. Шаровые краны имеют различные модификации: по типу привода (ручной, пневматический, пневмогидравлический), по виду установки (подземный, надземный), по характеру присоединения (с концами под приварку, фланцевые, с ответными фланцами) и климатическому исполнению [1].

По конструкции запорного органа краны подразделяются на пробковые конусной или цилиндрической формы и шаровые крапы.

Под качеством запорной арматуры понимается совокупность количественных и качественных показателей, отвечающих требованиям нормативно-технической и конструкторской документации (НТиКД).

Герметичность – основной показатель качества для запорной арматуры.

Под эксплуатационной надёжностью понимается свойство объекта сохранять во времени н в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах эксплуатации, технического обслуживания хранения и транспортирования. Эксплуатационная надежность характеризуется показателями безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости, точечная или интервальная оценка которых определяется по данным эксплуатации [2].

Наибольший интерес представляют те показатели, которые отражают специфику качества изделий на стадиях эксплуатации и ремонта. К ним относятся показатели прочности, гидравлической и вакуумной плотности корпусных деталей, а также герметичность запорных и сальниковых элементов. Методика определения этих показателей основана на проведении испытаний, направленных на объективное измерение параметров, характеризующих уровень качества и эксплуатационной надежности объекта [3].

При испытаниях на прочность осуществляется экспериментальная проверка целостности объекта, воспринимающего действия силовых факторов, возникающих как при эксплуатации, так и при моделировании эксплуатационных условий работы трубопроводной арматуры.

При испытаниях на гидравлическую плотность материала корпусных деталей и сварных швов выполняется качественная и количественная оценка. При качественной оценке испытания сводятся к обнаружению мест сквозного проникновения среды через дефекты материала и устранению последних. При количественной оценке решается та же задача, но на основе установления количественной величины среды, прошедшей через сквозные дефекты материала корпусных деталей, что приводит к недопустимым утечкам и неплотностям.

При испытаниях на герметичность затвора, сальникового уплотнения, верхнего уплотнения и разъемных соединений оценивается внешняя и внутренняя герметичность регламентированного уровня в подвижных и неподвижных соединениях трубопроводной арматуры при действии предельных и близких к ним нагрузкам внутри трубопровода.

Существуют принятые схемы испытательных стендов для определения показателей качества, характеризующих уровень работоспособности запорной арматуры. Эти показатели определяются в условиях, воспроизводящих эксплуатационные нагрузки и воздействия, а в качестве испытуемого объекта выбирается полномасштабное натурное изделие. Такие испытания позволяют отрабатывать и совершенствовать конструкцию испытуемого объекта на стадиях проектирования и изготовления, а также получать объективные данные о показателях качества изготовленного или отремонтированного изделия. Важно отметить, что промышленный стенд для изучения эксплуатационного ресурса газопроводной арматуры, используемый в газодобывающей отрасли, не предназначен для более широких испытательных процедур, связанных с выявлением устойчивости изделия к силовым перегрузкам.

Привлечение к теории надежности вероятностных методов оценки случайных процессов моделирования сложных систем, статистических приемов обработки эмпирических наблюдений открыло возможности формирования методической последовательности операций по определению показателей, оценивающих уровень

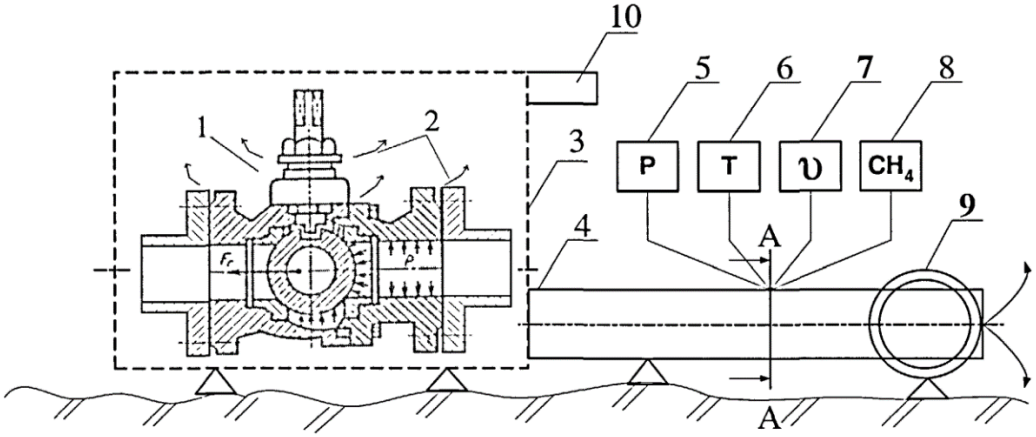
потенциальной, технически достигнутой или эксплуатационной надежности рассматриваемых объектов. Опыт создания таких методик достаточно ограничен. Применительно к запорной арматуре магистральных трубопроводов такие попытки пока не предпринимались, хотя известно, что разработка научных основ эксплуатации любых технических систем базируется на основе прогностических методов управления случайными процессами [4, 5].

Одна из схем измерения объема суммарных утечек газа через технологические узлы, к которым относятся объекты запорной арматуры надземного базирования, представлена на рисунке 1.

Особенностью этой схемы является применение каркасной сборно-разборной камеры 3, которая служит для локализации части пространства, окружающего технологический узел и имеющего газонепроницаемое покрытие. Локализующая камера оснащена входным калиброванным патрубком 10 и выходной измерительной линией 4, собранной из труб большого диаметра и имеющей прямолинейный участок, на котором размещается измерительное сечение А-А. Выбор места размещения измерительного участка выполняется так же, как и в предыдущем случае. Измерительное сечение А-А снабжается дополнительно анемометром 9 для измерения скорости течения газовоздушной смеси. При этом газовый счетчик из измерительной схемы исключается [6].

Измерения проводят в следующем порядке:

– включают вентилятор 5 для аспирации (отсасывания) газовоздушной смеси из локализующей камеры 3 по измерительной линии 4 с последующим выбросом аспирируемой смеси в атмосферу;



1 - технологический узел (запорная арматура); 2 - утечки; 3 - изолирующая палатка; 4 - измерительная линия; 5 - манометр; 6 - термометр; 7 - измеритель скорости потока (анемометр); 8 - анализатор метана; 9 - воздуходувка; 10 - входной патрубок; А-А - измерительное сечение

Рисунок 1 - Измерение объема суммарной утечки газа через технологический узел

– после стабилизации концентрации метана CH_4 в газовоздушной смеси (через 20 мин) производят измерение скорости газовоздушной смеси $\upsilon_2^г$ (м/с) в сечении А-А, а также снимают показания температуры $T_г$, давления $P_г$ н концентрации метана в газовоздушной смеси C_{CH4};

– рассчитывают расход газовоздушной смеси $Q_2^г$ по измеренной скорости потока $\upsilon_2^г$ и известному значению внутреннего диаметра линии $d_{вн}$ в сечении А-А

$$Q_2^и = 0{,}785 \cdot \upsilon_2^г \cdot d_{вн}^2,\ м/с^3, \qquad (1)$$

– определяют объем утечки метана:

$$Q_2^{CH_4} = Q_2^{г} \cdot \frac{C_{CH_4}}{100}, \ м/с^3, \qquad (2)$$

– приводят к нормальным условиям

$$Q_{2(норм)}^{CH_4} = Q_2^{CH_4} \cdot \frac{273 \cdot (P_б + P_г)}{0{,}1013 \cdot (273 + T_г)}, \ м/с^3, \qquad (3)$$

Результатами измерений являются объемы утечек метана, приведенные по формуле (3) к нормальным условиям. Измеренное значение утечек газа является критерием определения ресурсного отказа запорной арматуры.

Допустимая величина утечек газа может быть установлена экспертным или расчетным путем для группы однотипных кранов или газоперекачивающих подсистем исходя из экономических и технических возможностей предприятия.

Выводы. Разработка научно обоснованных методов оценки качества и управления эксплуатационной надежностью запорных механизмов сдерживается недостаточной изученностью механизма изнашивания отдельных узлов запорной арматуры. Рассмотрен и проанализирован комплекс оценочных критериев качества и эксплуатационной надежности запорной арматуры магистральных газопроводов. Основным показателем работоспособности запорной арматуры является состояние ее герметичности, определяемое величиной утечек газа через уплотнительные узлы. Анализ показывает, что в настоящее время приемлемыми являются методы прямого измерения объема утечек газа с помощью локализующих камер. Дальнейшая работа будет направлена на создание методики вероятностной оценки показателей надежности запорной арматуры на герметичность по результатам статистических эксплуатационных наблюдений и ускоренных стендовых испытаний.

Список литературы

1. Гуревич Д.Ф. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Справочник / Д.Ф. Гуревич, О.Н. Заринский, С.И Косых и др. - Л.: Машиностроение, 1982. - 320 с.
2. ГОСТ 27.002 - 89. Надежность в технике. Основные понятия термины и определения. М.: Госкомитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1989. - 12 с.
3. Адаменко С.В. Совершенствование метода оценки качества и эксплуатационной надежности запорной арматуры в условиях магистральных газопроводов (на примере ООО «Севергазпром»): дис. канд. техн. наук: 05.23.03. - Ухтинский гос. техн. университет, Ухта, 2005 - 184 с.
4. Вентцель Е.С Теория вероятностей. - М.: Наука, 1969. - 576 с.
5. Быков И.Ю. Эксплуатационная надежность и работоспособность буровых машин: Учебное пособие для вузов / И.Ю. Быков, Н.Д. Цхадая - Ухта: УГТУ, 2004. - 196 с.
6. Уоткинс Р. Разработка и внедренне аппаратуры для обнаружения и количественной утечки газов через клапаны: Научное сообщение. - Корпор. «Физикалакоустикс»: фирма «Данеган», 1989. - 28 с.

УДК 69.059
ББК 38.7-09

Дудник Анна Вячеславовна,
старший преподаватель кафедры
строительной инженерии и экономики;
Золотухина Наталья Викторовна,
старший преподаватель кафедры
архитектуры и дизайн,
БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г.Шевченко»

ЗАДАЧИ И ПРИЧИНЫ РЕКОНСТРУКЦИОННОГО ПЕРЕУСТРОЙСТВА

В данной статье рассмотрены причины и задачи реконструкционного переустройства, к которым относятся: «серость» архитектуры типовых зданий, высокая стоимость земли при относительно невысокой плотности застроек городов и населенных мест и другие. Значительная часть задач реконструкционного переустройства, модернизации и реставрации сформулирована в смысловых профессионально-строительных трактованиях этих терминов. Говоря о причинах реконструкции, следует отметить, что во всем мире они одинаковы и лишь отличаются по степени актуальности.

Ключевые слова: переустройство, реконструкция, модернизация, реставрация, причины.

Действительные сроки физической жизни зданий и сооружений при надлежащей эксплуатации могут многократно превосходить их планируемые сроки экономической жизни. Некоторые объекты успешно эксплуатируются несколько веков и даже тысячелетий при планируемых сроках жизни 75…175 лет. Однако, если несвоевременно производить текущие и капитальные ремонты, то они могут превратиться в ветхие за 40…25 и даже 10 лет. В современных условиях примерно через 15…20 лет меняются требования поколений людей к качеству обеспечения им жизнедеятельности по уровню комфорта, технологическим и прочим показателям в эксплуатации.

Таким образом, все рукотворные сооружения с течением времени накапливают физический и моральный износ, поэтому всегда по отношению к ним решался вопрос – снести их и построить заново либо устранить накопленные износы реконструкцией, модернизацией и реставрацией, продлив сроки их службы. В последние десятилетия этот вопрос все чаще решается в пользу реконструкции. Хотя с чисто технической строительной точки зрения реконструкционное переустройство более сложно, и проще объект взорвать и построить на его месте новый.

Строительство потребляет львиную долю материальных ресурсов стран. Производство строительных материалов связано с разработкой карьеров, сносом гор для получения рудного и нерудного сырья (песка, щебня, глины и др.), уничтожением лесов, значительными потреблениями энергоресурсов и другими неблагоприятными воздействиями на экологию планеты.

Наибольший ущерб окружающей среде наносят свалки строительного мусора, в основном они состоят из того, что получилось после разрушения отслуживших зданий. Несмотря на то, что во многих странах существуют законодательные и жесткие экономические условия, заставляющие строителей использовать эти отходы в качестве вторичного сырья для получения строительных материалов, территории свалок расширяются, множатся несанкционированные свалки [2]. Получение вторичного сырья из

разрушенных конструкций – энергоемко, недешево и хлопотно, да и качество строительных материалов из такого сырья оставляет желать лучшего. В России более выгодно платить штрафы, нежели перерабатывать строительные отходы. Кроме того, увеличиваются объемы материалов, вторичное использование которых практически невозможно, а уничтожение – проблематично так же, как и ядерных.

Естественно, мировая экологически озабоченная общественность, влияние которой увеличивается с каждым годом, выражает протесты подобным издержкам строительства. Да и планета начинает «мстить» человеку экологическими катастрофами, климатическими изменениями и т.п. Поскольку такие издержки при реконструкционных переустройствах несравненно скромнее, то это и является их главным гуманитарным преимуществом перед новым строительством.

В мире, в котором мы живем, доминирующими преимуществами являются экономические. В этом плане реконструкции в 1,7…3 раза экономически эффективнее нового строительства при решении одинаковых социальных и архитектурно-градостроительных задач.

Значительная часть задач реконструкционного переустройства, модернизации и реставрации сформулирована в смысловых профессионально-строительных трактованиях этих терминов.

Термин «переустройство» в строительном смысле направлен на уменьшение и устранение физического и морального износа конструкции или сооружения в целом, поэтому в его понятие включается капитальный ремонт, ремонтно-восстановительные работы, связанные с устранением физических износов из-за аварий, стихийных бедствий и т.д. [3].

При этом под физическим износом понимают ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, его элементов, вызванные различными объективными причинами. Прежде всего, это повреждения, вызванные перегрузками, нештатными ситуациями, дефектами проектирования, возведения здания и выявившимися в процессе эксплуатации и т. д., вносящие вклад в снижение несущей способности, жесткости, устойчивости, трещиностойкости, прочие характеристики. В конечном итоге, это – снижение эксплуатационной надежности. Моральным износом считается несоответствие существующих количественных и качественных эксплуатационных показателей современному уровню требований к ним, предъявляемыми нормами, государственными (общественными) стандартами.

Реконструкция зданий и сооружений представляет собой комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий, связанных с изменением технико-экономических показателей (нагрузок, конструктивных схем, планировки помещений, строительного объема, общей площадки, вместимости, инженерной оснащенности, назначения и т. д.) с целью изменения условий эксплуатации, архитектурного облика, максимального восполнения утраты от физического и морального износа, улучшения эстетических свойств и достижения прочих новых целей эксплуатации [1]. То есть, в общем случае она предусматривает возможность выполнения всего комплекса работ по переустройству. Но, например, ремонтно-восстановительные работы на уровень первоначальных проектных показателей конструкций квалифицируются как капитальный ремонт здания, так как они никаких конструктивных изменений не предусматривают.

Модернизация – частный случай реконструкции зданий и сооружений. Она предусматривает изменение и обновление объемно-планировочного, архитектурно-композиционного решения существующего объекта и его морально и технически устаревшего оборудования в соответствии с современными требованиями по комфортности, эстетике, функциональности эксплуатации и другим эксплуатационным показателям [5].

Реставрация – комплекс мероприятий с целью восстановления утраченного архитектурно-исторического облика здания, а иногда и внутреннего интерьера как архитектурного произведения для обеспечения подлинного архитектурно-художественного и культурного наследия современным и будущим поколениям [4]. Во все времена существовала реконструкция с обеспечением внешнего и внутреннего исторического стиля, но это уже не реставрация. К сожалению, к памятникам архитектуры не всегда относились так бережно, как к картинам. Значительная их часть за долгие годы эксплуатации подверглась переделам, пристройкам, надстройкам, поэтому реставрация нередко связана с удалением того, что изменяет замысел автора.

Возвращаясь к причинам реконструкции, следует отметить, что во всем мире они одинаковы и лишь отличаются по степени актуальности.

Как в России, так и во всех других странах, имеет место проблема дефицита относительно дешевого, но достаточно качественного жилья. Развитые страны заинтересованы в привлечении и использовании «импортной» рабочей силы (гастарбайтеров) и специалистов из других стран, поэтому реконструируют «трущобы», муниципальные жилые фонды. В России из-за неудовлетворительного обеспечения технической эксплуатации и несоответствия действующим нормам реконструкции подлежит более значительный объем жилого фонда. В него относят малоэтажные застройки в районах деловых, торговых, административных и культурных центров городов, типовые жилые здания – «крольчатники» послевоенной постройки, «коммуналки» и т.д.

Физически и морально износились промышленные здания. Значительная их часть была построена в конце XIX или начале XX века. Кроме того, появилась тенденция выноса промышленных предприятий из городов в промышленные зоны, что обуславливает необходимость переустройства зданий по новым назначениям. В России большая часть промышленности расположена за пределами селитебных зон территорий городов, и промздания возведены, в основном, во второй половине XX века, но их проектирование было узкоспециально направлено на производство конкретной продукции. В связи с изменением социально-экономических условий развития возникла необходимость перепрофилирования предприятий, создания более универсальных производственных зданий. Это усугубляется преждевременным физическим износом по различным причинам. Прогнозируемые объемы реконструкции промышленных зданий огромны, достаточно отметить, что по утверждению независимых экспертов на российских промышленных площадях можно осуществлять выпуск всей промышленной продукции, производимой в США, Германии, Франции, Италии и Канаде.

В качестве причин реконструкционного переустройства называют: «серость» архитектуры типовых зданий, высокую стоимость земли при относительно невысокой плотности застроек городов и населенных мест и другие. Земля – наше национальное богатство, поэтому возможности расширения законодательно закрепленных территорий городов жестко ограничены. В силу этого нам уже в ближайшем будущем следует смириться с мировой тенденцией развития городских застроек ввысь и вниз за счет увеличения их этажности и подземной урбанизации, связанной с возведением сооружений, не требующих естественного освещения, под надземными застройками.

Мировой опыт показывает, что перечень таких сооружений весьма обширен (подземные гаражи, кинотеатры, рестораны, казино, банки и т.д.), к тому же имеются весьма веские причины сооружать их подобным образом.

Список литературы

1. Булгаков С.Н. Строительное дело: Учебник д / техникумов. – М.: Стройиздат, 1980 – 317с.

2. Куцевич В.В., д-р архит. Структура построение формирования нормативной базы проектирования гражданских зданий с сооружений // Строительство, 2009, №4. - С.2-5.

3. Ливинский А.М. и др. Вступление в строительное дело. Учебное пособие.– К. Украинская академия наук, "МП Леся", 2007.-336с.

4. Ломакин В.А. Основы строительного дела. Учебник для техникумов. – М.: "Высшая школа", 1976.

5. Шишин А.В. Основы строительного дела. / А.В. Шишин, И.А. Синянский, Ю.П. Мурашко [и др.]. – М.: Колос, 2007 – 423с.

УДК 628.355

Симоненко Елизавета Игоревна,
магистрант группы ВВм-47;
Заворотный Дмитрий Викторович,
кандидат технических наук,
доцент каф. ВВ и ОВР;
Ткачук Юрий Вячеславович,
магистрант группы ЗВВм-51а,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКТИВНОГО ИЛА, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ЕГО СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА

В статье проанализированы основные физические свойства активного ила, которые влияют на процессы илоотделения в ходе биологической очистки сточных вод. Представлены результаты экспериментального исследования плотности частиц активного ила, в качестве которой принята истинная плотность сухого вещества иловой смеси. Актуальность проведения представленных в статье экспериментов обоснована целесообразностью уточнения тех параметров активного ила, которые позволят осуществлять теоретические расчёты исследуемых сооружений биологической очистки сточных вод.

Ключевые слова: активный ил, гидравлическая крупность, плотность, пикнометрический метод; седиментация.

Введение. Активный ил является системой живых организмов, содержащихся в водной среде сооружений биологической очистки сточных вод. Свойства активного ила динамически изменяются в зависимости от состава загрязнений, концентрации растворённого в жидкости кислорода, температуры и других внешних воздействий. В большинстве случаев при эксплуатации очистных сооружений внешние условия остаются постоянными в течении достаточно длительного периода времени. Для осуществления биологической очистки сточных вод важное значение имеют как способность активного ила к изъятию и переработке загрязняющих веществ, так и качества, способствующие отделению частиц активного ила от биологически очищенной жидкости. На илоотделение путём отстаивания или осветления во взвешенном слое активного ила значительное влияние оказывают его седиментационные свойства. Основными свойствами активного ила, определяющими его седиментационные качества, являются: доза (концентрация по сухому веществу) активного ила, зольность и концентрация по беззольному веществу, иловый индекс, возраст и скорость осаждения (стеснённого) частиц активного ила.

Состояние вопроса. Скорость стеснённого осаждения частиц зависит от скорости их свободного осаждения (гидравлической крупности) и от пористости твёрдой фазы суспензии. В соответствии с формулой Стокса [1, 4], гидравлическая крупность взвешенных частиц рассчитывается по формуле

$$u = \frac{d_{экв}^2 \cdot (\rho_ч - \rho_ж) \cdot g}{18 \cdot \mu}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где $d_{экв}$ – эквивалентный диаметр частицы, м;

$\rho_ч$ – плотность взвешенной частицы, кг/м^3;

$\rho_ж$ – плотность жидкости, кг/м^3;

μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

Под эквивалентным диаметром рассматриваемой частицы подразумевается диаметр такой шарообразной частицы, который имеет такую же плотность и гидравлическую крупность [4]. Плотность и эквивалентный диаметр частиц активного ила крайне сложно определить, поскольку они обладают весьма развитой поверхностью и склонны к взаимной коагуляции. Размеры образуемых активным илом хлопьев (флокул) зависят не только от микробиологического состава ила и химических свойств окружающей его жидкости, но и от скорости движения потоков, в которых пребывает активный ил. Зависимость степени укрупнения иловых частиц от скорости жидкости обуславливает непостоянство эквивалентных диаметров частиц в различных частях сооружения и в разные моменты времени. Гидравлическая крупность активного ила обычно определяется не по теоретическим зависимостям, а путём непосредственного измерения эффекта осаждения взвешенных веществ в исследуемой иловой смеси [1, 2]. В настоящее время постоянно развивающиеся возможности вычислительных средств делают актуальным определение фактических значений физических параметров исследуемых объектов для теоретического расчёта совершенствуемых аппаратов и сооружений.

Определение фактического размера отдельных флокул активного ила, может осуществляться при помощи метода лазерной дифракции, основанном на применении лазерного анализатора частиц [3].

Значение плотности активного ила редко встречается в литературе, что обусловлено преобладанием экспериментального метода определения его гидравлической крупности. Плотность активного ила зависит от его микробиологического состава и зольности. Средняя плотность активного ила может принимать значения 700…1300 кг/м^3 [5].

Задачи и методы исследований. Задачей исследования было определение плотности активного ила с целью последующего применения полученных данных в теоретических расчётах скорости осаждения.

Активный ил обладает сложной структурой, в которую помимо сухого вещества входит заключённая в клетках микроорганизмов вода и иловая вода, которая пронизывает пространство между разветвлёнными твёрдыми элементами хлопка. Отделить иловую воду от микроорганизмов не подвергая их частичному осушению, равно как и сохранить массу организмов активного ила не оставив воды в порах флокулы, не представляется возможным. Если рассматривать внутриклеточную воду не как часть частиц ила, а как часть жидкости, заключённой в пространстве частицы весьма сложной формы, то масса активного ила будет считаться равной массе его сухого вещества. При этом плотностью активного ила будем считать истинную плотность сухого вещества.

Определение истинной плотности сухого вещества можно осуществить пикнометрическим методом. Определяется масса пикнометра с иловой смесью объёмом W, его масса при заполнении фильтратом до такого же объёма W и масса пустого высушенного пикнометра. Расчёт плотности твёрдого вещества $\rho_ч$ исследуемой иловой смеси производится путём деления массы сухого вещества активного ила на объём вытесненной им жидкости, то есть по формуле

$$\rho_ч = \frac{a_i \cdot W}{\left(a_i \cdot W - \Delta M\right) / \rho_ж}, \qquad \text{кг/м}^3, \tag{2}$$

где a_i – доза активного ила, г/дм^3;

ΔM – разность масс пикнометра при заполнении его иловой смесью и фильтратом, г;

W – объём иловой смеси в пикнометре, дм^3.

Для удобства обработки экспериментальных данных формулу (2) преобразуем в формулу

$$\rho_ч = \frac{(m_ф - m_{пик}) \cdot m_{тв}}{\left(m_{тв} - m_{см} + m_ф\right) \cdot W}, \quad кг/м^3, \qquad (3)$$

где $m_{см}$ – масса пикнометра, г, при заполнении его иловой смесью до объёма W;

$m_{тв}$ – масса сухого вещества, г, которая определяется после фильтрации иловой смеси из пикнометра и служит также для расчёта дозы активного ила в исследуемой пробе;

$m_ф$ – масса пикнометра, г, при заполнении его фильтратом до объёма W;

$m_{пик}$ – масса чистого сухого пикнометра, г.

Результаты исследований. Для проведения эксперимента был использован активный ил с иловым индексом I = 87 см^3/г. Активный ил был отобран на Макеевских очистных сооружениях. Объём пикнометра равен W = 0,050 дм^3. После измерения дозы активного ила исследуемой пробы определялась его зольность. Результаты измерений и расчётов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента по определению плотности твёрдой фазы активного ила

Параметр	Номер пробы		
	1	2	3
1	2	3	4
Масса твёрдого вещества иловой смеси $m_{тв}$, г	0,35175	0,33420	0,46995
Масса пикнометра с фильтратом $m_ф$, г	70,10530	70,10530	70,10530
Масса пикнометра с иловой смесью $m_{см}$, г	70,24155	70,26545	70,28650
Масса пикнометра $m_{пик}$, г	19,17240	19,17240	19,17240
Плотность жидкой фазы иловой смеси $\rho_ж$, кг/м^3	1018,7	1018,7	1018,7
Плотность иловой смеси $\rho_{см}$, кг/м^3	1021,4	1021,9	1022,4
Концентрация активного ила по сухому веществу a_i, г/дм^3	7,04	6,68	9,40
Зольность активного ила s, %	24,5	25,9	24,3
Плотность частиц активного ила (истинная плотность сухого вещества в иловой смеси) по формуле (3) $\rho_ч$, кг/м^3	1663	1956	1658

В результате проведённых экспериментов выявлено, что плотность частиц активного ила может составлять 1650…1950 кг/м^3. Полученные данные указывают на превышение значений плотности, ожидаемых на основании анализа литературных источников.

Сравнение полученных величин плотности фильтрата и иловой смеси свидетельствуют о том, что плотность иловой смеси может составлять около 1020 кг/м^3 и превышает плотность воды не столько из-за наличия в ней взвешенных веществ (активного ила), сколько за счёт высокого солесодержания.

Результаты лабораторных анализов трёх проб свидетельствуют о соответствии плотностей частиц с близкими значениями зольностей (пробы №1 и №3). В пробе №2, которая отличается более высокой зольностью, получена более высокая плотность сухого вещества. Повышенная плотность частиц пробы №2 обусловлена тем, что плотность минеральной составляющей активного ила больше плотности беззольного вещества.

Выводы. В результате экспериментальных исследований определено, что истинная плотность активного ила может составлять около 1,6…1,9 г/см^3, что заметно превышает значения, упоминаемые в научной литературе. Более высокая зольность активного ила соответствует большей плотности. Определение зависимости истинной плотности активного

ила от его возраста, зольности или илового индекса, а также получение значений эквивалентного диаметра и фактора формы флокул, являются перспективой дальнейших исследований физических свойств активного ила, обуславливающих его седиментационные качества.

Список литературы

1. Бабенко, А.П. Гидравлическая крупность - основная характеристика при расчете отстойников / А.П. Бабенко, И.В. Стрелец // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – №6 (11). – С. 34-42. – Текст : электронный – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20204138

2. Головнев, И.Э. Влияние ультразвуковой обработки на седиментационные и водоотдающие свойства суспензий активного ила / И.Э. Головнев, Марцуль В.Н. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – №11, – С. 122-128. – Текст : электронный – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32268740

3. Гульшин, А.И. Характеристика активного ила, осуществляющего процесс очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от соединений азота в аэрационных сооружениях циркуляционного типа при низких концентрациях растворенного кислорода / И.А. Гульшин // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1 (52). – Текст : электронный – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38499239

4. Куликов, Н.И. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев [Текст]. – Донецк: изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2009. -298 с.

5. Обухова, М.В. Повышение эффективности обработки осадков сточных вод с применением СВЧ-излучения: дис. … к-та техн. наук / М.В. Обухова. – Текст: электронный – СПб, 2021. – 135 с. – Текст : электронный – URL: http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/obuhova-marina-vitalevna

УДК 628.1

Зайченко Людмила Геннадьевна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры ВВ и ОВР;
Гарипова Ольга Ростамовна,
Воробьев Антон Валериевич,
магистры гр. ВВм - 48
кафедры ВВ и ОВР,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСХОДЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Рассмотрены проблемы технического состояния систем централизованного водоснабжения. Рассмотрены основные составляющие технологического норматива использования питьевой воды. Выполнен расчёт технологических расходов питьевой воды для централизованного водоснабжения и водоотведения Коммунального Предприятия «Компания «ВОДА ДОНБАССА». Представлен сравнительный анализ основных показателей технологических расходов питьевой воды за 2016-2020 гг.

Ключевые слова: водопроводная сеть, водопроводные очистные сооружения, технологические расходы воды, система подачи и распределения воды

Введение. Процессы производства и транспортирования питьевой воды в системах коммунального водоснабжения сопровождаются ее убылью на каждом этапе еще до поступления непосредственно потребителю. Это связано не только с производительными расходами воды на технологические, производственные и собственные нужды организации водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), на пожаротушение и полив, но и с непроизводительными расходами и утечками воды из водопроводных сетей и сооружений. К непроизводительным относятся расходы на технологические нужды ряда сооружений и оборудования, на производственные нужды объектов вспомогательного назначения (котельные, гаражи, водомерные мастерские), а также на хозяйственно-питьевые нужды персонала организации ВКХ [1, 4]. Эти расходы воды должны быть также отнесены к неучтенным, даже если они определены с помощью приборов учета, поскольку непосредственно не оплачиваются абонентами, но являются неизбежными при эксплуатации, и, следовательно, должны быть включены в себестоимость питьевой воды.

Неучтённые расходы и потери воды разделяются на следующие группы:
- полезные расходы воды;
- потери воды из водопроводной сети и ёмкостных сооружений.

Неучтённые полезные расходы воды делятся на:
- технологические;
- организационно-учётные.

Потери воды из водопроводной сети и ёмкостных сооружений включают:
- утечки воды из водопроводной сети и ёмкостных сооружений;
- потери воды за счёт естественной убыли.

Основная часть. Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов заключён договор с КП «Компания Вода Донбасса», предметом которого является расчет нормативных технологических нужд питьевой воды для объектов водоснабжения и водоотведения, находящихся на территории Донецкой Народной Республики. На примере централизованного водоснабжения был выполнен анализ технологических расходов питьевой воды за последние четыре года [2].

Технологические расходы питьевой воды на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства для централизованного водоснабжения определяются на основании анализа статистических и эксплуатационных данных, приведённых на рисунке 1.

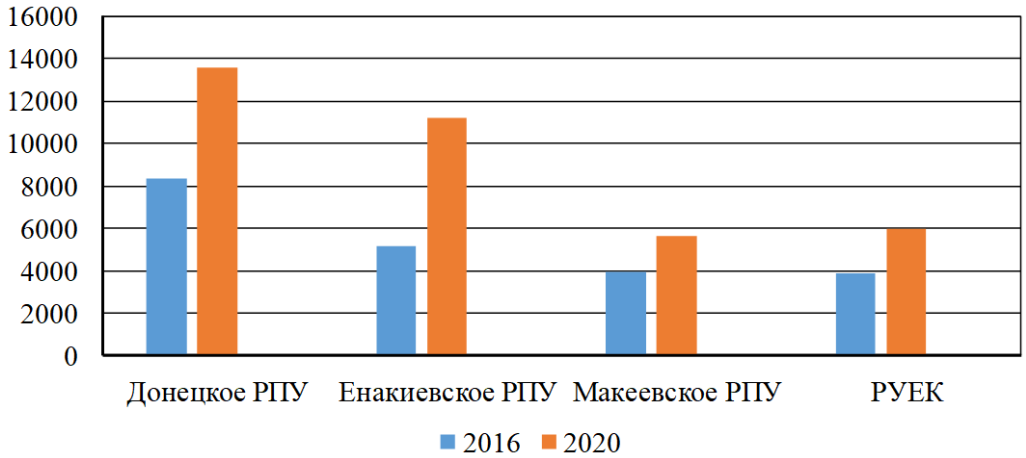


Рисунок 1 – Динамика изменения технологических расходов питьевой воды централизованного водоснабжения

Анализ приведённых данных показывает, что в сравнении с 2016 годом технологические расходы питьевой воды централизованного водоснабжения в 2020 году увеличились: для Донецкого РПУ – на 62 %; Макеевского РПУ – на 43 %; РУЕК – на 54 %, соответственно.

Технологический расход воды на подъем включает расход воды на промывку трубопроводов подъема воды на водоочистную станцию и зависит от скорости движения воды в трубопроводе, продолжительности промывки участка трубопровода, количества промывок, количества промывных участков и диаметра трубопровода. Все эти показатели в среднем постоянны [1, 3].

Технологические расходы воды на очистку включают:

1) выпуск осадка из камер реакции и отстойников;
2) промывку отстойников и фильтров;
3) подачу воды на хлораторы;
4) приготовление растворов реагентов и промывку баков реагентов;
5) хлорирование и промывку сооружений ВОС;
6) промывку внутриплощадочных сетей водопровода на территории ВОС;
7) работу водной лаборатории, в том числе на централизованный отбор проб воды.

На рисунках 2, 3 представлен анализ показателей технологического норматива использования питьевой воды для системы централизованного водоснабжения Донецкого РПУ и Енакиевского ПВКХ за 2016 и 2020 годы.

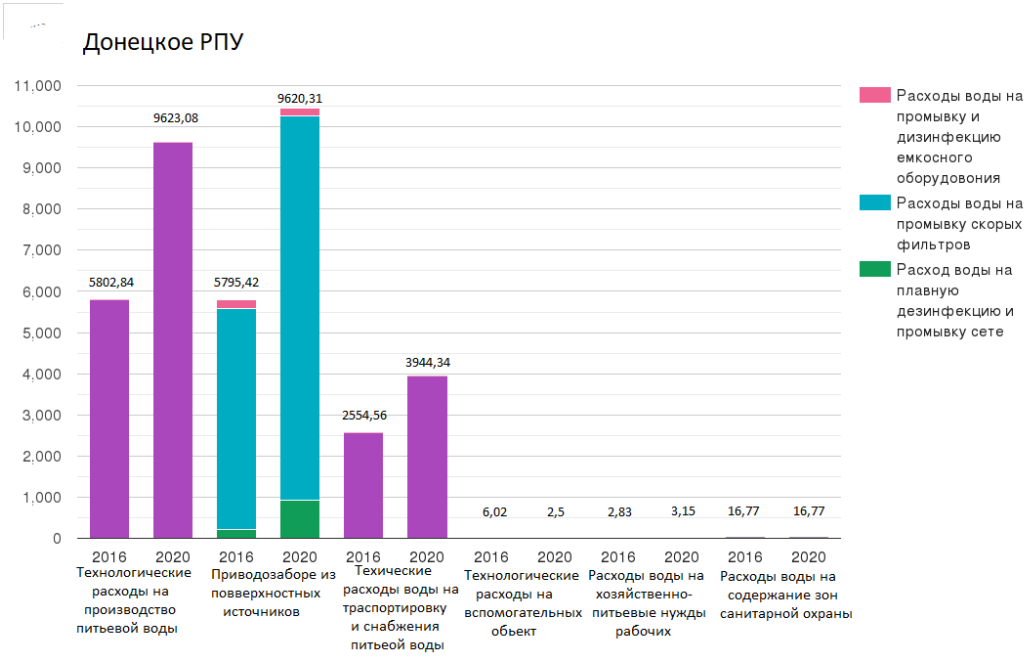


Рисунок 2 – Анализ показателей технологического норматива использования питьевой воды для системы централизованного водоснабжения Донецкого РПУ за 2016 и 2020 годы

Анализ этих составляющих показывает, что на водопроводных очистных станциях увеличилось количество осадка, что связано с увеличением суммарного объёма сооружений с осадочной частью в сравнении с 2016 годом, как следствие увеличилось количество воды на промывку этих сооружений при прочих равных условиях [3]. Также увеличился расход воды на промывку фильтров из-за резкого увеличения количества промывок. Это связано с уменьшением средней продолжительности фильтроцикла, что, в свою очередь, обусловлено износом фильтрующей загрузки, а также резким ухудшением качества воды в источнике водоснабжения. Так согласно ГОСТ, при ухудшении качества воды в источниках водоснабжения по микробиологическим показателям назначаются дополнительные технологические мероприятия, согласуемые с СЭС: увеличение доз хлора для первичного хлорирования, коагулята – не менее чем на 15-20 %; применение полиакриламида и перманганата калия, а также сокращение продолжительности фильтроцикла не менее чем на 5-10 %.

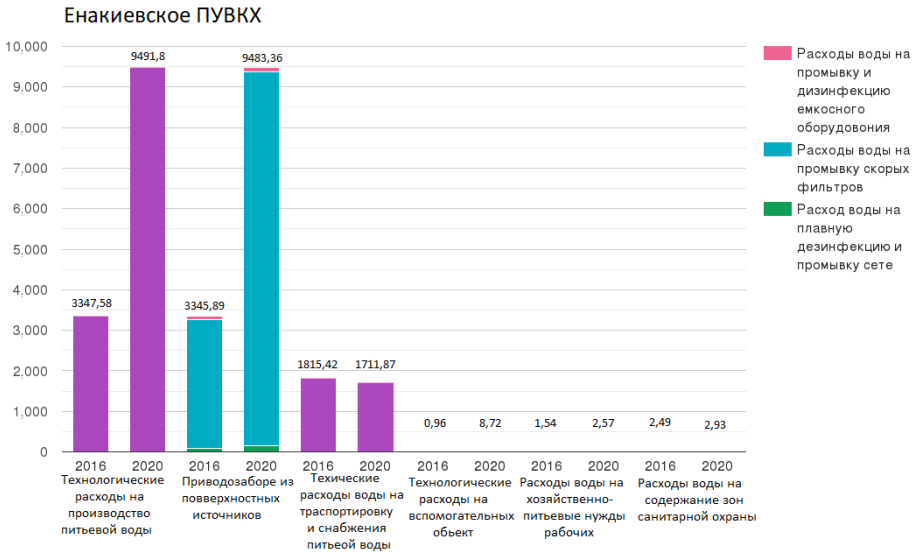


Рисунок 3 – Анализ показателей технологического норматива использования питьевой воды для системы централизованного водоснабжения Енакиевского ПВКХ за 2016 и 2020 годы

Выводы. С целью обеспечения сокращения технологических расходов воды для системы централизованного водоснабжения коммунального предприятия «Компания «Вода Донбасса» предложены следующие мероприятия:

- оперативный контроль и прогнозирование качества воды в источнике с целью выбора наиболее рациональных режимов технологии производства питьевой воды, в частности, установление чёткого начала и конца периода применения реагентов, последовательности и интервалов времени их введения в обрабатываемую воду;
- технологический контроль параметров работы каждого цикла производства питьевой воды для обеспечения наиболее высокой степени очистки воды на каждом этапе;
- соблюдение установленной продолжительности и технологии рабочих циклов;
- своевременное реагирование на изменения качества исходной воды;
- правильный выбор режимов промывки фильтровальных сооружений (периодичность, интенсивность и продолжительность);
- организация учёта расхода промывных вод с помощью измерительных приборов, нормирование и контроль за соблюдением установленных норм расхода воды.

Список литературы

1. Лернер А.Д. Проблемы обоснования величин неучтённых расходов воды в системах водоснабжения и водоотведения / Лернер А.Д., Домнин К.В., Бойко С.В., Кочетова М.Г. Водоснабжение и санитарная техника. - 2012. – № 4. – С. 64-70.
2. Коммунальное предприятие «Компания «Вода Донбасса» [Электронный ресурс] / Официальный сайт КП «Компания «Вода Донбасса». – Режим доступа http://www.voda.dn.ua. – Загл. с экрана.
3. Зайченко Л. Г. Сокращение технологических расходов и потерь воды на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства / Л. Г. Зайченко, А. В. Клемешова, М. В. Мироненко : Электронный сб. статей по материалам открытой IV международной

очно-заочной научно-практической конф. молодых учёных и студентов (27 февраля 2020 г., г. Макеевка) : Макеевка, 2020. – С.278-282.

4. Айсин Э.Т. Факторы, влияющие на показатели технологических расходов питьевой воды в системе коммунального хозяйства / Айсин Э.Т., Лукьянчук Я.С., Зайченко Л.Г. Электронный сборник статей по материалам I открытой международной очно-заочной научно-практической конференции молодых учёных и студентов (26 декабря 2019 г., г. Макеевка) Макеевка, 2019. – С. 158-162.

УДК 628.1

Ручка Владислав Владиславович,
ассистент кафедры ВВ и ОВР;
Иванов Сергей Сергеевич,
Янов Иван Александрович,
магистры гр. ЗВВм - 51
кафедры ВВ и ОВР,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСХОДОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ МУНИЦИПАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

Рассмотрены основные составляющие технологического норматива использования питьевой воды для систем муниципального водоснабжения и канализации. Выполнена хоздоговорная работа «Расчёт нормативных технологических нужд питьевой воды для объектов водоснабжения и водоотведения, находящихся на территории Донецкой Народной Республики». Для проведения технологического аудита предприятием были предоставлены расчёты технологического норматива использования питьевой воды всеми структурными подразделениями за 2016-2020 гг.

Ключевые слова: водопроводная сеть, муниципальное водоснабжение, технологические расходы воды

Введение. Главной задачей предприятий питьевого водоснабжения является надёжное обеспечение населения и отраслей экономики питьевой водой нормативного качества в необходимом количестве и при минимальных затратах. Одним из приоритетных направлений работы предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) является разработка мероприятий по экономному расходованию водных ресурсов на основе экономически обоснованной тарифной политики, обеспечивающей возмещение фактических затрат предприятия на производство услуг для потребителей – как для населения, так и производственных предприятий. Решение этой задачи включает также экономию расходов на собственные нужды предприятий [5].

Основная часть. Коллективом кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов выполнена хоздоговорная работа «Расчёт нормативных технологических нужд питьевой воды для объектов водоснабжения и водоотведения, находящихся на территории Донецкой Народной Республики» (Договору № 120-01 ТЭРС).

Методика разработки технологических нормативов использования воды на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства регламентирует порядок расчёта технологических расходов воды на подъем, очистку и транспортирование питьевой воды; потери и неучтённые расходы воды; расход на хозяйственно-питьевые нужды водоканалов.

Для проведения технологического аудита предприятием были предоставлены расчёты технологического норматива использования питьевой воды всеми структурными подразделениями за 2016-2020 гг. [1].

Индивидуальные технологические нормативы использования питьевой воды определяются предприятием отдельно для водопроводного и канализационного хозяйства.

Технологические расходы питьевой воды в водопроводном хозяйстве включают [3, 4]:

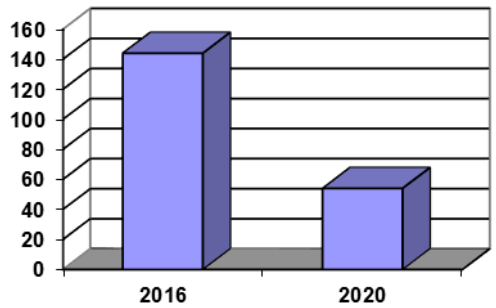
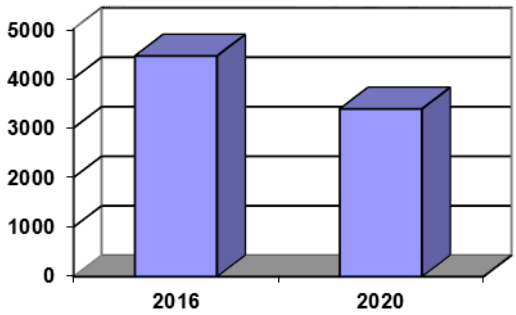
- технологические расходы на производство питьевой воды;
- технологические расходы воды на транспортировку и снабжение питьевой воды;
- технологические расходы на вспомогательных объектах;
- расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих;
- расходы воды на содержание зон санитарной охраны.

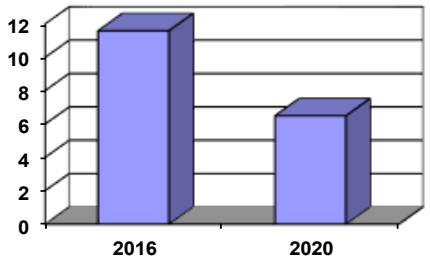
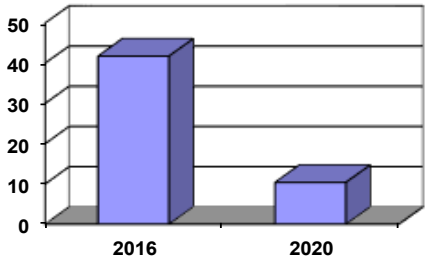
Технологические расходы питьевой воды в канализационном хозяйстве включают:

- технологические расходы питьевой воды на отвод (сбор и транспортировку) сточных вод;
- технологические расходы питьевой воды на очистку сточных вод и обработку осадков;
- технологические расходы на хозяйственно-питьевые нужды работников предприятия;
- технологические расходы воды на содержание территории очистных сооружений водоотведения в надлежащем санитарном состоянии.

Выполнен анализ состояния систем водоснабжения и расчёт общего технологического норматива использования питьевой воды за 2020 г. В таблице 1 эти данные приведены в сравнении с аналогичными показателями 2016 года [1, 2].

Таблица 1 – Технологические расходы для систем муниципального водоснабжения

1.1. Технологические расходы на производство питьевой воды тыс. м^3/год (+62,83 %)	
1.2. Технологические расходы воды на транспортировку и снабжение питьевой водой: - Расходы воды на плановую дезинфекцию и промывку сетей; - Расходы воды на собственные нужды насосных станций; - Расходы воды на промывку и дезинфекцию резервуаров чистой воды. тыс. м^3/год: (+23,99 %)	

1.3. Технологические расходы на вспомогательных объектах тыс. м^3/год: (+44,37 %)	
1.4. Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих тыс. м^3/год (+75,09 %)	

Анализ данных по динамике изменений показателей технологического норматива использования питьевой воды показывает, что в сравнении с 2016 годом технологические расходы питьевой воды в 2020 году для муниципального водоснабжения уменьшились на 25 %. Это связано с сокращением потребления воды абонентами, находящимися на территории Донецкой Народной Республики в сравнении со всем Донецким регионом.

Выводы. Реализация мероприятий по сокращению технологических расходов питьевой воды позволит выйти на новый качественный уровень обеспечения населения питьевой водой, добиться существенной экономии водных ресурсов и улучшить экологическую обстановку в городах.

Список литературы

5. Научно-технический отчёт «Расчёт нормативных технологических нужд питьевой воды для объектов водоснабжения и водоотведения, находящихся на территории Донецкой Народной Республики». Договору № 120-01 ТЭРС. – Макеевка, 2020 г.
6. Методические указания по расчету потерь горячей, питьевой, технической воды в централизованных системах водоснабжения при ее производстве и транспортировке [Текст]. Дата введения: 17.10.2014. / Минстрой РФ. – 2014.
7. Зайченко Л. Г. Сокращение технологических расходов и потерь воды на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства / Л. Г. Зайченко, А. В. Клемешова, М. В. Мироненко : Электронный сб. статей по материалам открытой IV международной очно-заочной научно-практической конф. молодых учёных и студентов (27 февраля 2020 г., г. Макеевка) : Макеевка, 2020. – С.278-282.

8. Ручка В.В., Лысенко М.Г., Марченко В.В. Анализ состояния водопроводных распределительных сетей, скрытые утечки воды из трубопроводов. Электронный сборник статей по материалам открытой международной очно-заочной конференции «БиоТехВод – 2020» (Биотехнологии очистки воды, 20-21 февраля 2020 года, г. Макеевка) Макеевка, 2020.
9. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. Том 1. Системы забора, подачи и распределения воды. Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 2008 – 260 с, 151 ил. – ISBN 978-5-93093-565-3.

УДК 628.161

Синежук Инна Борисовна,
кандидат технических наук
доцент каф. ВВ и ОВР;
Войтюк Виталия Ивановна,
магистрантка группы ЗВВм-51а
Лятавская Ирина Александровна
магистрантка группы ЗВВм-51а,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

СЕЗОННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИСХОДНОЙ ВОДЫ И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ГРАБОВСКОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Статья посвящена вопросам технической эксплуатации Грабовской фильтровальной станции, а именно особенностям технологического процесса при ухудшении качества исходной воды при сезонных изменениях погодных условий. Приведены данные по составу исходной воды по трем периодам в зависимости от сезонности, а также мероприятия на фильтровальной станции, которые регламентируют параметры режима реагентной обработки воды в эти периоды.

Ключевые слова: источники водоснабжения, летняя и зимняя межень, паводок, показатели качества воды, гидробиологические помехи, параметры технологического процесса.

Грабовская фильтровальная станция эксплуатируется с 1957 года и предназначена для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Торез и Снежное. Согласно [1], проектная производительность станции составляет примерно 29 тыс. м^3/сутки. В комплекс фильтровальной станции входят следующие очистные сооружения: водозаборные сооружения с насосной станцией первого подъема; реагентное хозяйство; центральный распределительный смеситель; осветлители со взвешенным слоем осадка; скорые фильтры; резервуары чистой воды; насосная станция второго подъёма; резервуары промывной воды; накопитель осадка промывных вод; магистральные водоводы.

Источником водоснабжения для фильтровальной станции является Грабовское водохранилище. Из водозаборной башни по двум водоводам Д-600 мм, проходящим через галерею штольни плотины, вода подается насосной станцией первого подъема, которая расположена в нижнем бьефе плотины, на очистные сооружения Грабовской фильтровальной станции. Качество воды в источнике водоснабжения должно соответствовать требованиям [2]. Причинами ухудшения качества воды в источнике обычно являются:

- сезонные изменения погодных условий (температура, уровень солнечной радиации, количество осадков);
- изменение объема и состава промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

С другой стороны, основными факторами, определяющими параметры технологического процесса, обычно являются качественные показатели исходной воды, которые регламентируют параметры режима реагентной обработки воды и количественные показатели, которые определяются плановым заданием, устанавливают скоростной режим.

Так, в работе фильтровальной станции в зависимости от сезонности прослеживаются три период [1] - летняя межень (май – октябрь), зимняя межень (ноябрь – первая половина

марта) и паводок (вторая половина марта – апрель). Указанная продолжительность периодов в зависимости от погодных условий может изменяться в сторону уменьшения или увеличения на 1-3 недели.

В основную часть периода летней межени отмечается температура воды выше 10^0С (до 27^0С), что обуславливает высокую интенсивность процессов окисления, минерализации, коагуляции примесей воды. В течение большей части периода отмечается довольно высокое качество исходной воды, а именно: содержание взвешенных веществ - 1,5-8,0 мг/дм^3, цветность – 7-22, окисляемость – 2,8-4,8 мгО/дм^3, pH – 7,50-8,50, число микроорганизмов в 1 см^3 - 20-230 КОЕ/см^3, индекс ЛКП (лактозоположительной кишечной палочки) - до 1200 КОЕ/дм^3.

Согласно [1], для очистки воды в этот период применяется коагулянт массовой концентрацией 2-10 мг/дм^3, хлор на предварительное хлорирование 1,0-2,8 мг/дм^3, на обеззараживание – 0,2-0,4 мг/дм^3.

В отдельных случаях, в период затяжных дождей (май – июнь), отмечается значительное повышение концентрации взвеси в исходной воде (до 20 мг/дм^3), содержащей до 80% мелкодисперсных и коллоидных частиц, что значительно затрудняет процесс очистки воды. В этих случаях увеличивают массовые концентрации реагентов: коагулянт 4-25 мг/дм^3, флокулянт ПАА – 0,05-0,3 мг/дм^3, органический коагулянт-флокулянт DB-45 PWG – 0,01-0,1 мг/дм^3, хлор на предварительное хлорирование – 1,7-3,2 мг/дм^3, на обеззараживание – 0,2-0,4 мг/дм^3, перманганат калия – 0,1-0,3 мг/дм^3, активный уголь – 1-5 мг/дм^3. Мутность воды после осветлителей в этот период составляет 3-14 мг/дм^3, мутность фильтрата меньше 0,5 мг/дм^3, что отвечает требованиям [3].

В период зимней межени отмечаются низкие температуры исходной воды +1 +7^0С, что обуславливает резкое снижение, по сравнению с летним периодом, интенсивности процессов окисления и коагуляции взвеси. Содержание взвеси в воде в этот период невысокое – 1,8-10 мг/дм^3, число микроорганизмов в 1 см^3 – 15-100 КОЕ, ЛКП – 20-1000 КОЕ/дм^3. Для очистки воды в этот период применяется [1] коагулянт с массовой концентрацией 2-5 мг/дм^3, хлор на предварительное хлорирование 1,0-2,5 мг/дм^3.

В случаях продолжительных оттепелей или дождей (ноябрь – декабрь) содержание взвеси и микроорганизмов в исходной воде может возрастать до 10 мг/дм^3 , 300 КОЕ/см^3, ЛКП – до 2000 КОЕ/дм^3. Кроме этого при низких температурах увеличивается в воде содержание аммиака, связывающего хлор. Все это может вызвать затруднения в работе очистных сооружений. В таких случаях, согласно [1], применяются реагенты с большими дозами, а именно: коагулянт – 5-10 мг/дм^3, флокулянт ПАА – 0,05-0,2 мг/дм^3, органический коагулянт-флокулянт DB-45 PWG – 0,01-0,1 мг/дм^3, хлор на предварительное хлорирование – 2,0-2,8 мг/дм^3, на обеззараживание – до 1,0 мг/дм^3, активный уголь – 1-10 мг/дм^3, известь 5-20 мг/дм^3.

При снижении микробиологических показателей воды рекомендуется сократить массовую концентрацию хлора на предварительное хлорирование до 1,5-2,0 мг/дм^3 и проводить обработку воды перманганатом калия массовой концентрацией 0,05-0,3 мг/дм^3. В эти периоды при ухудшении качества воды до 14 мг/дм^3 мутность воды после первой ступени очистки составляет 3-12 мг/дм^3. Мутность фильтрата – 0,23-0,5 мг/дм^3. Качество питьевой воды отвечает требованиям [3].

В период весеннего паводка качество исходной воды, по сравнению с зимним периодом, резко ухудшается. В основном увеличивается содержание взвешенных веществ – 10-200 мг/дм^3. Для обеспечения потребителей питьевой водой, соответствующей

требованиям [3], в этот период возможно снижение производительности фильтровальной станции. Для обработки воды применяются реагенты массовыми концентрациями: коагулянт – до 40 мг/дм^3, флокулянт ПАА – 0,2-1,0 мг/дм^3, известь – до 30 мг/дм^3, органический коагулянт-флокулянт DB-45 PWG – 0,01-0,1 мг/дм^3, перманганат калия – до 0,4 мг/дм^3, активный уголь – 2-5 мг/дм^3, хлор (предварительное хлорирование) – 2-10 мг/дм^3, на обеззараживание – 0,4-1,0 мг/дм^3.

Мутность воды в период максимального содержания взвешенных веществ в исходной воде 152 мг/дм^3 после осветлителей составляет до 15 мг/дм^3, мутность фильтрата – до 1,0 мг/дм^3.

На Грабовской фильтровальной станции возникают и гидробиологические помехи, связанные с массовым развитием планктонных и бентосных водорослей в источниках водоснабжения, что приводит к ухудшению качества воды по этапам очистки и затруднениям в работе очистных водопроводных сооружений. Эти помехи возникают в основном в летнюю и зимнюю межень.

Ухудшение качества воды, обусловленное массовым развитием и отмиранием водорослей, проявляется в снижении прозрачности, повышении цветности, накоплении органических веществ, увеличении численности гетеротрофных бактерий и бактерий группы кишечной палочки, повышении pH воды, снижение количества кислорода, появлении неприятных запахов и привкусов, особенно рыбного. Биологические помехи механического характера выражаются в том, что на поверхности фильтрующей загрузки образуется пленка, уменьшается фильтроцикл, снижается водоотдача станции очистки.

Характер биологических помех на очистных сооружениях устанавливается на основе видового и численного состава водорослей, развивающихся в источниках и поступающих на сооружения, изменения физико-химических показателей качества воды в источнике и на этапах очистки, нарушений параметров технологического процесса.

В связи с этим, в периоды массового развития водорослей на Грабовской фильтровальной станции, производится гидробиологический контроль за качеством воды источников и по этапам очистки водными лабораториями в соответствии с СТП 14.352.00-08-005-03 «Гидрологический контроль качества воды». Так же разработаны мероприятия по устранению и ограничению биологических помех [1], которые применяют дифференцированно в зависимости от их характера и с учетом специфики конкретного технологического процесса.

Применение данных мероприятий должно обеспечить эффективную работу очистных сооружений, а именно:

- эффективность очистки воды от фитопланктона в осветлителе должна составлять не менее 70 %;
- из воды должно быть извлечено не менее 99% водорослей, поступивших с исходной водой;
- биомасса водорослей в подаваемой потребителю воде не должна превышать 0,1 мг/дм^3.

На период ухудшения эпидемиологической обстановки и с целью предупреждения возможного распространения с питьевой водой возбудителей энтеровирусных заболеваний, на очистных сооружениях, согласно [1], необходимо:

- усилить лабораторно-производственный контроль технологического процесса и качества питьевой воды;

- увеличить концентрацию остаточного активного хлора в питьевой воде до 1,5-2,0 мг/дм^3 по согласованию с территориальными органами Госсанэпидслужбы;
- применять флокулянт ПАА дозой 0,1-0,2 мг/дм^3;
- применять органический коагулянт-флокулянт DB-45 PWG дозой 0,01-0,1 мг/дм^3;
- в отдельных случаях дополнительно к хлору применять перманганат калия дозой 0,1-0,5 мг/дм^3;
- поддерживать мутность воды в резервуарах не более 0,5 мг/дм^3;
- выдерживать фильтроцикл не более 24 часов;
- не допускать превышения форсированных скоростей фильтрации;
- усилить контроль за дезинфекцией водопроводных систем после ликвидации на них аварий.

Итак, в каждом конкретном случае при определении параметров технологического процесса необходимо руководствоваться качеством исходной воды, изменяющимся в широких пределах в зависимости от сезонности. В случае невозможности обеспечить требуемый эффект очистки воды, согласно правилам технической эксплуатации [1] по согласованию с органами местного самоуправления и территориальными органами Госсанэпидслужбы, станция очистки воды может сократить производительность до величины, обеспечивающей получение качественной питьевой воды.

Список литературы

1. Технологическая инструкция по водоподготовке на Грабовской фильтровальной станции/ Утверждена В. В. Чугай. – Донецк, 2012.–108 с.
2. ДСТУ 4808:2007 Источники централизованного питьевого водоснабжения. Гигиенические и экологические требования к качеству воды и правила выбора. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. - [действующий с 01.01.2009]. – 39 с.
3. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Текст]: затверджено Наказом Міністерства охорони здоров’я України № 400 від 12.05.2010 // Офіційний вісник України. – К., 2010. – № 51. – С. 99–129.

УДК 621.644.07

Черевко Татьяна Викторовна,
магистрант гр. ЗТГВм-51а каф. ТТГВ;
Бондаренко Денис Александрович,
магистрант гр. ЗТГВм-51б каф. ТТГВ;
Долгов Николай Викторович,
кандидат технических наук, доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗДАНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ

Анализ публикаций последних лет показывает, что при проектировании зданий с прерывистым отоплением из-за переменного теплового режима необходимо учитывать динамические характеристики систем отопления и ограждающих конструкций. В настоящее время слабо рассмотрены методики инженерного аудита эксплуатируемых зданий, а также нового строительства. В данной статье проведен анализ существующих методик расчета систем отопления с прерывистым отоплением. Сформированы выводы с последующим применением в магистерской диссертации.

Ключевые слова: тепловая энергия, прерывистое отопление, температурный режим, натоп, охлаждение, тепловая нагрузка, энергетические затраты, теплотехнический расчет.

Передача тепловой энергии через наружные ограждения является основным фактором, влияющим на состояние микроклимата в помещении. В настоящее время широко представлены инженерные методики расчета теплопередачи через ограждающие конструкции при стационарном процессе теплопередачи.

Большой вклад в изучении процессов стационарного теплопереноса через ограждающие конструкции внесли известные отечественные ученые: Фокин К.Ф., Богословский В.Н., Лыков А.В., Табунщиков Ю.А., Гагарин В.Г., Еремкин А.И., Цветков Н.А., Щукина Т.В. и другие. Для инженерных расчетов стационарных процессов получены несложные аналитические решения, позволяющие определять сопротивление теплопередаче, тепловой поток от внутреннего воздуха к наружной среде различных однородных и многослойных ограждений с учетом неоднородности и влажностного режима.

Из-за изменения температуры наружного и внутреннего воздуха, направления и скорости ветра, интенсивности солнечной радиации процесс теплопередачи в действительности является нестационарным.

В строительной теплофизике необходимость учета нестационарности появляется при решении таких задач, как определение амплитуды колебания внутреннего воздуха в помещениях при изменении теплоотдачи системой отопления во времени, расчета температурного поля в ограждении в связи с изменением температуры наружного воздуха и т.д.

Расчет процессов нестационарной теплопередачи при определенных допущениях сводится к решению одномерного дифференциального уравнения теплопроводности [1-5]

$$\frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{c\rho} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \qquad (1)$$

где λ - коэффициент теплопроводности материала, Вт/ м·°С;

c - удельная теплоемкость материала, Дж/ кг·°С;

ρ - плотность материала, кг/м^3.

Если перенос тепла происходит по всем трем направлениям, тогда уравнение имеет вид

$$\frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{c\rho} \cdot \left[\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right]. \quad (2)$$

При постоянной мощности системы отопления в помещении и температуре наружного воздуха в ограждении устанавливается стационарное поле распределения температур. Однако при скачкообразном изменении начальных условий на поверхности ограждения происходит перераспределение температуры от начального значения к соответствующему значению стационарной теплопередачи при новых условиях.

Богословским В.Н. получено численное решение указанной выше задачи. Изначально автор рассмотрел задачу о нахождении распределения температур при одностороннем нагреве и охлаждении ограждения при изменении температуры внутренней поверхности. Результаты исследования представлены в виде графической зависимости относительной избыточной температуры Θ_t от критерия Фурье F_0 и относительного расстояния $\frac{x}{l}$ от поверхности ограждающей конструкции (Рисунок 1) и теплового потока Θ_q от критерия F_0 (Рисунок 2).

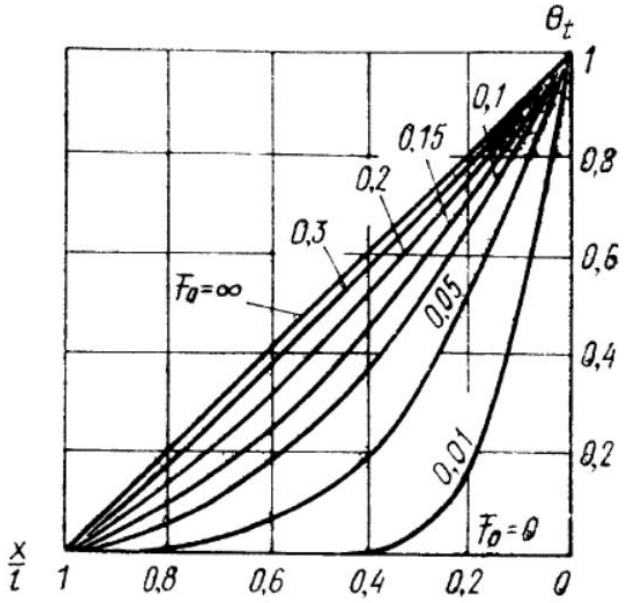


Рисунок 1 – Зависимость относительной избыточной температуры Θ_t от критерия Фурье F_0 и относительного расстояния $\frac{x}{l}$ от поверхности ограждающей конструкции

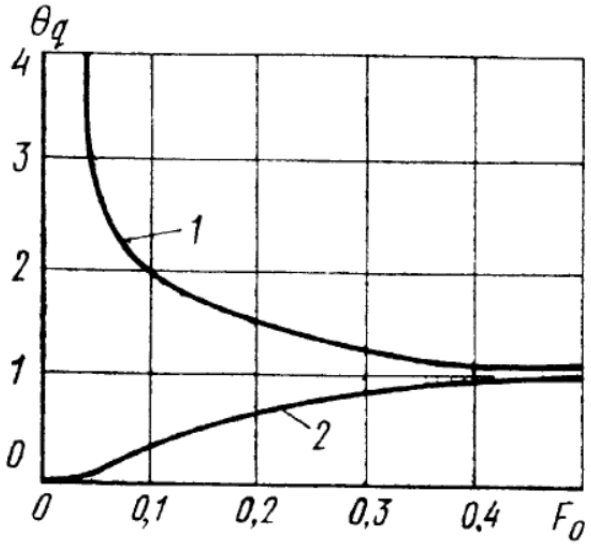


Рисунок 2 - Зависимость теплового потока Θ_q от критерия F_0

Далее была рассмотрена задача одностороннего нагрева и охлаждения при изменении теплового потока на его поверхности. Результаты представлены в виде графической зависимости Θ_t от F_0 и $\frac{x}{l}$ от поверхности ограждающей конструкции (Рисунок 3) и зависимости Θ_t от F_0 (Рисунок 4).

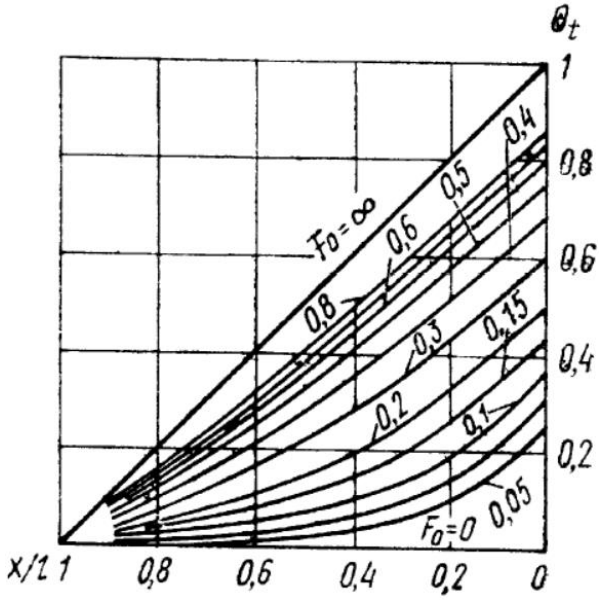


Рисунок 3 – Зависимость относительной избыточной температуры Θ_t от критерия Фурье F_0 и относительного расстояния $\frac{x}{l}$ от поверхности ограждающей конструкции

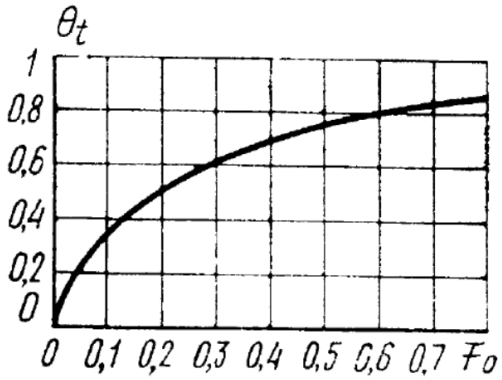


Рисунок 4 - Зависимость относительной избыточной температуры Θ_t от критерия F_0

Соколов Е.Я. в своей работе [6] предложил формулу для определения температуры внутреннего воздуха через время z после изменения теплового режима в помещении

$$t_в(z) = t_н + \Delta t_н + [t'_в - (t_н + \Delta t_н)] \cdot e^{-z/\beta} \quad (3)$$

где $\Delta t_н$ - температурная надбавка, эквивалентная величине внутренних тепловыделений и избытка теплоты при отоплении;

$t'_в$ - температура внутреннего воздуха к моменту нарушения нормального теплового режима;

β - коэффициент аккумуляции тепловой энергии зданием.

В данной работе проанализированы работы Дацюка Т.А., Соколова Е.Я., Богословского В.Н. и др., отсюда можно сделать вывод что что в настоящее время отсутствует доступная инженерная методика теплотехнического расчета многослойных строительных ограждающих конструкций в условиях прерывистого отопления. В связи с этим весьма актуальна тема связанная с расчетом многослойной ограждающей конструкции в условиях натопа помещения с переходом от режима дежурного отопления к расчетному стационарному режиму.

Список литературы

1. Богословский, В.Н. Тепловой режим здания / В.Н. Богословский. – М: Стройиздат, 1979. – 248 с.
2. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
3. Кудинов, А.А. Строительная теплофизика: учеб. пособие / А.А. Кудинов. – М: ИНФРА – М, 2013. – 262 с.
4. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А.В. Лыков. – Минск: Наука и техника, 1961. – 519 с.
5. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
6. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети // Учебник для вузов [Текст]. – 7-е изд.стереот. – М.: Издательство МЭИ,2001. – 472 с.

УДК

Волков Геннадий Евгеньевич,
магистрант гр. ТГВм-52 каф. ТТГВ;
Долгов Николай Викторович,
кандидат технических наук,
доцент каф. ТТГВ,
ГОУ ВПО «ДОННАСА»

АНАЛИЗ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены способы регулирования системы отопления многоэтажных зданий. Обоснована необходимость регулярной оценки состояния трубопровода, обеспечивающего бесперебойную и эффективную работу системы отопления.

Ключевые слова: отопление, регулятор, регулирование системы отопления, система автоматического регулирования, перепускные клапаны.

Основной целью регулирования отопления является поддержание заданной температуры в помещении при изменяющихся внешних условиях. То есть, вне зависимости от уличной температуры, силы ветра, влажности и прочих условий, в нашем доме должен поддерживаться заданный тепловой комфорт.

Регулирование системы отопления – это комплекс мер по максимальному приближению теплоотдачи отопительных приборов к текущей потребности объекта в тепле для поддержания требуемой внутренней температуры при постоянном изменении внешних условий.

Так как в системах водяного отопления нужную нам температуру, как правило, обеспечивают приборы отопления (радиаторы, конвекторы, водяные теплые полы и т.д.), то для поддержания заданной температуры теплоотдача отопительных приборов должна иметь возможность изменяться в зависимости от изменений внешних условий. Если не рассматривать механическое ограничение теплоотдачи отопительного прибора, которое до сих пор иногда применяется в конструкции конвекторов (воздушная заслонка на конвекторе с кожухом), основными способами изменения теплоотдачи являются изменение расхода теплоносителя через прибор и/или изменение температуры теплоносителя.

Таким образом, главная цель регулирования - поддержание требуемой температуры в помещении трансформируется в две основные частные задачи:
- обеспечение расчетного расхода теплоносителя через приборы отопления;
- задание требуемой температуры теплоносителя.

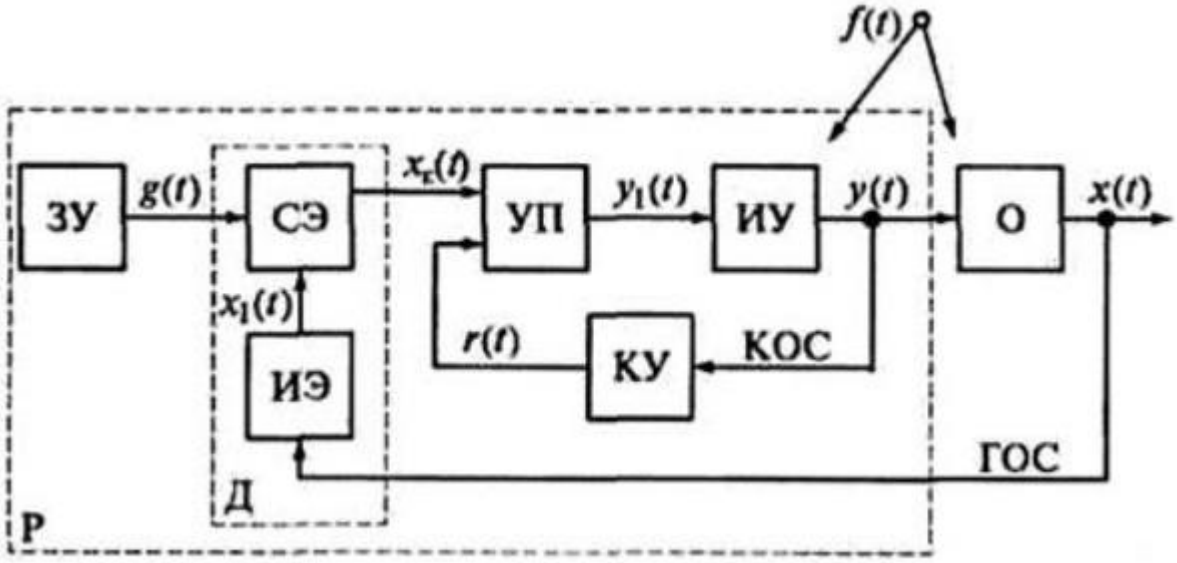
Суть процесса регулирования отопления

В общих чертах, процесс регулирования заключается в том, что величина регулируемого параметра находится под постоянным контролем и сравнивается с каким-то заданным значением этого параметра или величиной другого параметра. И в зависимости от их значения подвергается регулированию. Назовем совокупность элементов и алгоритмов регулирования, участвующих в этом процессе регулировочным контуром. Стоит сразу отметить, что таких контуров в системе отопления может быть достаточно много. Примерами таких регулировочных контуров являются поддержание температуры в помещении с помощью отопительного прибора по комнатному термостату или с помощью термостатического клапана на радиаторе отопления, регулирование котловой температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха, поддержание заданной температуры теплоносителя в водяном теплом поле и так далее.

Система автоматического регулирования

Система автоматического регулирования (САР) — это замкнутая автоматическая система, основанная на принципе обратной связи (ОС) — управлении объектом с использованием информации о результатах управления. Только в случае отрицательной ОС происходит измерение и сравнение фактического контролируемого параметра объекта $x(t)$с заданным на данный момент времени $g(t)$, в результате чего выявляется ошибка (рассогласование) $x_\varepsilon(r) = x(t) - g(t)$, которая служит стимулом процесса регулирования, на ее основе формируется регулирующее воздействие $y(t)$.

В такой системе непрерывно идет обмен информацией между объектом и регулятором, воздействие передается от одного элемента регулятора к другому, последовательно меняя при этом свою физическую природу и уровень. Сформированное в результате регулирующее воздействие по своей природе может быть различно. Если, например, объект — электродвигатель привода подачи электродной проволоки, то регулирующее воздействие должно быть напряжением, подаваемым на его якорь; для сварочного источника питания регулирующее воздействие — это ток или напряжение, изменяемые в цепи управления.



Р — регулятор; ЗУ — задающее устройство; СЭ — сравнивающее устройство; ИЭ — измерительный преобразователь; Д — датчик; УП — усилитель-преобразователь; КУ — корректирующее устройство; ИУ — исполнительное устройство; КОС — корректирующая обратная связь; О — объект; ГОС — главная обратная связь;
$g(t)$ — задающее воздействие; $f(t)$ — возмущение; $x(t)$ — регулируемая величина; $x_1(t)$, $x_\varepsilon(t)$ — сигнал и ошибка регулируемой величины; $y(t)$ — регулирующее воздействие; $y_1(t)$ — сигнал регулирующего воздействия; $r(t)$ — дополнительное воздействие

Рисунок 1 – Функциональная схема системы автоматического регулирования

1. Датчик, или измерительный преобразователь (элемент ИЭ), измеряет действительную регулируемую величину $x(t)$ и преобразует ее в сигнал $x_1(t)$, удобный для дальнейшего использования (чаще всего в ток или напряжение).
2. Задающее устройство (ЗУ) формирует требуемое на каждый момент времени задающее воздействие $g(t)$ в удобном для сравнения с $x_1(t)$ виде, имитирующее заданное значение регулируемой величины $x(t)$.

3. Сравнивающее устройство (элемент СЭ) выявляет и измеряет разность $x_1(t)$ - $g(t)$ и дает на выходе сигнал ошибки $\varepsilon(t)$, пропорциональный отклонению действительной регулируемой величины $\Delta x(t)$ от заданного на данный момент значения. Часто сравнивающее устройство конструктивно объединяют с измерительным элементом.
4. Усилитель или усилитель-преобразователь (УП) усиливает и преобразует сигнал ошибки до величины $y_1(t)$, достаточной и пригодной для управления исполнительным устройством (ИУ), преобразует входной сигнал количественно и (или) качественно, согласует вход исполнительного устройства с выходом СЭ по роду используемой энергии.
5. Исполнительное устройство под воздействием $y_1(t)$ вырабатывает регулирующее воздействие $y(t)$, поступающее на регулирующий орган (РО) объекта управления (О).
6. Корректирующее устройство (КУ) включают последовательно или параллельно названным элементам (на схеме показан последний вариант). Его назначение — улучшить качество регулирования объекта с помощью формирующихся в них дополнительных воздействий $r(t)$.

Регуляторы

Регуляторы предназначены для поддержания заданной пользователем температуры воздуха в помещении путем воздействия на термостатический клапан. Данфосс производит два типа регуляторов температуры для систем обеспечения микроклимата (табл.1):

- регуляторы прямого действия;
- электронные регуляторы.

Регуляторы прямого действия воздействуют на термостатический клапан пропорционально изменению температуры воздуха в помещении, т. е. между перемещением штока клапана и превышением темпера- туры воздуха установлена однозначная зависимость, называемая жест- кой обратной связью. Такими регуляторами являются RTD, FTS, FJVR, RA 2000, FED, FEK, FEV. Их называют пропорциональными регуляторами (статическими; П-регуляторами).

Таблица 1 – Регуляторы

Тип/система/ совместимость с клапанами	Общий вид	Конструктивные особенности
1	2	3
RTD 3640 /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Встроенный датчик температуры; функция защиты от замерзания тепло- носителя; диапазон температурной на- стройки 6…26 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки; "кольцо памяти" возобновления предварительной температурной настройки

Продолжение таблицы 1

1	2	3
RTD 3642 /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Выносной датчик температуры; функция защиты от замерзания теплоносителя; диапазон температурной настройки 6…26 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной на- стройки; "кольцо памяти" возобновления предварительной температурной настройки
RTD 3120 /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Защитный кожух от несанкционированного вмешательства; вмонтированный датчик температуры; функция защиты от замерзания теплоносителя; диапазон температурной настройки 6…26 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки
RTD 3650 MAX /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Встроенный датчик температуры; функция защиты от замерзания теплоносителя; диапазон температурной настройки 6…21 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки
RTD 3652 MAX /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Выносной датчик температуры; функция защиты от замерзания теплоносителя; диапазон температурной настройки 6…21 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки
RTD Inova™ 3130 /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Встроенный датчик температуры; функция защиты от замерзания тепло- носителя; диапазон температурной на- стройки 6…26 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки; "кольцо памяти" возобновления предварительной температурной настройки

Продолжение таблицы 1

1	2	3
RTD Inova™ 3132 /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Выносной датчик температуры; функция защиты от замерзания теплоносителя; диапазон температурной настройки 6…26 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки; "кольцо памяти" возобновления предварительной температурной настройки
RTD 3560 /отопление радиаторами/ RTD; встроенными		Выносной регулятор с датчиком темпера- туры; диапазон температурной настройки 8…28 °С; устройство ограничения либо фиксирования температурной настройки
FTS /напольное отопление либо охлаждение/ RA-C; RA-N		Выносной поверхностный датчик температуры теплоносителя; диапазон на- стройки температуры теплоносителя 15…50 °С; защита от превышения установленной температуры теплоносителя
FJVR /напольное отопление/ FHV		Встроенный регулятор ограничения температуры обратного теплоносителя в диапазоне 10…50 °С, либо 10…80 °С
RA 2000 /напольное отопление/ FHV		Встроенный датчик температуры; диапазон температурной настройки 6…26 °С

Продолжение таблицы 1

1	2	3
RTD-R /отопление компакт$ радиаторами/ встроенный терморегулятор		Встроенный регулятор температуры воздуха в диапазоне 6…26 °С; защита от замерзания; ограничение либо фиксирование температурной настройки
Термопривод ABN /отопление радиаторами; напольное отопление; охлаждение/ RAV; VMT; RA; RAVL+адаптер		В сочетании с комнатными терморегуляторами RMT, либо программируемыми комнатными терморегуляторами ЕК5; напряжение 24 В либо 230 В
Термопривод AGCEIB /охлаждение/ RA-C		С коммуникацией EIB; напряжение 24…29 В
FED-FF /охлаждение + отопление/ RA-C+ RA-N (RTD-N)		Выносной регулятор и датчик температуры воздуха; диапазон температурной на- стройки 17…27 °С; ограничение либо блокирование температурной настройки
FEK-IF /охлаждение/ RA-C		Выносной регулятор со встроенным датчиком температуры воздуха; диапазон настройки 17…27 °С; ограничение либо блокирование температурной настройки

Продолжение таблицы 1

1	2	3
FEV-FF /отопление/ RTD; RA		Выносной регулятор и датчик температуры воздуха; диапазон температур- ной настройки 17…27 °С; ограничение либо блокирование температурной настройки
HC 75 /отопление и охлаждение/ ABN		Программируемый на 6 интервалов времени для 7 дней; встроенный датчик температуры; управление одно- и трехскоростным вентилятором; имеет аккумулятор
Seria 6000 /отопление и охлаждение/ ABN		Программируемый; для двухтрубных и четырехтрубных систем; управление одно- и трехскоростным вентилятором; электропитание 24 В, либо 230 В, либо от батарейки
RET /отопление и охлаждение/ ABN		Дисплей LCD показания температуры воздуха; с и без переключателя день/ночь; электропитание от батарейки 1,5 В
RET /отопление и охлаждение/ ABN		Температурная настройка на 5…30 °С; управление одно- и трехскоростными вентиляторами; электропитание от 24 В либо 230 В

Продолжение таблицы 1

ECC /отопление/ ABN		Электронное регулирование двухтрубных систем отопления и охлаждения, а также четырехтрубных систем обеспечения микроклимата; электропитание от 24 В
CFZ /напольное отопление/ ABN + распределитель CFE		Программируемый зональный регулятор; режимы работы: поддержание комфортной температуры по CFR, ночной, выходного дня; защита от замерзания; управляет от 1 до 6 зонами с различны- ми тепловыми режимами; выбор языка сообщений дисплея
CFR /напольное отопление/ ABN+ распределитель CFE		Электроволновой комнатный терморегулятор, применяемый с CFM(CFS); диапазон температурной настройки 5…35 °С; режимы работы: комфортная постоянная температура, постоянная пониженная температура; регулирование по таймеру (при наличии CFZ); электропитание от батарейки 1,5 В
CFM(CFS) /напольное отопление/ ABN+ распределитель CFE		Зональный регулятор; беспроводная связь с электроволновыми комнатными терморегуляторами CFR; управление приводами; защита от замерзания при 6 °С; управление насосом; управление от 1 до 24 контурами отопления; сигнал аварийного состояния; напряжение электропитания 230 В; напряжение на термоприводы 24 В или 230 В

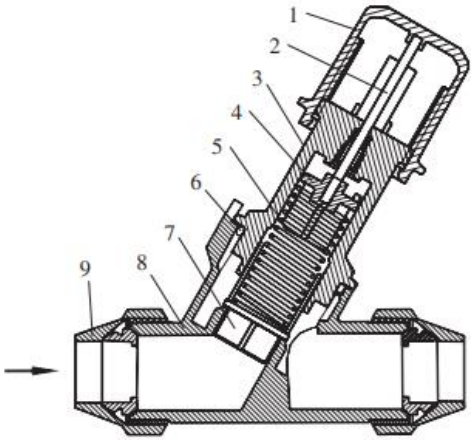
В двух- и четырехтрубных системах обеспечения микроклимата, предназначенных для отопления и охлаждения, лучше всего применять единый регулятор FED. Он обеспечивает последовательное включение необходимого режима автоматическим переключателем "зима-лето". Если температура воздуха соответствует комфортным условиям в пре- делах установленного отклонения (нейтральной зоны) от 0,5 до 2,5 °С, регулятор удерживает клапаны в закрытом состоянии. Как только температура воздуха

выходит за пределы нейтральной зоны, регулятор че- рез капиллярные трубки приоткрывает соответствующий клапан либо системы отопления, либо системы охлаждения. На этих клапанах установлены адаптеры с сильфонами. Адаптер системы отопления открывает клапан при понижении температуры воздуха. Адаптер системы охлаждения является реверсивным, т. е. открывает клапан при превышении заданной температуры.

Перепускные клапаны

Перепускные клапаны на стояках или приборных ветках системы обеспечения микроклимата предназначены для недопущения превышения заданного перепада давления с целью предотвращения шумообразования терморегуляторов. Если они установлены у насосов, котлов, чиллеров (см. рис. 3.3), то обеспечивают также работоспособность этого оборудования при закрытых терморегуляторах путем поддержания минимальной циркуляции теплоносителя. Общий вид перепускных клапанов AVDO показан на рис. 5.2. Клапаны производят с условным диаметром 15, 20 и 25 мм. Угловое или прямоточное исполнение с наружной или внешней резьбой применяют для удобства разводки трубопроводов и обслуживания.

Рисунок 2 – Общий вид автоматических перепускных клапанов AVDO



1 – регулировочная рукоятка; 2 – шток настройки клапана; 3 – крышка;
4 – направляющая пружины; 5 – пружина; 6 – уплотнительное кольцо;
7 – затвор клапана; 8 – корпус; 9 – зажимной фитинг

Рисунок 3 – Автоматический перепускной клапан AVDO:

Принцип действия перепускных клапанов основан на уравновешивании давления с двух сторон затвора клапана 7 (рис 3): снизу — силой потока теплоносителя; сверху — силой упругости пружины 5. Равновесное состояние обеспечивают регулированием пружины посредством рукоятки 1. Перемещение рукоятки по внутренней резьбе передается через шток 2 на направляющую 4 пружины 5. Клапан нормально закрыт. При превышении

установленного на перепускном клапане перепада давления он открывается и пропускает теплоноситель.

Вывод: В магистерской диссертации будут рассмотрены способы регулирования систем отопления с помощью современных способов автоматического регулирования давления на примере третьего корпуса ДонНАСА.

Список литературы

1. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Пырков В.В. 2005
2. https://studopedia.ru/14_40689_sistemi-avtomaticheskogo-regulirovaniya.html
3. http://akrosystems.ru/info/sistemy-otopleniya/regulirovanie-sistem-otopleniya/274-osnovy-regulirovaniya-sistemy-otopleniya.html

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Павлюченко Яна Дмитриевна, Балинченко Оксана Иосифовна. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДОНЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА 4

Вудвуд Екатерина Руслановна, Агафонова Ирина Петровна. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ 11

Ланкевич Наталия, Долгов Николай Викторович. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ. 15

Дудник Анна Вячеславовна. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ. 20

Золотухина Наталья Викторовна, Дудник Анна Вячеславовна. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ ПРИ ПОДБОРЕ СОСТАВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ. 27

Тоницой Анастасия Владимировна, Золотухина Наталья Викторовна. О ВЫБОРЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ФУНДАМЕНТА ЗДАНИЯ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ..... 32

Лазуткин Владислав Эдуардович, Студеникин Роман Сергеевич, Колосова Нелли Вадимовна. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СБРАЖИВАНИЯ НА ОБЪЕМ ПОЛУЧАЕМОГО БИОГАЗА. 43

Баркач Денис Сергеевич, Федюнина Татьяна Андреевна, Максимова Наталья Анатольевка. КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕПЛОНАСОСНАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛОТЫ И РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ. 48

Ковалинский Богдан Владимирович, Максимова Наталья Анатольевка. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО И ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ. 52

Поляченко Антон Викторович, Липатов Андрей Владимирович, Максимова Наталья Анатольевка. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ХОЛОДА ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА. 55

Сеньков Андрей Олегович, Максимова Наталья Анатольевка. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЧИЛЛЕР-ФАНКОЙЛ. 59

Терехов Дмитрий Олегович, Максимова Наталья Анатольевка. СИСТЕМА СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕЛИОКРОВЛИ. 63

Яроцкая Виктория Игоревна, Максимова Наталья Анатольевка. СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ТЕПЛОВЫМ ПОБУЖДЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА. 67

Блиновская Светлана Владимировна, Монах Светлана Игоревна. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬНОМ АККУМУЛЯТОРЕ ТЕПЛОТЫ. 70

Фирсова Ольга Викторовна, Фляк Андрей Алексеевич, Монах Светлана Игоревна. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ «ЭКОНОМАЙЗЕРНОГО ЭФФЕКТА» В ПРОЦЕССЕ ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ПОРИСТОЕ ОГРАЖДЕНИЕ. 73

Розель Юлия Васильевна, Полковников Алексей Андреевич, Удовиченко Злата Викторовна. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ. 77

Онуфриевич Денис Николаевич, Заикин Анатолий Алексеевич, Удовиченко Злата Викторовна. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ПОТОКА ГАЗА ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГРП И ГРС. 81

Кравчук Кирилл Алексеевич, Рожков Виталий Сергеевич, Андрей Федорович. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БАШЕННОЙ ГРАДИРНИ №2 ЗУЕВСКОЙ ТЭС. 84

Дёмина Леся Петровна, Ференчак Максим Васильевич, Выборнов Дмитрий Владимирович. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. 89

Зозуля Тамара Валерьевна, Соловьев Максим Артемович, Выборнов Дмитрий Владимирович. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ..... 93

Горбунов Андрей Юрьевич, Бондарев Петр Николаевич, Выборнов Дмитрий Владимирович. ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА. 97

Цупка Юлия Андреевна, Бурляй Сергей Александрович, Савич Дарья Владимировна. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ВЭР ОГНЕУПОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ФИЛЬТРАХ С ЗЕРНИСТЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ. 101

Вожова Наталья Анатольевна, Карканов Владимир Владимирович, Головач Юлия Александровна. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГОРЕЛКАХ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТЛОГО ТИПА. 105

Рудаков Евгений Дмитриевич, Иванова Оксана Валерьевна, Долгов Николай Викторович. ПРИМЕНЕНИЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ИТП. 110

Шеремет Светлана Трояновна, Долгов Николай Викторович. АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТЬЮ. 115

СЕКЦИЯ 2. ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГОРОДОВ

Новиков Михаил Владимирович, Малкин Владимир Юрьевич. РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ В НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА. 120

Стёпкин Анатолий Дмитриевич, Назаренко Борис Владиславович. САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ. 123

Лукьянов Александр Васильевич, Куцаева Елена Анатольевна. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. 127

Долгий Андрей Евгеньевич, Семенченко Андрей Игоревич, Савич Дарья Владимировна. ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕРНИСТЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРОВ. 131

Куделя Олеся Романовна, Двали Леван Юрьевич, Удовиченко Злата Викторовна. АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ. 138

Кисунько Оксана Владимировна, Молжанинов Даниил Евгеньевич, Удовиченко Злата Викторовна. ЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАДОМНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ. 142

Рыбаков Ян Константинович, Короткий Виталий Николаевич, Удовиченко Злата Викторовна. СЖИГАНИЕ НЕВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫХ ГАЗОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ. 146

Комендюк Кристина Владиславовна, Главацкая Валентина Игоревна, Михайская Оксана Валентиновна. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ. 149

Жукова Галина Михайловна, Прудников Дмитрий Юрьевич, Михайская Оксана Валентиновна. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ. 153

Дудник Анна Вячеславовна, Золотухина Наталья Викторовна. ПРИЧИНЫ И ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИОННОГО ПЕРЕУСТРОЙСТВА. 157

Симоненко Елизавета Игоревна, Заворотный Дмитрий Викторович, Ткачук Юрий Вячеславович. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКТИВНОГО ИЛА, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ЕГО СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА. 161

Гарипова Ольга Ростамовна, Воробьев Антон Валериевич, Зайченко Людмила Геннадьевна. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСХОДЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ. 165

Ручка Владислав Владиславович, Иванов Сергей Сергеевич, Янов Иван Александрович. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСХОДОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ МУНИЦИПАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ. 170

Синежук Инна Борисовна, Войтюк Виталия Ивановна, Лятавская Ирина Александровна. СЕЗОННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИСХОДНОЙ ВОДЫ И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ГРАБОВСКОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ СТАНЦИИ. 174

Черевко Татьяна Викторовна, Бондаренко Денис Александрович, Долгов Николай Викторович. АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗДАНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ 178

Волков Геннадий Евгеньевич, Деревянко Елена Валерьевна, Долгов Николай Викторович. АНАЛИЗ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ 182

СОДЕРЖАНИЕ 192

Научное электронное издание

«ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Электронный сборник статей по материалам II открытой международной очно-заочной научно-практической конференции молодых ученых и студентов

(04 февраля 2022 г., Макеевка)

Ответственные за издание: ***А. В. Лукьянов***
e-mail: donnasa_gsh@mail.ru
gsh@donnasa.ru

Компьютерная вёрстка**:** ***Д. В. Савич, Б. В. Кляус***