

Инженерные системы и сооружения

НАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ

№1(6) 2012

Теплоснабжение, вентиляция,
кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение

Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны
водных ресурсов

Пожарная и
промышленная безопасность

Экологическая безопасность
строительства и городского
хозяйства

Проектирование и строительство
дорог, аэродромов, мостов и
транспортных тоннелей

Экспертиза и управление
недвижимостью

Технология и организация
строительства

Сервис инженерных систем гос-
тинично-ресторанных, спортив-
ных и торгово-развлекательных
комплексов

проектирование строительство эксплуатация сервис



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

№1(6) 2012

- ✚ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ
- ✚ ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
- ✚ ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
- ✚ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
- ✚ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕ-НОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ
- ✚ ЭКСПЕРТИЗА И УПРАВЛЕНИЕ НЕДВИЖИМОСТЬЮ
- ✚ ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
- ✚ СЕРВИС ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ГОСТИНИЧНО-РЕСТОРАННЫХ, СПОРТИВНЫХ И ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Воронеж

SCIENTIFIC JOURNAL

ENGINEERING SYSTEMS AND CONSTRUCTIONS

№1(6) 2012

- ✚ HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION
- ✚ WATER SUPPLY, THE WATER DRAIN, BUILDING SYSTEMS OF PROTECTION OF WATER RESOURCES
- ✚ FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY
- ✚ ECOLOGICAL SAFETY OF BUILDING AND MUNICIPAL ECONOMY
- ✚ DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AIR-FIELDS, BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS
- ✚ EXAMINATION AND MANAGEMENT OF REAL ESTATE
- ✚ TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF BUILDING
- ✚ SERVICE OF ENGINEERING SYSTEMS OF HOTEL-RESTAURANT, SPORTS AND SHOPPING MALLS

Voronezh

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ & СООРУЖЕНИЯ

ENGINEERING SYSTEMS & CONSTRUCTIONS

Научный журнал

Scientific journal

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

EDITORIAL BOARD

Главный редактор профессор **О.А. Сотникова**
 Зам. главного редактора доцент **Н.А. Петрикеева**
 Ответственный секретарь доцент **Д.М. Чудинов**
 Выпускающий редактор доцент **К.Н. Сотникова**
 Члены редколлегии: профессор **В.Ф. Бабкин**
 профессор **М.М. Бродач**
 профессор **В.Г. Еремин**
 профессор **Ю.З. Иншаков**
 профессор **Н.С. Кобелев**
 доцент **С.А. Колодяжный**
 профессор **Б.Н. Курицын**
 профессор **В.И. Леденев**
 профессор **Л.С. Ляхович**
 профессор **В.Н. Мелькумов**
 профессор **В.Я. Мищенко**
 профессор **Г.В. Несветаев**
 профессор **Вл.П. Подольский**
 профессор **И.И. Полосин**
 профессор **О.Б. Рудаков**
 профессор **А.Н. Ткаченко**
 профессор **О.Л. Фиговский**
 (Израиль)

The editor-in-chief a D.Sc. in Eng., prof. **O.A.Sotnikova**
 The deputy the editor-in-chief of Ph.D. in Eng. **N.A.Petrikeeva**
 The responsible secretary of Ph.D. in Eng. **D.M.Chudinov**
 The letting out editor Ph.D. in Eng. **K.N. Sotnikova**
 Associate editors:
 D.Sc. in Eng., prof. **V.F.Babkin**
 D.Sc. in Eng., prof. **M.M.Brodach**
 D.Sc. in Eng., prof. **V.G.Eremin**
 D.Sc. in Eng., prof. **Yu.Z.Inshakov**
 D.Sc. in Eng., prof. **N.S.Kobelev**
 Ph.D. in Eng. **S.A.Kolodyazhny**
 D.Sc. in Eng., prof. **B.N.Kuritsin**
 D.Sc. in Eng., prof. **V.I.Ledenev**
 D.Sc. in Eng., prof. **L.S.Lyakhovich**
 D.Sc. in Eng., prof. **V.N. Melkumov**
 D.Sc. in Eng., prof. **V.Ya.Mischenko**
 D.Sc. in Eng., prof. **G.V.Nesvetaev**
 D.Sc. in Eng., prof. **V.P.Podolsky**
 D.Sc. in Eng., prof. **I.I.Polosin**
 D.Sc. in Eng., prof. **O.B.Rudakov**
 D.Sc. in Eng., prof. **A.N.Tkachenko**
 D.Sc. in Eng., prof. **O.L. Figovsky**
 (Israel)

АДРЕС РЕДАКЦИИ

THE EDITION ADDRESS

394006, Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84, а. 2133
 Т./ф.: (473) 271-53-21
 E-mail: isis.journal@yandex.ru

394006, Voronezh, street of 20 years of October, 84,
 a. 2133; Т./f.: (473) 271-53-21
 E-mail: isis.journal@yandex.ru

ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА

THE PUBLISHER OF JOURNAL

Факультет инженерных систем и сооружений
 Воронежского государственного
 архитектурно-строительного университета

Faculty of engineering systems and constructions
 of Voronezh State University of architecture
 and constructions

ПОПЕЧИТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ

BOARD OF GUARDIANS

Управление ЖКХ городского округа г. Воронеж,
 в лице зам. руководителя И.В. Черенкова

Management of housing and communal services of city
 district Voronezh, in the person of the deputy head
I.V.Cherenkov

ООО ИЦ «Эксперт», г. Воронеж, в лице
 генерального директора В.Б. Полуказова
 ЗАО ЦЧР «Гипроавтотранс», в лице
 генерального директора Э.В. Макарычева
 ООО «Агропромстрой», г. Воронеж, в лице
 Генерального директора В.Н. Барина

Open Company ITS "Expert", Voronezh, in the person
 of general director **V.B.Polukazakov**
 Joint-Stock Company TSCHR "Giproavtotrans", in the per-
 son of general director **E.V.Makarychev**
 Open Company "Agropromstroj", Voronezh, in the person
 of general director **V.N.Barinov**

- Материалы данного выпуска журнала публикуются в авторской редакции
- Ответственность за достоверность опубликованных в статьях сведений несут авторы
- Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции

- Materials of the given release of magazine are published in author's edition
- Responsibility for reliability of the data published in articles bear authors
- The reprint of materials of magazine it is supposed only with the permission of edition

Компьютерная верстка,
 Дизайн,
 Перевод

К.Н.Сотникова

Computer imposition,
 Design,
 Transfer

К.Н.Сотникова

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Научный журнал

№1(6)2012

СОДЕРЖАНИЕ



Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение

Н.А. Петрикеева, О.В. Тюленева, Н.Н. Кучеров Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогазоснабжения и вентиляции

9



Н.А. Петрикеева, А.Н. Садовников, А.В. Никулин Пути снижения энергопотребления зданиями

13

А.Н. Садовников, А.В. Никулин Мероприятия по энергосбережению в зданиях и сооружениях

18



И.С. Сырых, С.А. Евсеев Методика технико-экономического обоснования схем теплогенерирующих установок с напорными теплоутилизаторами

22

И.С. Сырых, Н.Н. Кучеров Оценка энергоэффективности предприятий теплогазоснабжения и вентиляции

27

С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, К.А. Складов Экономическое обоснование применения вторичных энергоресурсов в инженерных системах

31



Г.Н. Мартыненко, С.Н. Гнатюк Оперативное управление газораспределительной системой на основе модели возмущенного состояния

36

Г.Н. Мартыненко, О.С. Поддубная Моделирование утечек газа из подземных газопроводов при авариях

43

Г.Н. Мартыненко, О.С. Поддубная, С.Н. Гнатюк Анализ роли газовой отрасли в энергетике и экономике страны

46



Б.П. Новосельцев, Е.Г. Головин Современные системы автоматического управления микроклиматом в теплицах

50

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Научный журнал

№1(6)2012

СОДЕРЖАНИЕ	
	Экспертиза и управление недвижимостью
	В.Н. Баринов Энергосервис в жилищно-коммунальном хозяйстве: проблемы и пути решения 53
	Сервис инженерных систем гостинично-ресторанных, спортивных и торгово-развлекательных комплексов
	Булыгина С.Г., Сотникова О.А. Учет теплозащитных характеристик спецодежды при моделировании теплообмена человека с окружающей средой 60
	Булыгина С.Г., Сотникова О.А. Новое и перспективное оборудование для создания микроклимата в ресторанных комплексах 70
	Пожарная и промышленная безопасность
	И.В. Ситников, И.А. Шепелев, С.А. Колодяжный, А.А. Однолько Анализ математических моделей пожара, применяемых для расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара 81
	М.В. Паршин, А.П. Паршина, А.О. Старцев Анализ работы аварийной вентиляции на производстве 88
	Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей
	В.Г. Ерёмин, Као Ван Лам Совершенствование управления состоянием мостовых сооружений на основе постоянного мониторинга 92
	Технология и организация строительства
	К.Н. Сотникова, Н.В. Колосова, А.П. Толмачев Экспертная система принятия решений для реконструкции зданий с учетом принципов «Зеленого строительства» 98
Информационный раздел	
Правила оформления статей в журнале «Инженерные системы и сооружения» 106	

Engineering systems and constructions

Scientific magazine

№1(6)2012

THE CONTENT



Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply
and illumination

N.A. Petrikeeva, O.V. Tyuleneva, N.N. Kucherov Economically expedient level of thermal protection of buildings at work of systems of heat and gas supply and ventilation

9

N.A. Petrikeeva, A.N. Sadovnikov, A.V. Nikulin Ways of decrease of power consumption by buildings

13

A.N. Sadovnikov, A.V. Nikulin Actions for power saving in buildings and constructions

18

I.S. Syryh, S.A. Evseev Technique of the feasibility study of schemes of heatgenerating installations with pressure head heat utilizers

22

I.S. Syryh, N.N. Kucherov Estimation of power efficiency of the enterprises and gas supply and ventilation

27

S.A. Kolodyazhny, E.A. Sushko, K.A. Sklyarov The economic substantiation of using of secondary energy resources in engineering systems

31

G.N. Martynenko, S.N. Gnatyuk Operational administration of gas distributive system on the basis of model of the indignant condition

36

G.N. Martynenko, O.S. Poddubnaya Modelling of leaks of gas from underground gas pipelines at failures

43

G.N. Martynenko, O.S. Poddubnaya, S.N. Gnatyuk The analysis of the role of gas branch in power and national economy

46

B.P. Novoseltsev, E.G. Golovin Modern automatic control system of the microclimate in greenhouses

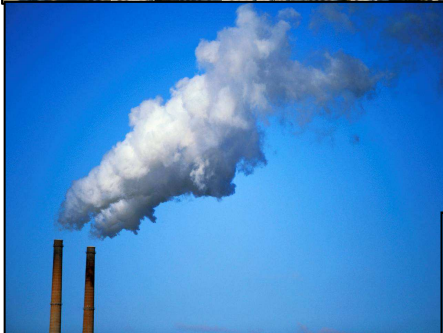
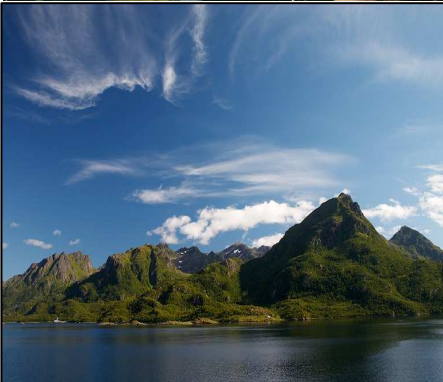
50



Engineering systems and constructions

Scientific magazine

№1(6)2012

THE CONTENT	
	Examination and management of real estate
	V.N. Barinov Power service in housing and communal services: problems and ways of decision 53
	Service of engineering systems of hotel-restaurant, sports and shopping malls
	Bulygina S.G., Sotnikova O.A. The accounting of heat-shielding characteristics of overalls at modeling of heat exchange of the person with environment 60
	Bulygina S.G., Sotnikova O.A. The new and perspective equipment for microclimate creation in restaurant complexes 70
	Fire and Industrial Safety
	I.V. Sitnikov, I.A. Shepelev, S.A. Kolodyazhny, A.A. Odnolko Analysis of the mathematical fire models used for calculation of the blocking time of escape routes by fire hazards 81
	M.V. Parshin, A.P. Parshina, A.O. Startsev The analysis of work of emergency ventilation on the manufacture 88
	Designing and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels
	V.G. Eremin, Cao Van Lam Perfection of management of the condition of bridge constructions on the basis of constant monitoring 92
	Technology and organization of building
	K.N. Sotnikova, N.V. Kolosova, A.P. Tolmachev Expert system of decision-making for reconstruction of buildings taking into account principles of "Green Building" 98
Information section	
Rules of registration of articles in journal «Engineering systems and constructions» 106	

Теплогазоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

УДК 66:621.18

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Н.А. Петрикеева

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела О.В. Тюленева

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела Н.Н. Кучеров

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

The Voronezh University of Architecture and Civil Engineering

Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business N.A. Petrikeeva

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business O.V. Tyuleneva

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business N.N. Kucherov

Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

Н.А. Петрикеева, О.В. Тюленева, Н.Н. Кучеров

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Рассмотрено соотношение выработки тепловой и электрической энергии в текущем времени и на перспективу. Очевидна взаимосвязь климата с рациональным уровнем теплозащиты оболочки зданий не только через расчетные температуры наружного воздуха, продолжительность отопительного периода и прочие, учтенные в существующих нормах климатологические параметры, но и через конфигурацию городской системы энергоснабжения и ее инфраструктуру. Учет этой взаимосвязи позволит «сблизить» технологические возможности ТЭЦ и энергетические нагрузки города.

N.A. Petrikeeva, O.V. Tyuleneva, N.N. Kucherov

ECONOMICALLY EXPEDIENT LEVEL OF THERMAL PROTECTION OF BUILDINGS AT WORK OF SYSTEMS OF HEAT AND GAS SUPPLY AND VENTILATION

The parity of development of thermal and electric energy in current time and for prospect is considered. The interrelation of a climate with rational level of a thermal protection of a cover of buildings not only through settlement temperatures of external air, duration of the heating period and the other, climatological parameters considered in existing norms, but also through a configuration of city system of power supply and its infrastructure is obvious. The account of this interrelation will allow to "pull together" technological possibilities of thermal power station and power loadings of a city.

Введение

Проблема выбора рационального уровня теплозащиты зданий представляет собой серьезную задачу для городского хозяйства. В 1998 – 2000 годах после реализации первых

этапов повышения теплозащиты ограждающих конструкций было много споров о необходимости дальнейшего увеличения теплозащиты и целесообразности реализации дальнейших этапов плана [1]. Эти споры нашли свое отражение во введении в нормы так называемого «потребительского подхода», который нормирует не теплозащиту ограждающих конструкций, а удельное энергопотребление здания. Тем не менее, несмотря на эти споры, в Москве сегодня уже реализован переход городского строительного комплекса на ограждающие конструкции с теплозащитой, соответствующей следующему этапу, и встает вопрос:

Что делать дальше? Увеличивать ли уровень теплозащиты зданий, а, может быть, наоборот - снизить существующие нормативы?

Ответы на эти вопросы сегодня мы не сможем получить, основываясь только на анализе зарубежного опыта энергосбережения и мировых тенденций в этой области. Необходим серьезный численный анализ, учитывающий специфику нашего климата и особенности городской инженерной инфраструктуры, а также экологическую ситуацию в населенных пунктах, ухудшающуюся буквально на глазах. Очевидно, что сегодня некорректно формулировать какие-либо требования к оболочке здания без учета его взаимосвязей с климатом и городской инфраструктурой: городской системой энергоснабжения, инженерными коммуникациями [2].

Соотношение выработки тепловой и электрической энергии

Климатические особенности ряда крупных городов центрального региона России таковы, что соотношение необходимых городу энергоресурсов (энергетических нагрузок города) примерно составляет: в 2005 г. – электрическая нагрузка - 12,8 %, тепловая нагрузка – 87,2 %; в 2020 г. – электрическая нагрузка - 14,3 %, тепловая нагрузка – 85,7 %. При этом технологические возможности энергогенерирующего оборудования на ТЭЦ таковы, что в комбинированном цикле вырабатывается примерно 40 % электрической энергии и 60 % - тепловой. В перспективе, с внедрением парогазовых станций (за рубежом они уже давно работают) это соотношение будет приближаться к 50/50, т.е. ТЭЦ сможет вырабатывать 50 % электрической энергии и 50 % тепловой. В итоге город вынужден часть вырабатываемой электрической энергии (разницу между технологическими возможностями комбинированного цикла и фактической электрической нагрузкой города) отдавать в ЕЭС (единую энергосистему), что приводит к тому, что экологически не очень чистую технологию сжигания органического топлива мы осуществляем на территории города, а экологически чистый продукт – электроэнергию, поставляем за пределы города в ЕЭС [3]. Понятно, что эту ситуацию нужно исправлять, и одним из возможных путей ее исправления может быть снижение тепловой нагрузки города.

Таким образом, очевидна взаимосвязь климата с рациональным уровнем теплозащиты оболочки зданий не только через расчетные температуры наружного воздуха, продолжительность отопительного периода и прочие, учтенные в существующих нормах климатологические параметры, но и через конфигурацию городской системы энергоснабжения и ее инфраструктуру. Учет этой взаимосвязи позволит «сблизить» технологические возможности ТЭЦ и энергетические нагрузки города. Рассмотрим более подробно существующую городскую систему энергоснабжения.

Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий

Первичное топливо, в основном, природный газ, сжигается в комбинированном цикле на теплоэлектростанциях, где вырабатывается электрическая и тепловая энергия примерно, как уже было сказано ранее, в соотношении 40 % электрической энергии и 60 % тепловой. Затем, энергия по электрическим и тепловым сетям доставляется потребителю. Причем, если транспортировка электрической энергии сопряжена с незначительными потерями, то потери тепловой энергии в теплотрассах могут достигать 20 % и более.

В качестве иллюстрации этой цифры можно привести результаты энергетических обследований ЖКХ района Московской области, выполненных ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» в 2010 году [3].

Так, например, средние по ЖКХ потери тепловой энергии в теплотрассах составили 16,7 %, а с учетом расхода тепловой энергии на собственные нужды - 22,8 %. При этом необходимо отметить, что ЖКХ исследуемого района является одним из наиболее эффективных среди подобных предприятий области, имеет рациональную организационную и производственную структуры и не выбрасывает теплоту и деньги «на ветер».

Долгие годы системы энергоснабжения городов развивались практически «автономно» от потребителя. В последние годы в связи с изменением цен на энергетические ресурсы, проблема рационального их расходования становится все более актуальной. Оказывается, что как для энергосистемы города, так и для ее потребителя (зданий и сооружений), решение этой проблемы сегодня возможно только на основе нового подхода к рассмотрению комплекса: теплоэлектростанция + тепловые и электрические сети + потребитель (здания и сооружения) + окружающая среда - как единой теплоэнергетической системы, несмотря на очевидную противоречивость интересов потребителя и энергопроизводящих компаний.

Первым основным и достаточно очевидным противоречием является тот факт, что стратегические интересы энергопроизводящих компаний заключаются в максимальном увеличении объема продаж энергетических ресурсов, а стратегические интересы потребителя – в минимальном потреблении последних. Таким образом, если рассматривать проблему энергосбережения отдельно у производителя энергии и отдельно у потребителя (существующее состояние в действующих нормативных документах), то можно представить себе ситуацию, когда потребитель достигнет уровня энергосбережения в размере 90 % от сегодняшнего. В результате, потери в тепловых сетях могут достичь 200% от энергии, полученной потребителем, поскольку потери в сетях определяются, в основном, температурным режимом теплоносителя и в значительно меньшей степени зависят от количества транспортируемой тепловой энергии.

Представим себе район с тепловой нагрузкой 100 МВт. Потери тепловой энергии в сетях составляют, например, 15 % или 15 МВт. Тепловая нагрузка непосредственно потребителя – 85 МВт. Предположим, что за счет различных мероприятий по энергосбережению потребитель сэкономил 77,5 МВт (или 91 %), тогда его тепловая нагрузка будет равна 7,5 МВт, а потери в сетях 15 МВт, то есть 200 % от тепловой нагрузки потребителя [3].

В итоге, все это приведет к тому, что себестоимость энергии у производителя повысится, поскольку уменьшится объем ее продаж. Так или иначе, в конечном счете, эти издержки оплатит потребитель, который и так уже инвестировал немалые средства в энергосбережение и, как выясняется, часть этих инвестиций возможно была напрасной.

С этими проблемами уже сталкиваются некоторые развитые европейские страны. Так, например, Дания уже сегодня вынуждена снижать температуру теплоносителя в магистральных тепловых сетях, поскольку, при очень высоком качестве теплозащиты тепловых сетей теряет в них до 25 % транспортируемой тепловой энергии. В России это противоречие обостряется еще и изношенным парком энергогенерирующего оборудования и коммуникаций, причем, зачастую, основные энергогенерирующие мощности и коммуникации сосредоточены там, где потребитель сегодня отсутствует или резко снизил объемы потребления, и, наоборот, там, где растет потребление энергоресурсов (районы новостройки, коттеджное строительство и т.д.), их сбыт ограничен пропускной способностью электрических и тепловых сетей.

Вторым противоречием является различие экологических и потребительских интересов жителей. С одной стороны, как жители города, население заинтересовано в экологической чистоте городской среды, а с другой стороны, как потребители энергетических ресурсов – участвуют в ее загрязнении. Разрешение этого противоречия стоит сегодня на повестке дня у администраций многих крупных городов. Решение, по-видимому, будет индивидуальным для каждого города, в зависимости от климатических условий, уровня жизни, условий теплоснабжения и пр.

Таким образом, очевидно, что существует некий рациональный (возможно оптимальный) уровень энергосбережения у потребителя, который с одной стороны удовлетворяет потребителя, как с точки зрения единовременных капитальных вложений в энергосберегающие и экологические мероприятия, так и с точки зрения эксплуатационных затрат; а с

другой стороны обеспечивает достаточные объемы производства энергии и приемлемую структуру ее себестоимости у энергопроизводящей компании. Другими словами существует целесообразный уровень теплозащиты оболочки зданий, который устраивает потребителя, энергопроизводящие компании и город - с точки зрения экологических последствий сжигания органического топлива.

Для оценки экономически целесообразного уровня теплозащиты зданий, компанией ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» была проведена серия «численных экспериментов» на специально разработанных моделях [3]. В основу моделей были положены приведенные затраты на строительство и эксплуатацию комплекса: теплоэлектростанция + тепловые и электрические сети + потребитель (здания и сооружения) + окружающая среда.

При построении моделей было введено понятие dC - удорожание себестоимости (дополнительные капитальные вложения) 1 кв. метра жилья за счет внедрения энергосберегающих мероприятий и технологий, \$ США/м² квартир, которое при проведении расчетов определялось по следующей формуле

$$dC = C \cdot R_{об}, \quad (1)$$

где C - стоимость увеличения на 1 м² ограждений·град/Вт обобщенного сопротивления теплопередаче ($R_{об}$) теплозащитной оболочки, ((\$ США/м² квартир) · (Вт/(м² огражд. · °С)).

В зависимости от типа изоляции ограждений C может изменяться в пределах от четырех до двадцати (\$ США/м² квартир) · (Вт/(м² ограждений · °С)).

Выводы

Анализируя полученные результаты проведенных численных экспериментов очевидно, что дальнейшие разработки и нововведения в этой области должны быть на основе подхода к рассмотрению комплекса: городская система энергоснабжения + теплоэлектростанция + тепловые и электрические сети + потребитель (здания и сооружения) + окружающая среда - как единой теплоэнергетической системы.

Библиографический список

1. **Сотникова, О.А.** Автономное теплоснабжение / О.А. Сотникова, В.Н. Мелькумов. – Воронеж: ВГАСУ, 2005. – 243 с.
2. **Сибикин, Ю.Д.** Технология энергосбережения/ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Форум - Инфра-М, 2006.- 352 с.
3. **Васильев, Г.П.** Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий / Г.П. Васильев. - М.: ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ», 2008. - 9 с.

References

1. **Sotnikova, O.A., V.N., Melkumov.** An independent heat supply. Voronezh, 2005, 243 pp.
2. **Sibikin, Ju.D., M.Ju., Sibikin.** Technology of power saving. Moscow, 2006, 352 pp.
3. **Vasilev, G.P.** Economically expedient level of a heat-shielding of buildings. Moscow, 2008, 9 pp.

Ключевые слова: теплозащита зданий, удельное энергопотребление, себестоимость энергии, тепловая нагрузка

Keywords: thermal protection of buildings, specific power consumption, the energy cost price, thermal loading

УДК 66:621.18

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет**Канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Н.А. Петрикеева**Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела А.Н. Садовников**Инженер А.В. Никулин**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21**e-mail: vgasupb@mail.ru**The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering**Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business N.A. Petrikeeva**Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business A.N. Sadovnikov**Engineer A.V. Nikulin**Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21**e-mail: vgasupb@mail.ru*

Н.А. Петрикеева, А.Н. Садовников, А.В. Никулин

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯМИ

Внедрение современных энергосберегающих технологий, эффективное использование энергетических ресурсов, энергии и энергоносителей становятся все более актуальными. Расход энергии в зданиях зависит от различных факторов: климатических, технических, потребительских привычек. В статье приведены сравнительные удельные показатели энергопотребления на отопление многоэтажных зданий в различных странах. Рассмотрена двухслойная ограждающая конструкция с несущим и теплоизоляционным слоями.

N.A. Petrikeeva, A.N. Sadovnikov, A.V. Nikulin

WAYS OF DECREASE OF POWER CONSUMPTION BY BUILDINGS

Introduction of modern power saving up technologies, effective utilization of power resources, energy and energy carriers become more and more actual. Power consumption in buildings depends on various factors: climatic, technical, consumer habits. In the article comparative specific indicators of power consumption on heating of many-storeyed buildings in the various countries are resulted. The two-layer protecting design with bearing and thermal isolation layers is considered.

Введение

Эффективное использование энергетических ресурсов, энергии и энергоносителей, сокращение потерь в процессе функционирования промышленной инфраструктуры – вопросы, с каждым десятилетием становящиеся все более актуальными и представляющие собой сегодня глобальную проблему. Внедрение современных энергосберегающих технологий равносильно производству энергоресурсов и зачастую именно оно представляет собой более рентабельный и экологически ответственный способ обеспечения растущего спроса на энергию.

Объемы потребления тепловой энергии в зданиях

В существующих зданиях расходы тепловой энергии в среднем составляют 250–600 кВт/ч за отопительный период на 1 м² отапливаемой площади в зависимости от объемно-планировочного решения дома: многоэтажный или малоэтажный, многосекционный или многоквартирный. В многоэтажных домах площадь наружных ограждающих конструкций (стен,

покрытий, цокольных перекрытий), приходящихся на 1 м² полезной площади зданий, в 3-4 раза меньше, чем в одно-двухэтажных, и, соответственно, меньше тепловых потерь. В таблице 1 приведены сравнительные фактические удельные показатели энергопотребления на отопление многоэтажных зданий в России и нормативные для Дании и Германии [1].

Таблица 1

Сопоставление удельных показателей энергопотребления на отопление зданий

Страна	Россия	Германия	Дания
Удельное энергопотребление, кВт.ч/м ²	250 - 300	85	88

Следует отметить, что 20 лет назад такие страны, как Дания и Германия, находились примерно на том же уровне энергопотребления, что и бывший Советский Союз. И все же в передовых странах за прошедшие 15-20 лет произошли существенные изменения. Снижение энергопотребления достигается не только в строящихся зданиях, где ограждающие конструкции имеют повышенную теплоизоляцию в соответствии с принятыми в европейских странах в 80-90-х годах нормами, но и в существующих домах. В таблице 2 приведены нормативные значения сопротивлений теплопередаче стен в разные периоды в развитых странах.

Таблица 2

Уровень тепловой защиты зданий в разных странах

Страна	Нормативное сопротивление теплопередаче наружных стен по годам, м ² °C/Вт				Фактическое сопротивление теплопередаче наружных стен R ₀ ^{тп} , м ² °C/Вт
	1960 -1969	1970 - 1980	1980 - 1990	1990 - 2000	
Финляндия	0,83	0,83	1,5	2.9 - 3.5	2,3
Канада	0,95	0,95	1,42	3,0 - 4,1	2,4
Швеция	0,9	1,3	2,3	2,0 - 4,0	1,8
Россия	1,26	1,72	2,24	5	1,7

Проблемы реконструкции существующих зданий очень актуальны в России. Например, в полумиллионном Томске из 8 млн.м² общей площади жилых зданий более 3 млн.м² составляют здания, построенные в 60-70-е годы по первым типовым проектам [2].

Одна из проблем эксплуатации первых пятиэтажек - низкий уровень тепловой защиты ограждающих конструкций, который в сочетании с суровыми климатическими условиями приводит к большим затратам на отопление существующих зданий. Из-за высокой стоимости тепловой энергии и низких доходов населения ежегодно до 40 % расходной части городского бюджета направляется на дотацию затрат жилищно-коммунальных предприятий на отопление жилых зданий.

Поэтому сегодня представляется важным направлением в сокращении неэффективных затрат на содержание существующего жилищного фонда города и для увеличения срока службы зданий первых массовых серий осуществление на основе технико-экономического обоснования поэтапной реконструкции и модернизации жилых зданий со значительным снижением (на 30-50 %) их теплопотерь.

Расход энергии (теплоты, электричества) в зданиях зависит от многих различных факторов: климатических, технических, потребительских привычек.

К климатическим факторам относятся температура холодного периода, количество солнечной радиации, скорость ветра, количество осадков.

К техническим факторам относятся величина тепловой изоляции, тип, размер и направленность окон, объемно-планировочное решение здания, системы отопления и вентиляции, регулирование этих систем.

Термин «потребительские привычки» обозначает такие факторы, как, например, количество расходуемой горячей воды, частота открывания окон, приготовления пищи и использования света. К этим факторам относятся также люди, которые отвечают за эксплуатацию систем отопления, вентиляции и всего здания. Потребительские привычки оказывают большое влияние на расход энергии. И основной принцип воздействия на них – это стимулирование энергосбережения.

Величина теплопотерь через наружные ограждения (стены, покрытия, цокольные перекрытия, окна) определяется сопротивлением теплопередаче конструкции.

Исследования теплового режима зданий, проведенные в нескольких городах России, показали, что фактическая тепловая защита наружных ограждений на 15-20 % ниже нормативной. Причинами являются неучтенный фактор неоднородности конструкций в действующей методике теплотехнического расчета, часто низкое качество строительства и плохая эксплуатация зданий. Это приводит к неучтенным потерям тепла, неудовлетворительному микроклимату и снижению долговечности зданий. С 1996 года строительными нормами и правилами предусмотрено двухэтапное повышение уровня тепловой защиты ограждающих конструкций [1].

Пути снижения потребления энергии зданиями

Энергоэффективным является здание, в котором при проектировании, строительстве и эксплуатации осуществлено максимальное количество мероприятий, направленных на экономию топливно-энергетических ресурсов.

Основными путями экономии энергии в гражданских зданиях являются повышение тепловой эффективности строительных конструкций, архитектурно - планировочных решений, инженерных систем, использование нетрадиционных видов энергии. Повышение теплозащиты здания возможно осуществить за счет использования эффективных теплоизоляционных материалов и применения новых конструктивных решений стен, окон.

Наиболее перспективными являются двухслойные ограждающие конструкции с несущим и теплоизоляционным слоями (см. рис.).

Такое решение возможно как в строящихся, так и в существующих зданиях. В качестве эффективного утеплителя применяются минераловатные жесткие плиты с перпендикулярным расположением волокон и коэффициентом теплопроводности 0,043-0,06 Вт/м °С. Такой утеплитель не расслаивается, обеспечивает прочность фасадному покрытию и является негорючим.

В таблице 3 приведен структурный состав теплоизоляционной конструкции, представленной на рисунке.

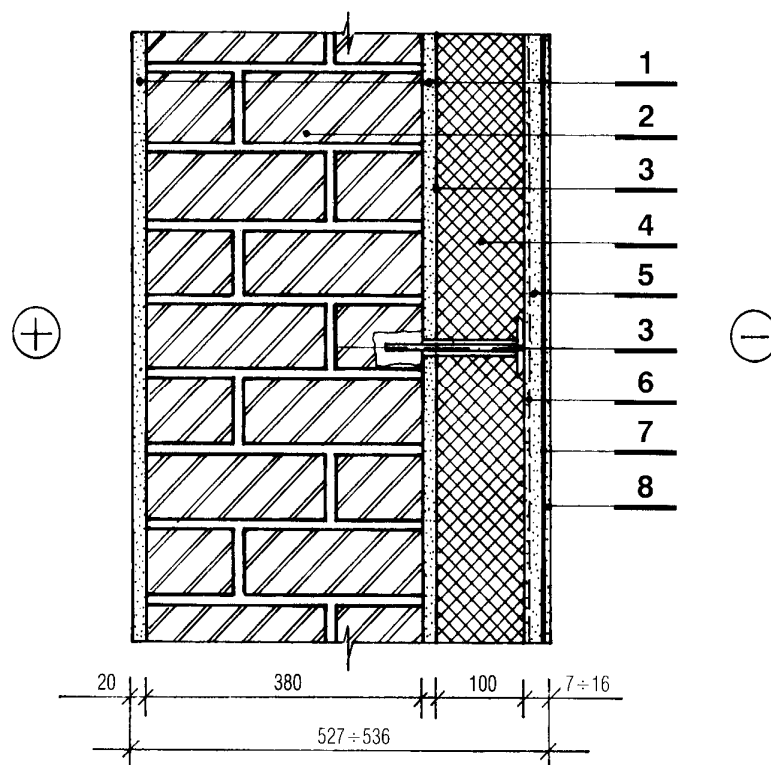


Рисунок. Утепление кирпичной стены по технологии "Tex-Color"

Таблица 3

Структурный состав теплоизоляционной конструкции

№ поз.	Наименование	Состав	Толщина
1	Кирпичная кладка	Кирпич силикатный	$\delta = 380$ мм
2	Внутренняя штукатурка	Полимерная декоративная штукатурка	$\delta = 15$ мм
3	Крепление термоизоляции	Клей "OK-1000 WDVS-Specialkleber, Superkleber-Armierungsmortel, шпильки 75-175 мм. Закрепляется шпильками и полимерными планками	
4	Теплоизоляция	Каменная вата «ROCKWOOL»	$\delta = 100$ мм, плотность 140 кг/м^3
5	Выравнивающий (армирующий) слой	Клей "OK" 1000 WDVS-Specialkleber, Superkleber-Armierungsmortel	$\delta = 3-5$ мм
6	Армирующая сетка	Покрытая пластиком сетка из стекловолокна	Ячейки 4 мм
7	Грунтовка	Кварцевая (отделка декоративной штукатурки). Глубинная (для окраски)	
8	Отделка	Минеральная декоративная штукатурка. Полимерная декоративная штукатурка. Краска фасадная	2; 3; 6 мм. 1,5; 2; 3 мм.

Объемно-планировочные решения зданий оказывают существенное влияние на энергопотребление. Например, здания с широким корпусом потребляют на 15–18 % меньше энергии, чем здания с обычным корпусом. Поэтому необходимо разрабатывать объемно-планировочные решения с наименьшей площадью наружных конструкций для зданий одинакового объема.

Критерием качества объемно-планировочного решения может служить расчетный показатель компактности здания. Впервые этот показатель был введен в нормирование в ФРГ в 1984 году. Показатель компактности здания определяется как отношение общей площади наружных ограждающих конструкций $S^{нар}$ и величины отапливаемого объема $V^{от}$: $k = S^{нар} / V^{от}$ [2]. Расчетный показатель компактности здания k для жилых зданий не должен превышать следующих значений:

- 0,32 для зданий от 6 до 9 этажей;
- 0,36 для 5-этажных зданий;
- 0,54 для 3-этажных зданий;
- 1,1 для одноэтажных домов.

Эффективным средством снижения теплопотерь здания является остекление лоджий, устройство на фасадах здания стекол на отnose, размещение пассивных солнечных коллекторов на крышах зданий для подогрева наружного воздуха, поступающего в здание.

Выводы

Выгода от внедрения энергоэффективных технологий может быть достигнута несколькими способами: напрямую через целевые инвестиции или же как побочный эффект от замены старого оборудования на новое, более эффективное. Рассмотренные решения возможны и эффективны как в строящихся, так и в существующих зданиях.

Библиографический список

1. **Ольшанский, А.И.** Основы энергосбережения/ А.И. Ольшанский, В.И. Ольшанский, Н.В. Беляков.- Витебск, 2007.- 223 с.
2. **Сибикин, Ю.Д.** Технология энергосбережения/ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Форум - Инфра-М, 2006.- 352 с.

References

1. **Olshansky, A.I., V.I., Olshansky, N.V., Belykov.** Power savings bases. Vitebsk, 2007, 223 pp.
2. **Sibikin, Ju.D., M.Ju., Sibikin.** Technology of power saving. Moscow, 2006, 352 pp.

Ключевые слова: теплоизоляционная конструкция, снижение энергопотребления, энергосбережение

Keywords: thermal isolation a design, power consumption decrease, the power savings, a thermal protection

УДК 66:621.18

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

А.Н. Садовников

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела А.В. Никулин

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business

A.N. Sadovnikov

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business A.V. Nikulin

Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

А.Н. Садовников, А.В. Никулин

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Рассмотрены различные, наиболее эффективные мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: применение экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружных ограждений, устройство вентилируемых наружных стен, тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора, применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления.

A.N. Sadovnikov, A.V. Nikulin

ACTIONS FOR POWER SAVINGS IN BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Various, most effective actions for power savings in systems of heating, ventilation and air conditioning are considered, such as: application of economically expedient resistance of a heat transfer of external protections, the device of ventilated external walls, thermal protection of an external wall in an installation site of the heating device, application heat-absorbing and thermal reflection a glass cover.

Введение

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем является поиск энергосберегающих мероприятий и инженерных решений по созданию ограждающих конструкций зданий и сооружений с минимальными тепловыми потерями.

Большую роль в этом играют создание новых строительных, теплоизоляционных, облицовочных материалов и изделий, а также разработка новых методов определения теплофизических свойств материалов. Новые методы расчета теплофизических свойств материалов и изделий позволят эффективно оценить тепловой и воздушный режим зданий различного назначения.

Энергетический паспорт здания

Проблемы энергосбережения и снижения потерь теплоты в окружающую среду существенно влияют на экологическую ситуацию, технико-экономические показатели и капитальные затраты строительных объектов. При производстве материалов или в ходе строительства на объекте необходимо уметь определять теплофизические свойства строительных,

теплоизоляционных и облицовочных материалов, так как фактические характеристики изделий могут не соответствовать сертификату или паспорту [1]. Кардинальный ответ на запросы техники – развитие методов расчета и прогнозирования теплофизических характеристик на основе фундаментальных научных обобщений. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций зданий и сооружений существенно влияют на работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, потребляющих значительное количество тепловой энергии. Оценка энергоэффективности зданий и сооружений проводится на основании энергетического паспорта сооружения [2].

Типовой энергетический паспорт здания должен включать:

- климатологические характеристики города (района) объекта, длительность отопительного периода, расчетную температуру внутреннего и наружного воздуха помещений;
- геометрические размеры здания или сооружения, его ориентацию по сторонам света, этажность и объем, площадь наружных ограждающих конструкций, внутренних помещений, а также пола первого этажа и потолка последнего этажа отапливаемых помещений;
- сведения о теплотехнических свойствах ограждающих конструкций здания или сооружения, термическом сопротивлении теплопередачи отдельных элементов многослойной системы ограждений и здания в целом;
- сведения о системах водоснабжения, отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха – системах обеспечения микроклимата помещений и способах их регулирования;
- данные о системах электроснабжения и освещения здания;
- нормативные характеристики удельных расходов энергии.

При составлении энергетического паспорта здания или сооружения определяются: коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи стен, перекрытий, пола, оконных проемов. Замеряются: средняя кратность воздухообмена за отопительный период, фактическая температура наружного воздуха и помещений, расходы электроэнергии, тепловой энергии, газа, горячей и холодной воды за сутки.

Мероприятия по энергосбережению в зданиях и сооружениях

При разработке мероприятий по энергосбережению или проведению энергоаудита, из проекта здания определяют параметры всех элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования и их расчетные характеристики [3]. Необходимо также уточнение годового режима работы систем управления и измерения параметров воздуха.

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сводятся к следующему:

1. Применение экономически целесообразного сопротивления теплопередачи наружных ограждений при строительстве и дополнительного утепления наружных стен при реконструкции зданий.

Мероприятие предназначено для увеличения сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов.

Наиболее эффективна теплозащита стен с наружной стороны. Применяют, как правило, напыление какого-либо утеплителя (раствора пенопласта, пенополиуретана), либо наклейку плиточного утеплителя (пенополистирола), либо обивку теплоизоляционным материалом. Работа должна выполняться без нарушения функционирования здания. Перед нанесением утепляющих растворов или наклейкой наружные поверхности стен очищают от пыли и грязи с последующей промывкой. Напыление выполняется слоями по 1...2 сантиметра. Последующий слой наносят после затвердения предыдущего. Наклейку плит к стенам производят клеем ПВА или бустилатом. Затем крепят дюбелями сетку с ячейками от 2 до 4 см с антикоррозийным покрытием и наносят слой цементно-известковой штукатурки. Через два

дня поверхность покрывают кремнеорганическим составом или окрашивают гидрофобной краской.

2. Устройство вентилируемых наружных стен.

Мероприятие предназначено для повышения уровня тепловой защиты наружных стен. В стенах вблизи наружной поверхности устраивают вертикальные щелевые каналы шириной 2...3 см, через которые под воздействием естественной тяги проходит наружный воздух. В холодный период года воздух нагревается от внутренней стены и подается в помещение. В теплый период каналы перекрываются заслонками и превращаются в замкнутые воздушные прослойки, которые увеличивают термическое сопротивление стены и препятствуют нагреву ограждения. Высоту каналов обычно принимают в один этаж.

Энергосбережение достигается за счет возврата в помещение части теряемой теплоты от наружных ограждений в зимнее время и за счет увеличения сопротивления теплопередаче наружного ограждения при устройстве замкнутых воздушных прослоек летом.

3. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора.

Мероприятие предназначено для снижения тепловых потерь от наружных ограждений (стены), к которым прилегают отопительные приборы.

Отопительные приборы обычно устанавливаются у наружных ограждающих стен. При этом температура внутренней поверхности стены за прибором выше, чем в остальной части, что приводит к увеличению теплового потока и является причиной повышенных тепловых потерь через ограждения. При установке отопительных приборов в нише, стенка за прибором тоньше, а ее сопротивление теплопередаче меньше, чем у стены без ниш, что еще больше увеличивает потери теплоты через ограждающие конструкции.

Для снижения тепловых потерь за счет лучистого теплообмена необходимо установить защиту в виде экрана с низкой степенью черноты. Для снижения тепловых потерь за счет теплопроводности необходимо установить теплоизоляционный слой с низким коэффициентом теплопроводности на участке всей ниши наружной стены. Теплоизоляцию желательно располагать ближе к поверхности стены.

4. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления.

Мероприятие предназначено для сокращения теплоступлений в помещения от солнечной радиации, что приводит к комфорту в помещениях.

Теплопоглощающие стекла в структуре имеют металлическую основу, которая поглощает лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска оконным стеклом тепловых лучей составляет 0,3...0,75. При поглощении солнечных и инфракрасных лучей стекло нагревается, его температура повышается до 50...60 °С, что приводит к образованию естественных восходящих конвективных потоков от нагретых поверхностей стекла и между стеклами. Тепловая активность остекления во многом зависит от угла падения солнечных лучей и толщины стекла. Для отвода теплоты в летнее время целесообразно обдувать остекленные поверхности воздухом. Теплопоглощающее стекло следует устанавливать снаружи оконного блока.

Теплоотражающие стекла покрывают селективными или полимерными пленками на металлической основе, которые отражают лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска тепловых лучей у таких стекол составляет 0,2...0,6. Стекло монтируют в одном пакете с простым стеклом так, чтобы отражающая пленка находилась внутри пакета. Теплоотражающее стекло следует устанавливать всегда снаружи, при этом внутреннее простое стекло (без пленки) нагревается меньше. Наибольшую эффективность имеют двойные или тройные стекла с толщиной воздушной прослойки между ними 10...15 мм. В этом случае естественная конвекция между стеклами дестабилизирована, а воздушная прослойка служит теплоизолятором, так как передача теплоты через оконный блок осуществляется только за счет кондуктивной теплопроводности воздуха. Применяют и многослойные теплоотражающие пленки, приклеиваемые к стеклам после окончания работ по остеклению, и тогда удастся снизить пропуск тепловых лучей до 0,2. В вечернее время

пленка отражает в помещение искусственный свет. В холодный период года отражающее стекло уменьшает тепловые потери через окна.

Применение теплоотражающих стекол позволяет снизить теплопоступления и затраты энергии на системы кондиционирования на 15...20 %. Наилучшие результаты получаются при покрытии стекла золотом, наносимым распылением при глубоком вакууме. Толщина слоя золота 0,1...0,2 мкм. Такое остекление дорого, но только золоту свойственно селективное отражение инфракрасных лучей и хорошая проводимость видимых световых лучей [4].

Выводы

При разработке мероприятий по энергосбережению или проведению энергоаудита необходимо определить параметры всех элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования и их расчетные характеристики. Необходимо также уточнение годового режима работы систем управления и измерения параметров воздуха. Выбор мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха определяется технико-экономическим расчетом.

Библиографический список

1. **Сибикин, Ю.Д.** Технология энергосбережения/ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Форум - Инфра-М, 2006.- 352 с.
2. **Андрижиевский, А.А.** Энергосбережение и энергетический менеджмент/ А.А. Андрижиевский, В.И. Володин.- Минск: Высшая школа, 2005.- 294 с.
3. **Петрикеева, Н.А.** Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения/ Н.А. Петрикеева, Д.А. Письменный// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. – Вып. № 1. - С. 75-78.
4. **Петрикеева, Н.А.** Методика технико-экономического обоснования схем теплогенерирующих установок с напорными теплоутилизаторами/ Н.А. Петрикеева, В.С. Турбин// Вестник Воронежского государственного технического университета. Энергетика. - 2006.- Вып. № 7. - С. 120-122.

References

1. **Sibikin, Ju.D.,** M.Ju., Sibikin. Technology of power saving. Moscow, 2006, 352 pp.
2. **Andrizhievsky, A.A.,** V.I., Volodin. Power saving and power management. Minsk, 2005, 294 pp.
3. **Petrikeeva, N.A.,** D.A., Pismenny. Use of warmth of condensation of products of combustion heat generation installations of systems of a heat supply. *Engineering systems and constructions*, Voronezh, 2009, N 1, pp. 75-78.
4. **Petrikeeva, N.A.,** V.S., Turbin. Technique of the feasibility report on schemes of warmly generating installations with pressure head warmly utilizations. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2006, N 7, pp. 120-122.

Ключевые слова: снижение энергопотребления, энергосбережение, теплозащита, энергетический паспорт здания

Keywords: power consumption decrease, power saving, thermal protection, power passport of a building

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела И.С. Сырых

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела С.А. Евсеев

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: 21sergevseev@mail.ru

The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business I.S. Stryh

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business S.A. Evseev

Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21

e-mail: 21sergevseev@mail.ru

И.С. Сырых, С.А. Евсеев

МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СХЕМ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК С НАПОРНЫМИ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРАМИ

В настоящей работе рассматриваются положения методики расчета технико-экономического обоснования предложенных схем теплогенерирующих установок, оборудованных напорными теплоутилизаторами, использующими теплоту конденсации водяных паров дымовых газов при температуре выше точки росы.

I.S. Stryh, S.A. Evseev

TECHNIQUE OF THE FEASIBILITY STUDY ON SCHEMES OF HEATGENERATING INSTALLATIONS WITH PRESSURE HEAD HEAT UTILIZERS

In the given work the provision of a design procedure of the feasibility study on the offered schemes of the heat generating installations equipped with pressure head heat utilizers, which use warmth of condensation of water vapor of smoke gases at temperature higher than dew-point are considered.

Введение

Известно, что в теплогенерирующих установках (ТГУ) основными тепловыми потерями являются тепловые потери с уходящими газами. Величина потерь колеблется в пределах 7-12% и зависит от вида топлива, применяемого в ТГУ.

В этом случае определенный эффект [1] дает использование напорных теплоутилизаторов, в которых происходит двухэтапная утилизация теплоты:

1) удаление водяных паров из парогазовой среды при температуре выше температуры точки росы;

2) глубокое охлаждение осушенных продуктов сгорания до температур ниже температуры точки росы.

При этом конденсация водяных паров осуществляется из парогазовой среды при температуре выше, чем температура точки росы, соответствующая атмосферному давлению; утилизируются значительные тепловые потоки из парогазовой среды уходящих газов теплогенерирующих установок при сведении коррозионных процессов к минимуму.

Так как давление греющей среды в теплоутилизаторе поддерживается выше атмосферного, то на поверхностях нагрева происходит конденсация водяных паров из парогазовой среды при температуре выше температуры точки росы.

Путем дросселирования охлажденного газа его давление снижается до атмосферного, затем он подается на вторую ступень, в которой окончательно утилизируется низкотемпературная теплота.

Вторая ступень может быть орошаемой, тогда она является дополнительно абсорбером – теплоутилизатором по типу КТАНов [2].

Схемы использования напорных теплоутилизаторов в системах теплогасоснабжения

Установку напорного теплоутилизатора можно рекомендовать за котлами тепловой мощностью не менее 1,5 МВт.

В зависимости от поставленных задач, можно предложить варианты компоновки напорных теплоутилизаторов с такими котлами (рис.1, рис.2)

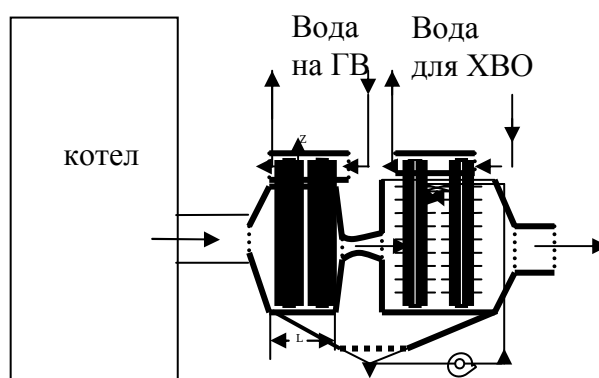


Рис. 1. Комбинированная схема использования напорного теплоутилизатора для нагрева воды (ХВО) системы химводоочистки (безнапорная секция) и воды (ГВ) для горячего водоснабжения (напорная секция)

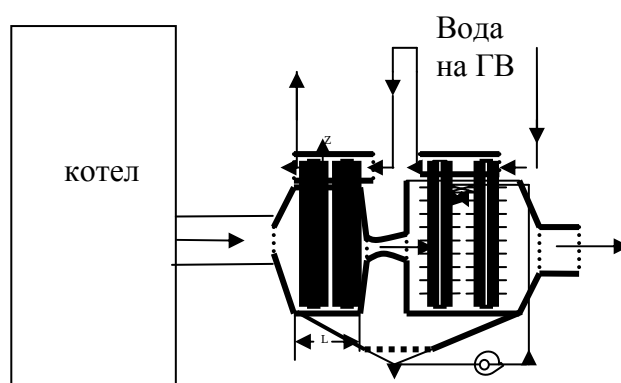


Рис. 2. Двухступенчатая схема нагрева воды на горячее водоснабжение в напорном теплоутилизаторе

В соответствии с представленной на рис. 1 схемой в безнапорной секции теплоутилизатора нагревается вода для целей химводоочистки, а в напорной секции – для целей горячего водоснабжения.

Исходные данные для последующего расчета предложенной схемы: расход через секцию равен расходу подпиточной воды (для водогрейных котлов) либо расходу питательной воды (для паровых

котлов); температура воды на входе в секцию теплоутилизатора принята $10 \div 15^\circ\text{C}$, на выходе из секции – $25 \div 30^\circ\text{C}$.

На рис. 2. представлена схема, в которой нагрев воды для целей горячего водоснабжения осуществляется последовательно в две ступени: в начале в безнапорной ступени, потом – в напорной ступени теплоутилизатора. При этом в безнапорной секции вода нагревается до температуры примерно $25 \div 30^\circ\text{C}$, а в напорной секции ее температура повышается дополнительно до $60 \div 65^\circ\text{C}$.

В секциях напорного теплоутилизатора может нагреваться сетевая вода (предварительный нагрев), а окончательно сетевая вода доводится до расчетной температуры в котле [3].

Для расчета расхода природного газа на котельную выполняется обратный тепловой баланс по эмпирическим зависимостям, полученным в работе на основе обработки экспериментальных данных при наладке котлов и составлении режимных карт

$$q_2 = 4,6 - 0,015t_{yx} + 0,00021t_{yx}^2, \quad (1)$$

$$q_5 = 2,45 \exp(-0,11Q_k), \quad (2)$$

$$q_3 = 0,5 \div 1, \quad (3)$$

$$q_4 = 0, \quad (4)$$

$$\eta_{\kappa}^{\bar{p}} = 100 - \sum_{i=2}^5 q_i, \quad (5)$$

$$B_p = \frac{Q_{\kappa} \cdot n}{Q_p^p (100 - \sum_{i=2}^5 q_i)}, \quad (6)$$

где Q_{κ} – тепловая мощность котла с учетом собственных нужд; n – число котлов, установленных в котельной; Q_p^p – располагаемая удельная теплота сгорания топлива.

Оценка экономической эффективности применимости напорных теплоутилизаторов

Экономическую эффективность применимости напорных теплоутилизаторов в котельных можно оценить путем сопоставления приведенных затрат (эксплуатационных и капитальных) на его изготовление и монтаж с соответствующими затратами базового варианта. За базовый вариант в данном случае принимается котельная без системы утилизации теплоты [4].

Расчетная зависимость имеет вид

$$\mathcal{E} = [\Delta B_p \cdot \tau_{год} - (\Delta U + E \Delta K)] / a^t, \quad (7)$$

где ΔB_p – часовая экономия топлива от применения напорного теплоутилизатора по сравнению с базовым вариантом; a^t – коэффициент дисконтирования в t – ом году.

Экономия топлива может быть оценена по следующей формуле

$$\Delta B_p = \frac{Q_{\kappa} n}{Q_p^p} \left(\frac{1}{\eta} - \frac{1}{\eta_{\bar{p}}} \right), \quad (8)$$

где η, η_6 – соответственно, КПД брутто котлов базового варианта и КПД при наличии напорного теплоутилизатора, определяемые по эмпирическим зависимостям (1) ÷ (6) для паровых и водогрейных котлов малой или средней тепловой мощности, работающих на жидком или газообразном топливе; τ_{zod} – число часов работы котельной в году.

Дополнительные эксплуатационные годовые затраты котельных ΔU при установке напорного теплоутилизатора рассчитываются с учетом текущих цен на энергоресурсы (дополнительно затрачиваемой электроэнергии на привод компрессора и дымососа).

Дополнительные капитальные затраты по сравнению с базовым вариантом ΔK рассчитываются по ценникам на оборудование, дополнительно устанавливаемое в котельной с теплоутилизатором.

В соответствии с [3] норма дисконта для инвестиционных проектов «затратного характера» E определяется по формуле

$$E = 1/\tau_{ок} \quad (9)$$

где $\tau_{ок}$ – время (срок) окупаемости затрат.

Расчет по формулам (6) ÷ (9) проводился при условии равномерного вклада затрат по годам и одинаковых отчислений банковских процентов по инвестициям.

При принятой годовой ставке процента банка (норме дохода на капитал) определяем

$$a = 1/(1+E)^t > 0 \quad (10)$$

Окончательно получаем [4]

$$\Xi \geq 0. \quad (11)$$

Решая неравенство (11) с учетом (10), получаем

$$E \leq \frac{\Delta a Q_{zod} - \Delta U_{don}}{\Delta K} \quad (12)$$

или

$$\tau_{OK} \geq \frac{\Delta K}{\Delta B_p \tau_{zod} - \Delta U_{don}}. \quad (13)$$

Таким образом, рентабельность внедрения напорного теплоутилизатора [5] становится положительно - минимальной уже при

$$\tau_{OK} = \frac{\Delta K}{(\Delta B_p \tau_{zod} - \Delta U_{don})}. \quad (14)$$

Выводы

Установка напорных теплоутилизаторов рекомендована за котлами тепловой мощностью не менее 1,5 МВт. При этом можно предложить различные варианты компоновки напорных теплоутилизаторов с такими котлами. В работе представлена методика технико-экономического обоснования схем теплогенерирующих установок с напорными теплоутилизаторами. Экономическую эффективность применимости данных теплоутилизаторов в котельных можно оценить путем сопоставления приведенных затрат на его изготовление и монтаж с соответствующими затратами базового варианта. За базовый вариант в данном случае принимается котельная без системы утилизации теплоты.

1. **Петрикеева, Н.А.** Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения/ Н.А. Петрикеева, Д.А. Письменный// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. – Вып. № 1.- С. 75-78.
2. **Сотникова, О.А.** Расчет экономической эффективности применения конденсационных теплообменных устройств теплогенерирующих установок/ О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – Воронеж: ВГАСУ, 2008. – Вып. № 1. - С. 113-117.
3. **Турбин, В.С.** Управление процессами тепло- и массообмена в напорных экономайзерах котельных агрегатов/ В.С. Турбин, О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева// Известия Тульского государственного университета. Строительство, архитектура и реставрация. – Тула: ТулГУ, 2006. – Вып. № 9. -С. 269-275.
4. **Турбин, В.С.** Математическое моделирование процесса управления тепловыми потоками в напорных утилизаторах теплогенерирующих установок/ В.С. Турбин, О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева// Известия Тульского государственного университета. Строительство, архитектура и реставрация. – Тула: ТулГУ, 2006. – Вып. № 9. - С. 275-281.
5. **Турбин, В.С.** Математическая модель процессов конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях/ В.С. Турбин, О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева// Известия Тульского государственного университета. Строительство, архитектура и реставрация. – Тула: ТулГУ, 2006. – Вып. № 10. - С. 159-163.

References

1. **Petrikeeva, N.A., D.A., Pismenny.** Use of warmth of condensation of products of combustion heat generation installations of systems of a heat supply. *Engineering systems and constructions*, 2009, N 1, pp. 75-78.
2. **Sotnikova, O.A., N.A., Petrikeeva.** Calculation of economic efficiency of application dew-point warmth exchange devices warmth manufacture installations. *Scientific Herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2008, N 1, pp. 113-117.
3. **Turbin, V.S. O.A., Sotnikova, N.A., Petrikeeva.** Management processes of warmly- and mass exchange in weights in pressure head water heater boiler units. *News of the Tula State University. Building, architecture and restoration*, 2006, N 9, pp. 269-275.
4. **Turbin, V.S. O.A., Sotnikova, N.A., Petrikeeva.** Mathematical modeling of managerial process by thermal streams in pressure head warmth storage warmth development installations. *News of the Tula State University. Building, architecture and restoration*, 2006, N 9, pp. 275-281.
5. **Turbin, V.S. O.A., Sotnikova, N.A., Petrikeeva.** Mathematical model of processes of condensation of water steams on warmth storage surfaces. *News of the Tula State University. Building, architecture and restoration*, 2006, N 10, pp.159-163.

Ключевые слова: температура точки росы, напорный теплоутилизатор, технико-экономический расчет, срок окупаемости, тепловые потери в котле, утилизация теплоты

Keywords: dew-point temperature, pressure head pressurized utilizers, technical and economic calculation, a time of recovery of outlay, thermal losses in a copper, warmth recycling

УДК 66:621.18

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела И.С. Сырых

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела Н.Н. Кучеров

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business I.S. Syryh

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business N.N. Kuchеров

Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

И.С. Сырых, Н.Н. Кучеров

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

При проектировании и расчете систем теплогазоснабжения и вентиляции одним из наиболее существенных вопросов является оценка эффективности энергоиспользования. В работе рассмотрены основные принципы при оценке энергоэффективности теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования, теплогенерирующих установок, систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, пароснабжения, сбора и возврата конденсата, холодоснабжения, электроснабжения, использования вторичных энергоресурсов.

I.S. Syryh, N.N. Kuchеров

ESTIMATION OF POWER EFFICIENCY OF THE ENTERPRISES OF HEAT AND GAS SUPPLY AND VENTILATION

At designing and calculation of systems of heat and gas supply and ventilation by one of most vital issues is the estimation of efficiency of power use. In the work the main principles at an estimation of power efficiency heat power and heat technological equipment, heat generating installations, systems of heating, ventilation, hot water supply, steam supply, gathering and condensate return, cold supply, electrical supplies, uses of the secondary energy resources are considered.

Введение

При проектировании и расчете систем теплогазоснабжения и вентиляции одним из наиболее существенных вопросов является оценка эффективности энергоиспользования. Абсолютные значения показателей энергоэффективности (ПЭ) позволяют сравнить эффективность энергопотребления на предприятиях, организациях, учреждениях одной отрасли со сходными производственными процессами. Не менее важен анализ динамики ПЭ во времени для одного и того же объекта [1].

Показатели энергоэффективности

Одним из наиболее существенных вопросов, возникающих при проведении энергосберегающих мероприятий, является оценка эффективности энергоиспользования.

Данную оценку проводят по ряду количественных характеристик, называемых показателями энергоэффективности (ПЭ) или индикаторами энергоэффективности. Приведем перечень этих показателей:

- удельный расход энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции;
- энергетическая составляющая себестоимости продукции;
- потери электро- и теплоэнергии;
- загрузка оборудования;
- к.п.д. оборудования;
- коэффициент мощности;
- превышение фактического потребления реактивной энергии, ее экономического значения, установленного в договоре;
- показатели качества электрической энергии;
- потери реактивной энергии;
- уровень средств автоматического регулирования режимов энергопотребления и их технического состояния;
- характеристики графиков активной и реактивной нагрузки;
- постоянная составляющая энергопотребления, независимая от объемов производства предприятия;
- расход энергоресурсов на собственные и технологические нужды для электростанций и предприятий;
- доля бюджетных расходов, направляемых на дотации за потребляемые энергоресурсы;
- количество видов продукции и услуг, сертифицированных по энергоэффективности;
- доля энергетических расходов в бюджете учреждения;
- удельный расход энергоресурсов на одного сотрудника (или учащегося) бюджетной организации.

Абсолютные значения ПЭ позволяют сравнить эффективность энергопотребления на предприятиях, организациях, учреждениях одной отрасли со сходными производственными процессами. Не менее важен анализ динамики ПЭ во времени для одного и того же объекта.

Оценка энергоэффективности оборудования предприятий

Оценка энергоэффективности теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования, теплогенерирующих установок, систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, пароснабжения, сбора и возврата конденсата, холодоснабжения, электроснабжения, использования вторичных энергоресурсов сводится к следующим основным мероприятиям [2]:

1. Энергоэффективность систем электроснабжения включает эффективность системы освещения, электротехники и электроники, электрические сети, электрические машины и аппараты промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства.

2. Энергоэффективность в вопросах теплообмена базируется на законах теплопроводности, конвективного, лучистого и сложного теплообмена, а также затрагивает вопросы интенсификации теплопередачи в теплообменных аппаратах, теплообмена излучением между телами и в газах, при кипении и конденсации, теорию использования теплоты для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологических нужд промышленности и ЖКХ.

3. Энергоэффективность теплогенерирующих установок затрагивает вопросы расчета паровых и водогрейных котельных агрегатов, гелиоустановок, геотермальных установок, котлов-утилизаторов, теплонасосных установок. Разработка методик расчета ТГУ, горения, теплового баланса, топочных камер, конвективных поверхностей нагрева, расхода топлива позволяет выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант работы теплогенератора.

4. Энергоэффективность производственных и отопительных котельных основывается на проектировании и расчете рациональных тепловых схем котельных для закрытых и открытых систем теплоснабжения, экономии энергоресурсов при работе паровых и водогрейных котельных установок, экономии и сбережении воды в котельной, использовании совре-

менных приборов регулирования, контроля, управления и экономии энергоресурсов при эксплуатации котельных. Разработка совершенных методик работы тепловых схем производственно-отопительных котельных, с паровыми и водогрейными котлами, расчета и подбора теплоэнергетического оборудования (теплообменников, насосов, тягодутьевых машин и др.), определения тепловых нагрузок и расхода топлива позволяет выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант их работы.

5. Энергоэффективность тепловых сетей касается вопросов повышения качества воды для систем теплоснабжения, использования современных теплообменников на тепловых пунктах, установки приборов расхода воды и учета теплоты, применения современных технологий тепловой изоляции, замены элеваторных узлов на смесительные установки с датчиками температуры и расхода.

6. Энергоэффективность теплотехнологий охватывает разработку критериев энергетической оптимизации при производстве, передаче или сбережении тепловой энергии, баланса теплоты, интенсификации процессов теплопередачи, современных способов сжигания топлива, использования холодильных установок, тепловых насосов и тепловых трубок, эффективной тепловой изоляции, разработке методик расчета технико-экономических показателей [3].

7. Энергоэффективность зданий и сооружений строится на сбережении теплоты в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Энергосбережение в зданиях и сооружениях включает в себя различные устройства: вентилируемых наружных стен, вентилируемых окон, трехслойного или теплоотражающего (в инфракрасном излучении) остекления, дополнительного утепления наружных ограждений, теплоизоляции стен за отопительным прибором, устройств застекленных лоджий.

Кроме того, для энергосбережения в зданиях и сооружениях возможно применение воздушного отопления от гелиоустановок, а также с использованием теплонасосных установок и энергии низкого потенциала (конденсата, воды, воздуха). В промышленных зданиях и сооружениях в дополнение к этому возможно применение газовых инфракрасных излучателей, периодического режима отопления, локального обогрева рабочих площадок теплотой рециркуляционного воздуха из верхней зоны помещения, прямое испарительное охлаждение воздуха, использование вращающихся регенеративных воздухо-воздушных утилизаторов теплоты.

8. Энергоэффективность альтернативных (нетрадиционных и возобновляемых) источников энергии опирается на применении солнечных коллекторов и электростанций, тепловых насосов, гелиоустановок, фото- электрических и ветроэнергетических установок.

9. Энергоэффективность вторичных энергоресурсов (ВЭР) требует использования горючих, тепловых и ВЭР избыточного давления. Энергосбережение за счет использования ВЭР включает утилизацию теплоты уходящих топочных газов и воздуха, установки контактных теплообменников, использование холодильных установок в качестве нагревателей воды, использование теплоты сепараторов пара и пара вторичного вскипания конденсата, рециркуляцию сушильного агента.

10. Энергоэффективность систем сжатого воздуха на предприятиях оценивается отношением мощности компрессора, необходимой для поддержания давления в системе сжатого воздуха при неработающем предприятии, к средней мощности компрессора в период работы. На предприятии должен быть список потребителей и схема распределения сжатого воздуха с указанием давления и размеров, а также временные графики работы. Энергоэффективность оценивается по объемам потребления сжатого воздуха и возможных мест утечек, работой клапанов на компрессорах, систем охлаждения компрессоров, систем регулирования воздушоснабжения в зависимости от нагрузок, температуры всасываемого воздуха и температуры сжатого воздуха.

11. Энергоэффективность систем водоснабжения и водоотведения предприятия оценивается по каждому виду используемой на предприятии воды (питьевой, технической), с указанием размеров труб, насосов и их характеристик (КПД, коэффициентов загрузки и

мощности, наличия систем регулирования, режим работы). Энергоэффективность систем водоснабжения оценивается по утечкам, потерям давления и расходу воды. Энергоэффективность систем водоотведения оценивается количеством дренажных, ливневых и фекальных стоков.

12. Энергоэффективность холодильных установок на предприятиях оценивается путем исследования: характеристик электроприводов компрессоров, вентиляторов и насосов (КПД, коэффициент загрузки), системы регулирования температуры у потребителя, соблюдения параметров холодильного агента, состояния теплоизоляции трубопроводов и камер, расхода охлаждающей воды и ее температуры на входе и выходе. На предприятиях наибольшее распространение имеют компрессионные и абсорбционные холодильные установки. Причем абсорбционные установки более энергоемкие, чем компрессионные. При энергоаудите определяют параметры холодильных установок, их режим работы и загрузку и следует знать, что все холодильные установки должны работать при возможно максимальной загрузке.

13. Энергоэффективность систем топливоснабжения предприятия определяется отдельно по каждому виду топлива (газ, мазут), в зависимости от давления, температуры и режимов работы систем топливоснабжения. Энергобаланс составляется по каждому виду топлива.

Выводы

Выгода от внедрения энергоэффективных технологий может быть достигнута несколькими способами: напрямую через целевые инвестиции или же как побочный эффект от замены старого оборудования на новое, более эффективное. Необходимым прямым и косвенным инструментом государственной политики энергосбережения является механизм нормирования расхода топлива и энергии для технологических процессов, установок, оборудования, продукции, электробытовых приборов, а также стандартизации энергопотребляющей продукции, работ и услуг.

Библиографический список

1. **Андрижиевский, А.А.** Энергосбережение и энергетический менеджмент/ А.А. Андрижиевский, В.И. Володин.- Минск: Высшая школа, 2005.- 294 с.
2. **Петрикеева, Н.А.** Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения/ Н.А. Петрикеева, Д.А. Письменный// Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. – Вып. № 1. - С. 75-78.
3. **Петрикеева, Н.А.** Методика технико-экономического обоснования схем теплогенерирующих установок с напорными теплоутилизаторами/ Н.А. Петрикеева, В.С. Турбин// Вестник Воронежского государственного технического университета. Серия «Энергетика», 2006.- Вып. № 7. - С. 120-122.

References

1. **Andrizhievsky, A.A., V.I., Volodin.** Power saving and power management, Minsk, 2005, 294 pp.
2. **Petrikeeva, N.A., D.A., Pismenny.** Use of warmth of condensation of products of combustion heat generation installations of systems of a heat supply. *Engineering systems and constructions*, Voronezh, 2009, N 1, pp. 75-78.
3. **Petrikeeva, N.A., V.S., Turbin.** Technique of the feasibility report on schemes of warmly generating installations with pressure head warmly utilizations. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2006, N 7, pp. 120-122.

Ключевые слова: теплогазоснабжение, энергосбережение, показатели энергоэффективности

Keywords: heat and gas supply, thermal power saving, power efficiency indicators

УДК 697.92

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет**Канд. техн. наук, зав. кафедрой пожарной и промышленной безопасности**С.А. Колодяжный**Канд. техн. наук, доц. кафедры пожарной и промышленной безопасности**Е.А. Сушко**Канд. техн. наук, доц. кафедры пожарной и промышленной безопасности**К.А. Скляров**Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-53-21**e-mail: vgasupb@mail.ru**Voronezh state university of Architecture and Civil Engineering**Ph.D. in Engineering, Head of Dept. of Fire and Industrial Safety**S.A. Kolodyazhny**Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Fire and Industrial Safety**E.A. Sushko**Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Fire and Industrial Safety**K.A. Sklyarov**Russia, Voronezh, ph.: +7 (473)271-53-21**e-mail: vgasupb@mail.ru*

С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, К.А. Скляров

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ

В работе рассматриваются рекомендации по снижению расхода теплоты на отопление и вентиляцию, вопросы по проектированию утилизации вторичных энергоресурсов, условия экономической целесообразности и экономической эффективности использования теплоты вторичных энергоресурсов.

S.A. Kolodyazhny, E.A. Sushko, K.A. Sklyarov

THE ECONOMIC SUBSTANTINATION OF USING OF SECONDARY ENERGY RESOURCES IN ENGINEERING SYSTEMS

In the given work the recommendations of reducing of the consumption of heat for heating and ventilation, the tasks of the design of utilization of secondary energy resources, the conditions of economic feasibility and cost-effective use of heat of secondary energy resources are considered.

Введение

Несмотря на то, что утилизация тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) является одним из наиболее эффективных мероприятий, по экономии энергии, использование их в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха пока ограничено. До последнего времени почти исключительно использовались только высокотемпературные вторичные энергоресурсы (горючие газы с температурой выше 300 °С, вода – выше 70 °С), составляющие около 30% общего выхода. В тоже время технико-экономический анализ и имеющийся опыт показывают, что утилизация средне- и низкотемпературных вторичных энергоресурсов, в том числе вентиляционных выбросов, во многих случаях экономически оправдана, несмотря на существенно-большие дополнительные капитальные затраты.

Утилизация средне- и низкотемпературных вторичных энергоресурсов вносит некоторые особенности в практику проектирования и эксплуатации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, которые вызваны следующими обстоятельствами:

- повышение капитальных затрат в связи с увеличением теплообменных поверхностей и установкой дополнительного оборудования, прокладкой дополнительных воздуховодов и трубопроводов;

- использование новых, нетрадиционных для отопительно-вентиляционной техники первичных теплоносителей (загрязненного воздуха, отходящих газов, оборотной и сбросной воды, различных жидких сред и т.п.), а также промежуточных теплоносителей, например, антифризов;

- усложнение систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в связи с применением дополнительных теплообменных аппаратов для утилизации теплоты ВЭР, а также других дополнительных элементов, необходимых для функционирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Следует учитывать также особенность нынешнего начального этапа использования ВЭР в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, характеризуемого отсутствием опыта эксплуатации и дефицитом теплоутилизационного оборудования, который сохранится еще некоторое время. В этих условиях необходимы достаточно жесткие ограничения, исключающие возможные нежелательные последствия использования вторичных энергоресурсов. Указанные особенности нашли отражение в разделе 7 СНиП [1], основное внимание в котором уделено формулированию общих требований, санитарно-гигиенических и противопожарных ограничений.

Обоснование целесообразности утилизации теплоты вентиляционных выбросов

Экономическая эффективность является важнейшим условием использования теплоты вторичных энергоресурсов, отмеченным в разделе 7 СНиП [1]. Использование теплоты вентиляционных выбросов требует, как правило, больших затрат, чем использование теплоты вторичных энергоресурсов технологических установок. Поэтому, в первую очередь необходимо использовать промышленные отходы теплоты, имеющие более высокий температурный уровень: отходящие газы нагревательных и сушильных печей, котельных и металлургических агрегатов, сбросной конденсат и т.п., а также оборотную охлажденную воду, обладающую, как теплоноситель, лучшими физическими свойствами, чем воздух.

Вытяжной воздух, несмотря на низкий температурный уровень и малую теплоемкость, также представляет собой ценный носитель теплоты вторичных энергоресурсов, имеющий некоторые преимущества в связи с согласованностью режимов работы приточной и вытяжной вентиляции, общностью размещения и обслуживания оборудования. Кроме того, во многих случаях, например, в общественных и жилых зданиях, вытяжной воздух представляет собой единственный источник вторичных энергоресурсов [2,3]. Целесообразность и очередность использования тех или иных носителей тепловых вторичных энергоресурсов должна определяться технико-экономическим расчетом. Расчет должен базироваться на анализе круглогодичных балансов, составленных на основе данных технологических, теплоэнергетических и санитарно-технических частей проекта.

Для предварительных и экспертных оценок целесообразности утилизации теплоты вентиляционных выбросов можно рекомендовать использование неравенств, полученных с учетом существующих цен на оборудование и стоимость строительных площадей и представляющих собой граничные условия, выраженные через основные факторы, определяющие экономическую эффективность [4]: продолжительность использования теплоутилизаторов в течение отопительного периода τ , ч/г; температуру удаляемого воздуха t_y , °С, среднюю температуру нагреваемого воздуха за отопительный период t_c , °С; затраты на тепловую энергию C_T , р/ГДж; эффективность теплообмена в теплоутилизаторах ε и коэффициент

$\psi = 0,5 \left(1 + \frac{10000}{L_H} \right)$, учитывающий уменьшение удельных капитальных затрат при увеличении номинальной воздухопроизводительности $L_H, \text{м}^3/\text{ч}$:

$$\tau = (t_y - t_c) \cdot C_T \cdot \frac{\varepsilon}{\psi} \cdot 10^{-6} < 0,12, \quad (1)$$

$$\tau = (t_y - t_c) \cdot C_T \cdot \frac{\varepsilon}{\psi} \cdot 10^{-6} > 0,08. \quad (2)$$

Неравенство (1) выражает условие экономической целесообразности использования теплоты вентиляционных выбросов при нормальном коэффициенте эффективности капитальных вложений, установленном для строительства 0,12, что соответствует сроку окупаемости 8,3 года.

В условиях, выраженных неравенством (2) утилизация теплоты вентиляционных выбросов экономически нецелесообразна.

Промежуточные значения произведения величин левой части неравенства в пределах 0,08–0,12 соответствуют случаям, когда целесообразность утилизации теплоты вентиляционных выбросов зависит от сочетания ряда дополнительных факторов, например, стоимости строительных помещений, протяженности магистралей, режимов работы и т.п.

В этих случаях может быть использован метод, в основу которого положены укрупненные показатели дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат, аналитические зависимости для определения экономии энергетических затрат и уравнение расчета экономического эффекта, выраженного следующим образом:

$$\mathcal{E}_\phi = \Delta I_T - \Delta I_\varepsilon - \sum \Delta K (E_H + a) \quad (3)$$

где ΔI_T - снижение затрат на тепловую энергию, р/год;

ΔI_ε - дополнительные затраты на электроэнергию, р/год;

ΔK - составляющие дополнительных капитальных затрат, р;

E_H - нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат, 1/год;

a - сумма отчислений и затрат на ремонт и техническое обслуживание, отнесенная к сумме капитальных вложений.

Величина ΔI_T представляет собой произведение количества сэкономленной теплоты и стоимости тепловой энергии. Стоимость тепловой энергии C_T следует принимать по замыкающим затратам на тепловую энергию. Для ориентировочных расчетов можно использовать стоимость тепловой энергии введением коэффициента ϕ [5]

$$C_T = \frac{C_T^T}{\phi}, \quad (4)$$

где C_T^T - стоимость тепловой энергии, принимаемая по тарифу, р/ГДж;

ϕ - коэффициент, учитывающий эффективность использования топлива источником теплоснабжения.

Расчет дополнительных затрат на мероприятие утилизации теплоты ВЭР

Дополнительные затраты на электроэнергию можно рассчитывать по формуле

$$\Delta I_\varepsilon = \left(\frac{L_n \cdot \Delta P_n + L_\varepsilon \cdot \Delta P_\varepsilon}{\eta_\varepsilon} + \frac{L_{\text{жс}} \cdot \Delta P_{\text{жс}}}{\eta_H} \right) \cdot \frac{\tau \cdot C_\varepsilon}{3,6} \cdot 10^{-6}, \quad (5)$$

где L_n и L_ε - объемные расходы приточного и удаляемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ΔP_n и ΔP_ϵ - аэродинамические потери в теплоутилизаторах и дополнительных воздуховодах, Па;

$L_{жс}$ - расход промежуточного теплоносителя, м³/ч;

$\Delta P_{жс}$ - гидравлические потери при циркуляции промежуточного теплоносителя, Па;

η_ϵ и η_H - КПД вентиляторных агрегатов и насосов;

C_ϵ - суммарная плата за электроэнергию, р/кВт.

Сумма дополнительных капитальных затрат включает в себя затраты на приобретение, монтаж, наладку теплоутилизаторов, затраты на дополнительные воздуховоды и трубопроводы, на дополнительные площади, занимаемые теплоутилизационным и дополнительным оборудованием.

Расчет по формуле (3) позволяет оценить экономический эффект утилизации теплоты [6]. В ряде случаев целесообразно определение срока окупаемости $T_{ок}$ и сопоставление его с нормативным. Для этой цели рекомендуется выражение

$$T_{ок} = 1 / \left(\frac{\Delta I_T - \Delta I_\epsilon}{\sum \Delta K} - a \right) . \quad (6)$$

Санитарно-гигиенические и противопожарные ограничения, сформулированные в главе СНиП [1], дифференцированы по типам утилизаторов и степени опасности веществ, содержащихся в удаленном воздухе или теплоносителе. С учетом предложенных ограничений, особенностей теплоутилизаторов и сведений о содержании в воздухе опасных и вредных веществ можно очертить области применения вентиляционных теплоутилизаторов.

Выводы

Усложнение систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха при использовании тепловых вторичных энергоресурсов связано с тем, что при введении в систему нового теплообменного оборудования – теплоутилизаторов, возникает требование: обеспечить работоспособность и надежность всей системы в новых условиях. Наибольшее влияние на схемные решения и алгоритмы функционирования систем оказывают необходимость резервирования, а иногда и дублирования источников теплоснабжения аккумулятирование теплоты, необходимость защиты от возможных нарушений работоспособности систем в зимний период работы вследствие обмерзания наружных поверхностей теплоутилизаторов или замерзания теплоносителя.

Образование на поверхности теплоутилизаторов наледи толщиной 1-2 мм не приводит к потере работоспособности теплоутилизаторов, поэтому рекомендуется периодическое оттаивание наледи путем выключения приточного вентилятора на короткое время в перерывах между сменами или на обеденный перерыв. Тот же эффект может быть достигнут периодическим байпасированием части наружного воздуха; для вращающихся теплоутилизаторов – изменением частоты вращения насадки; для рекуператоров – перекрытием части каналов для прохода наружного воздуха или переключением направления движения потоков; для систем с промежуточным теплоносителем – периодическим подогревом или периодическим переключением направления движения теплоносителя.

Теплотехнический расчет теплоутилизаторов в различных режимах может быть выполнен на основе рекомендаций [2], а анализ систем – с использованием [3, 4].

Для предотвращения замерзания теплоносителя рекомендуется использовать незамерзающие жидкости, в частности, раствор хлористого кальция с 1-3% добавкой ингибитора коррозии или НОЖ – 2.

Очевидно, что использование тепловых вторичных энергоресурсов усложняет не только системы, но и сам процесс проектирования. Решение новых задач, связанных с теплоутилизацией вторичных энергоресурсов, увеличивает стоимость работ, требует совместных

усилий проектировщиков различных специальностей, повышения уровня знаний проектировщиков-сантехников, в особенности в смежных областях: энергетике, технологии.

Библиографический список

1. **СНиП 41-01-2003.** Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Введ. 2004-01-01. – М.: Госстрой России. – 2004. – 124 с.
2. **Богословский, В.Н.** Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / В.Н. Богословский, М.Я. Поз. – М.: Стройиздат. – 1983. – 319 с.
3. **Иванов, О.Л.** Методика комплексной оценки эффективности использования средств утилизации тепла и холода в системах кондиционирования воздуха / О.Л. Иванов, А.А. Рымкевич // Холодильная техника. – 1980. - № 3. – С. 34-37.
4. **Сушко, Е.А.** Разработка методики расчета рациональных режимов систем вентиляции производственных помещений / Е.А. Сушко, К.Н. Сотникова, С.Л. Карпов // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2011. - №2 (22). - С. 143-149.
5. **Скляр, К.А.** Определение зависимости диаметра патрубка и расхода отсасываемого воздуха от конструктивных размеров технологического оборудования / К.А. Скляр, С.О. Потапова, О.Н. Филатова // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и Архитектура. – 2010. - №4 (20). – С.146-150.
6. **Колодяжный, С.А.** Динамика воздухообмена в электропомещениях химических производств / С.А. Колодяжный, Н.А. Старцева // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и Архитектура. – 2008. - №3. – С.86-95.

References

1. **Building norms and rules 41-01-2003.** Heating, ventilation and air conditioning. Moscow, 2004, 124 pp.
2. **Bogoslovsky, V.N.,** M.Ya., Poz. Thermophysics of devices of recycling of heat of systems of heating, ventilation and air conditioning. Moscow, 1983, 319 pp.
3. **Ivanov, O.L.,** A.A., Pymkevich. Technique of a complex estimation of efficiency of use of means of recycling of heat and cold in systems of air conditioning. The refrigerating technics, 1980, N 3, pp. 34-37.
4. **Sushko, E.A.,** K.N., Sotnikova, S.L., Karpov. Working out of a design procedure of rational modes of systems of ventilation of industrial premises. *Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2011, N 3, pp. 143-149.
5. **Sklyarov, K.A.,** S.O., Potapova, O.N., Filatova. Definition of dependence of diameter of a branch pipe and the expense of sucked away air from the constructive sizes of the process equipment. *Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2010, N 4, pp. 146-150.
6. **Kolodyazhny, S.A.,** N.A., Startseva. Dynamics of air exchange in electropremises of chemical manufactures. *Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2008, N 3, pp. 86-95.

Ключевые слова: экономическая эффективность, теплоутилизаторы, вторичные энергоресурсы.

Keywords: economic efficiency, heat exchanger, secondary energy resources

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Г.Н. Мартыненко

Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

С.Н. Гнатюк

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business

G.N. Martynenko

Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business

S.N. Gnatyk

Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

Г.Н. Мартыненко, С.Н. Гнатюк

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВОЗМУЩЁННОГО СОСТОЯНИЯ

Разработана полная математическая модель возмущённого состояния РСГ в области обратного анализа, формализующая синтез дроссельных характеристик системы и включающая модель возмущённого состояния системы и систему нормальных уравнений. На основе синтезированных дроссельных характеристик был предложен алгоритм предварительного и точного прогноза потребления в системе.

G.N. Martynenko, S.N. Gnatyuk

OPERATIONAL ADMINISTRATION OF GAS DISTRIBUTIVE SYSTEM ON THE BASIS OF MODEL OF THE INDIGNANT CONDITION

The complete mathematical model of the indignant condition of gas distributive networks is developed in the field of the return analysis formalizing synthesis of throttle characteristics of system and including model of an indignant condition of system and system of the normal equations. On the basis of synthesized throttle characteristics the algorithm of the preliminary and exact forecast of consumption in system was offered.

Введение

Состояние распределительной системы газоснабжения (РСГ), как любой гидравлической трубопроводной системы на установившемся режиме потребления целевого продукта (ЦП), определяется вектором параметров состояния Z , включающем зависимые Y и независимые X переменные. В составе Y содержатся: вектор расходов среды на участках Q с компонентами Q_i ($i \in \{I\}$ - полное число участков системы); вектор узловых давлений P с компонентами P_j ($j \in \{J\}$ - полное число узлов), вектор $\hat{P}_j$ ($j \in \{J_n\}$ - полное число энергоузлов (ЭУ) с фиксированным узловым давлением); вектор узловых отборов (притоков) q с компонентами $\hat{q}_j$ ($j \in \{J_q\}$ - полное число ЭУ с фиксированным узловым отбором (притоком), включая и нулевой отбор, $\{J_n \cup J_q\} \subset \{J_z\}$, где $\{J_z\}$ - полное число ЭУ); вектор S с компонентами S_i ($i \in \{I_D\}$ - полное число участков с дроссельными элементами, S_i - коэффициент гидравлического сопротивления). Переменная X содержит: вектор S с компонентами S_i ($i \in \{I_S\}$ - полное число участков, исключая участки с дросселями, $\{I_S \cup I_D\} \subset \{I\}$); векторы D, L с ком-

понентами D_i, L_i (диаметры и длины трубопроводов, $i \in \{I\}$) и т.д. Компоненты вектора X включаются в состав так называемых условий однозначности.

Модель потокораспределения $U(Z) = U(Y, X) = 0$ позволяет однозначно определять искомый вектор Y при условии $\det [a_{ik}] \neq 0$, известном как правило Крамера (где a_{ik} – элемент матрицы коэффициентов системы неоднородных уравнений).

Модель потокораспределения, формализующая возмущённое состояние сетевой системы (МВС) [1], отображается в условиях структурных, режимных и параметрических возмущений бинарным структурным графом (БСТГ), содержащим расчётную зону (РЗ) и абонентские подсистемы (АП).

Моделирование процессов оперативного управления РСГ должно базироваться на основе прогноза режимов газопотребления. Несомненный интерес представляет синтез дроссельных характеристик РСГ в области обратного анализа, с заманчивой перспективой точного прогноза глубоких изменений режима потребления. Однако задача обратного анализа строится на основе прямоугольной матрицы МВС с неизвестными компонентами $S_i, i \in \{I_D\}$ и ставит своей целью определение последних (помимо расчёта потокораспределения), при априорно заданном режиме потребления ЦП. Подобная постановка вынуждает искать дополнительные линейно - независимые связи, избыточные по отношению к связям, синтезирующим структуру МВС. Отметим, что модель возмущённого состояния получена как результат решения вариационной задачи, отражающей принцип наименьшего действия применительно к ГС [1], то есть связь между векторами Y и X формируется на уровне функционала и в вариационном смысле является исчерпывающей. Дополнительную связь следует искать в недрах регрессионного анализа [2], и такая связь устанавливается с помощью метода наименьших квадратов (МНК).

РСГ отличается глубокими внутренними связями. Конфигурация МВС для системы газоснабжения, адаптирована к энерго- и массообмену с окружающей средой через множество J_z энергоузлов. Вопрос качества исходной информации здесь не рассматривается, поскольку это не связано с измерительной аппаратурой и её погрешностью, то есть такие независимые переменные, как априорно заданные значения расходов фиктивных линий БСТГ (j) являются величинами детерминированными, хотя и подверженными влиянию субъективных факторов.

Формирование математической модели

Известно, что МНК строится на минимизации остаточной функции F , в данном случае для множества J_n компонентов векторов P и Q , связанных между собой зависимостью в форме уравнения Бернулли. Учитывая вышеизложенное, представим целевую функцию применительно к РСГ, на основе МНК:

$$F = \sum_{j \in J_n} \left[S_j^f (Q_j^{fa})^\alpha - S_j^f (Q_j^f)^\alpha \right]^2 + \lambda \left(\sum_{j \in J_\eta} Q_j^{fa} - \sum_{j \in J_\pi} Q_j^{fa} \right); \quad (1)$$

где Q_j^{fa}, Q_j^f - априорно заданное и фактическое значение расхода газа через фиктивный участок j ; λ - множитель Лагранжа; $\{J_\pi\}, \{J_\eta\}$ - множество источников и стоков РСГ соответственно. Вторая группа слагаемых (1) подтверждает незыблемое правило гидравлики о том, что F должно определяться в рамках условий сплошности потоков ЦП.

Формируется система нормальных уравнений, исходя из условия экстремума (минимума) целевой функции:

$$\frac{\partial F}{\partial Q_j^{fa}} = 2 \left[S_j^f (Q_j^{fa})^\alpha - S_j^f (Q_j^f)^\alpha \right] \times \left[\alpha S_j^f (Q_j^{fa})^{\alpha-1} \right] + \lambda = 0, j \in \{J_n\}. \quad (2)$$

Фактические расходы Q_j^f независимыми в рамках априорного прогноза не являются, будучи «связанными» моделью потокораспределения. Исключение λ приводит к системе нормальных уравнений, удовлетворяющих условию:

$$(S_j^f)^2 (Q_j^{fa})^{\alpha-1} \left[(Q_j^{fa})^\alpha - (Q_j^f)^\alpha \right] = idem, \quad j \in \{J_n\}. \quad (3)$$

Из (2), (3) следует, что предельное число дополнительных независимых связей на единицу меньше числа ЭУ-стоков, то есть $(J_n - 1)$.

Полная математическая модель возмущённого состояния РСГ в области обратного анализа, формализующая синтез дроссельных характеристик системы и включающая МВС [1] и систему нормальных уравнений, представлена ниже в матричном виде:

$$\left\| C^r | C_D^r | C^f \right\| \left\| \frac{R_{(d)}^r}{R_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{Q^r}{Q_D^r} \right\| = \left\| M^T \right\| \left\| \hat{P} \right\|; \quad (4)$$

$$\left\| K \right\| \left\| \frac{R_{(d)}^r}{R_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{Q^r}{Q_D^r} \right\| = \left\| 0 \right\|; \quad (5)$$

$$\left\| A^r | A_D^r | A^f \right\| \left\| \frac{Q^r}{Q_D^r} \right\| = \left\| \hat{q} \right\|. \quad (6)$$

$$\left\| E^f \right\| \left\| \Theta_{(d)}^f \right\| \left\| Q^f \right\| = \left\| E^f \right\| \left\| \Delta_{(d)}^f \right\|; \quad (7)$$

где $R_j^r = S_j^r (Q_j^r)^{\alpha-1}$; $R_j^f = S_j^f (Q_j^f)^{\alpha-1}$; $\Theta_j^f = (S_j^f)^2 (Q_j^{fa} Q_j^f)^{\alpha-1}$; $\Delta_j^f = (S_j^f)^2 (Q_j^{fa})^{2\alpha-1}$; α - показатель степени в формуле Дарси-Вейсбаха; $\|C\|$, $\|K\|$, $\|A\|$ - топологические единичные матрицы цепных, контурных и узловых элементов БСТГ соответственно; $\hat{P}, \hat{q}$ - фиксированные узловые давления и отборы (включая и нулевой); “Т”- признак транспонирования, верхние индексы “r” и “f” соответствуют реальным (РЗ) и фиктивным (АП) сетевым структурам; нижний индекс “(d)” относится к элементам диагональной матрицы.

Из МВС выделен блок с нижним индексом “D”, причём в этом случае размер прямоугольной матрицы (4) – (6) составляет $I \times (I + I_D)$.

Единичная матрица $\|E^f\|$ содержит в каждой строке по два единичных элемента противоположного знака, число столбцов равно числу фиктивных участков, число строк – на единицу меньше, в силу условия (3), то есть её размеры $(J_n - 1) \times J_n$. Размер объединённой квадратной матрицы (4) – (7) составляет $(I + I_D) \times (I + J_n - 1)$ и является предельным, число участков с дросселями строго соответствует числу без единицы ЭУ – стоков (см. рис.1). Возможно уменьшение числа дроссельных элементов при соответствующем снижении ранга матрицы (4) – (7), но с сохранением её квадратной конфигурации. В этом случае часть потоков газа через ЭУ, не подконтрольная дросселям, остаётся не прогнозируемой, рис.1. Матри-

ца (4) – (7), благодаря упорядоченной нумерации реальных, фиктивных участков и участков с дросселями, имеют блочную структуру.

Процедура линеаризации нелинейной модели (4) – (7) может быть проведена хорошо изученными методами (например, методом Ньютона), а соответствующая линейная модель потокораспределения, лежащая в основе алгоритма решения задачи обратного анализа, приведена ниже:

$$\|C^r | C_D^r | C^f\| \left\{ \left\| \frac{\alpha \Delta P_{(d)}^r}{\alpha \Delta P_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{\delta \bar{Q}^r}{\delta \bar{Q}_D^r} \right\| + \left\| \frac{\Delta P_{(d)}^r}{\Delta P_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{0}{\delta \bar{S}_D^r} \right\| \right\} = \|0\|; \quad (8)$$

$$\|K\| \left\{ \left\| \frac{\alpha \Delta P_{(d)}^r}{\alpha \Delta P_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{\delta \bar{Q}^r}{\delta \bar{Q}_D^r} \right\| + \left\| \frac{\Delta P_{(d)}^r}{\Delta P_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{0}{\delta \bar{S}_D^r} \right\| \right\} = \|0\| \quad (9)$$

$$\|A^r | A_D^r | A^f\| \left\| \frac{Q_{(d)}^r}{Q_{D(d)}^r} \right\| \left\| \frac{\delta \bar{Q}^r}{\delta \bar{Q}_D^r} \right\| = \|0\|; \quad (10)$$

$$\|E^f\| \|\Psi_{(d)}^f\| \|\delta \bar{Q}^f\| = \|E^f\| \|\Phi_{(d)}^f\|, \quad (11)$$

где $\Psi_j^f = \alpha (S_j^f)^2 (Q_j^{fa})^{\alpha-1} (Q_j^f)^\alpha$;

$$\Phi_j^f = (S_j^f)^2 Q_j^{fa} \left\{ (Q_j^{fa})^{2(\alpha-1)} [1 + (2\alpha-1)\delta \bar{Q}_j^{fa}] - (Q_j^f)^\alpha [1 + (\alpha-1)\delta \bar{Q}_j^{fa}] \right\}.$$

Для анализа механизма формирования дроссельных характеристик используются результаты вычислительного эксперимента (алгоритмический язык Delphi 5) по моделированию потокораспределения в области обратного анализа для системы газоснабжения средней ступени давления жилого района, рис. 1, оснащённой семью управляемыми дросселями, установленными на ответвлениях к ЭУ-стокам. Прогноз потребления формируется 8-ю априорно заданными значениями Q_j^{fa} со значительными диапазонами изменения.

Моделирование производилось для двух вариантов предварительной настройки дросселей, с общей пропускной способностью системы 3350 м³/ч и 24985 м³/ч, при постоянных давлениях в энергоузлах: $P_1=0,5$ МПа (узел питания) и $P_{16}=P_{17}=P_{18}=P_{19}=P_{20}=P_{21}=P_{22}=P_{23}=0,1$ МПа (атмосферное давление). Вычислительный эксперимент, содержащий 17 расчётных вариантов, позволил синтезировать 7 дроссельных характеристик, рис.2, в относительных координатах $\bar{Q}_{Di}^{(k)} = Q_{Di}^{(k)} / Q_{Di}^{(0)}$; $\bar{S}_{Di}^{(k)} = S_{Di}^{(k)} / S_{Di}^{(0)}$, с дисперсией, не превышающей 3,5% ($Q_{Di}^{(0)}$, $S_{Di}^{(0)}$ - исходные значения показателей, соответствующих нулевой итерации).

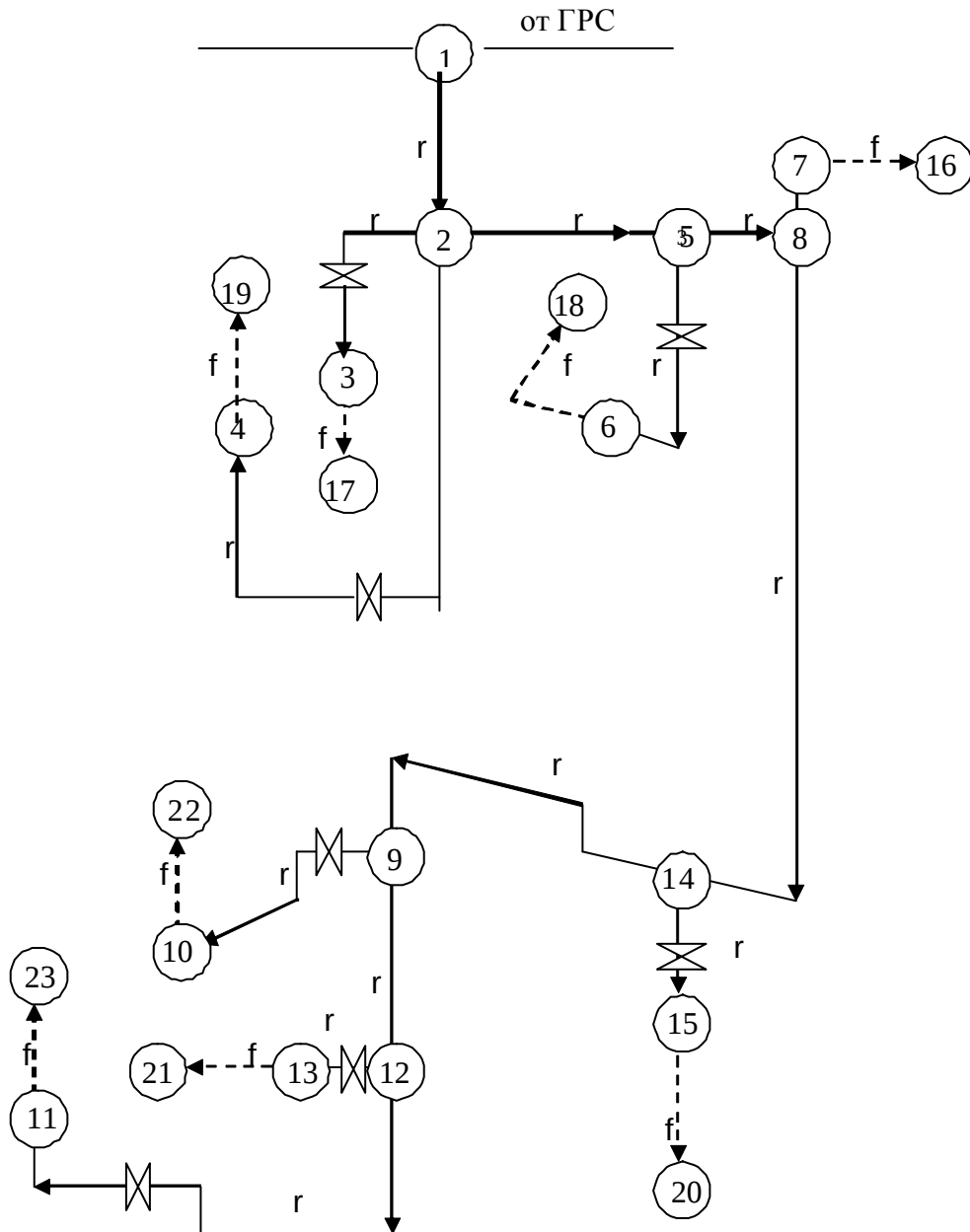


Рис.1. Бинарный структурный граф городской газопроводной сети средней (высокой) степени давления: r , f – реальные и фиктивные участки соответственно

Решение задачи обратного анализа получено при ограничениях: если $S_{Di}^{(k)} \leq S_{Di}^0$,

$S_{Di}^{(k)} = S_{Di}^0$ (где S_{Di}^0 - коэффициент сопротивления дросселя при полном его открытии). Отметим, что разброс дроссельных характеристик обусловлен не погрешностью измерительной аппаратуры, а методической (остаточной) погрешностью МНК.

Важным обобщающим результатом проведённых исследований является инвариантность дроссельных характеристик к значениям Q_j^{fa} , задаваемых пользователем, предварительной настройке дросселей, давлению в источнике, взаимодействию дросселей и т.д.

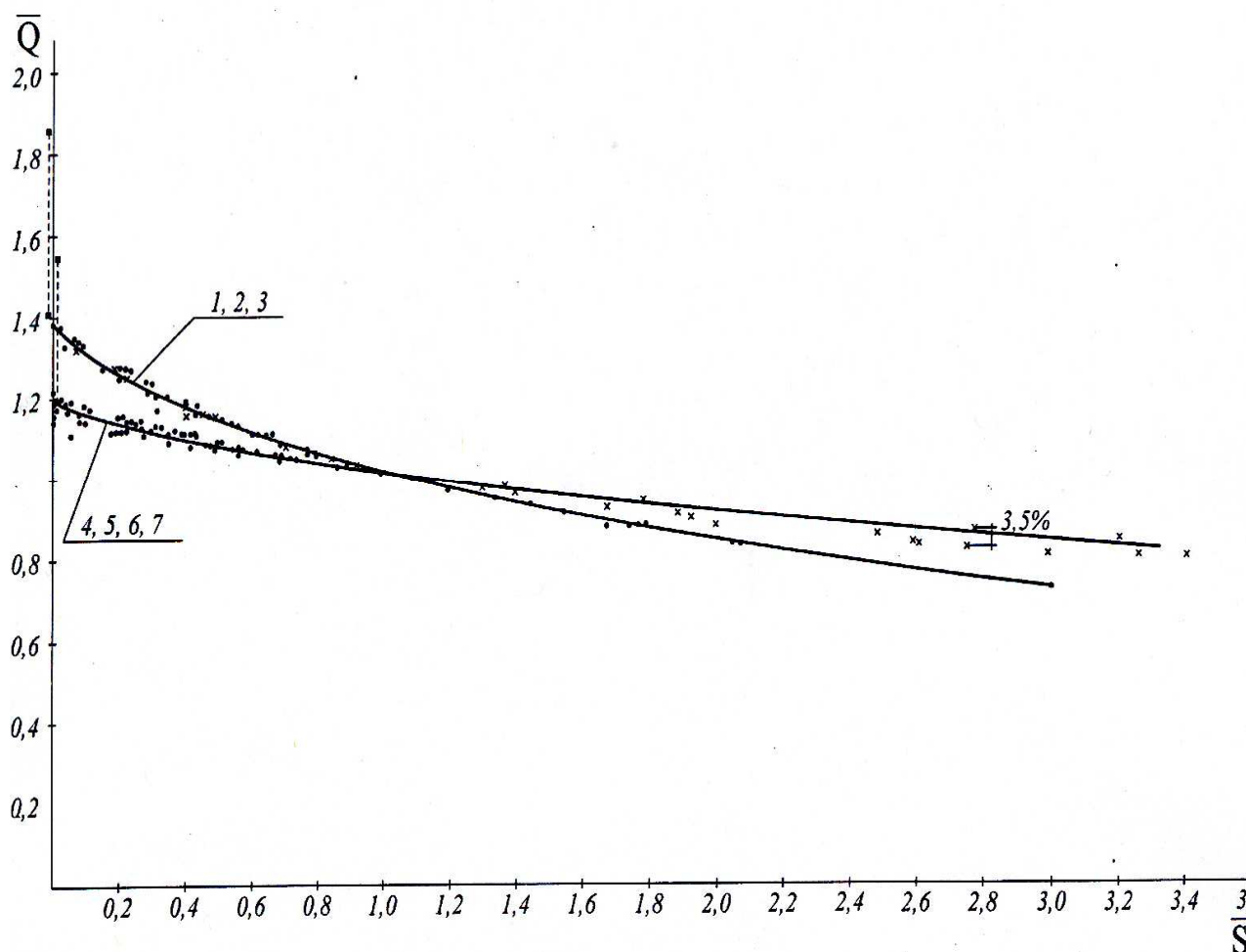


Рис.2. Дроссельные характеристики системы газоснабжения в относительных координатах:
1,2,3 – для дросселей на участках 2-4, 2-3, 5-6 соответственно;
4,5,6,7 – для дросселей на участках 9-10, 12-13, 12-11, 14-15 соответственно.

Дроссельные характеристики системы лежат в основе прогноза потребления газа различными категориями потребителей, причём переход от ЭУ- j к отдельным потребителям, присоединённым к данному энергоузлу, может быть формализован на основе условий энергетического эквивалентирования [2]. Большая нелинейность целевой функции (3) создаёт определённые вычислительные трудности, преодоление которых связано с изменением числа итераций. Число итераций при проведении эксперимента изменялось в пределах $(0,5 - 50) \times 10^3$.

На основе вышесказанного, можно предложить алгоритм предварительного и точного прогноза. Предварительный алгоритм осуществляется на основе заданного пользователем диапазона изменения Q_j^{fa} и состоит в моделировании потокораспределения итерационным

решением системы уравнений (4) – (7), построении дроссельных характеристик по результатам расчёта.

Точный прогноз реализуется на основе полученных характеристик, состоит в задании значений переменных S_{Dj} , заимствованных из уже построенных характеристик и включённых в базу данных модели потокораспределения (4)-(6), с решением прямой задачи анализа.

Выводы

В перспективе развития АСУ распределительными системами газоснабжения дроссельные характеристики, возможно, будут являться единственно приемлемой и адекватной исходной информацией для осуществления процесса управления системой с N числом телеуправляемых дросселей. В качестве таких дросселей могут быть использованы клапаны с пружинным или мембранным приводом, задвижки с внутренней (рабочей) характеристикой, повторяющей конфигурацию дроссельных характеристик системы.

Библиографический список

1. **Щербаков, В.И.** Анализ, оптимальный синтез и реновация городских систем водоснабжения и газоснабжения/ В.И. Щербаков, М.Я. Панов, И.С. Квасов. - Воронеж: Воронеж. гос. арх. - строит. университет, 2001.- 304 с.
2. **Панов, М.Я.** Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов// Изв. вузов. Строительство, 2001.- №5.- С. 82-87.

References

1. **Sherbakov, V.I.,** M.Y., Panov, I.S., Kvasov. Analysis of the optimal synthesis and renovation of urban water supply and gas supply. Voronezh, 2001, 304 pp.
2. **Sherbakov, V.I.,** M.Y., Panov, I.S., Kvasov. The methodology of factor analysis of water distribution and water use. *News of high schools*, 2001, N 5, pp. 82-87.

Ключевые слова: газораспределительные сети, дроссельные элементы, потокораспределение газа

Keywords: gas distribution network, throttle elements, flux-distribution of gas

УДК (519.9-518.5):532.54

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Г.Н. Мартыненко
Магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела О.С. Поддубная
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21
e-mail: vgasupb@mail.ru*

*The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business G.N. Martynenko
Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business O.S. Poddubnaya
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21
e-mail: vgasupb@mail.ru*

Г.Н. Мартыненко, О.С. Поддубная

МОДЕЛИРОВАНИЕ УТЕЧЕК ГАЗА ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ АВАРИЯХ

Функционирование газораспределительных сетей осуществляется под воздействием многочисленных внешних и внутренних факторов систематического и случайного характера, что определяет сложность задач по поддержанию их в рабочем состоянии. В данной работе разработана математическая модель процессов распространения природного газа в грунте, позволяющая рассчитывать распространение природного газа в грунте при различных граничных условиях и свойствах грунтов.

G.N. Martynenko, O.S. Poddubnaya

MODELLING OF LEAKS OF GAS FROM UNDERGROUND GAS PIPELINES AT FAILURES

Functioning of gas distribution networks is carried out under the influence of numerous external and internal factors of regular and casual character that defines complexity of problems on their maintenance in working state. In the given work the mathematical model of processes of distribution of natural gas in a ground is developed, allowing to count distribution of natural gas to a ground under various boundary conditions and properties of grounds.

Введение

В последнее время все более остро встает проблема старения газораспределительных сетей, растет их аварийность. Многие случаи коррозионных повреждений происходят на газопроводах, не отслуживших нормативный срок. Тяжесть последствий аварий на газораспределительных сетях приводит к необходимости раннего обнаружения и предотвращения утечек газа. Опасность утечки газа определяется не только количеством вышедшего газа, но и возможностью формирования газовоздушной смеси с последующим горением. Особенно тяжело обнаруживаются утечки из подземных газопроводов в силу их скрытости. Кроме того, газ под землей может фильтроваться на значительные расстояния и накапливаться в свободных объемах подземных сооружений и подземных пустотах. Распространение газа в грунте и свободном объеме подземных сооружений определяется большим количеством факторов и в настоящее время недостаточно изучено.

Выходом из создавшейся ситуации является использование современных технологий из области численных методов механики газов для расчета распространения газа в грунте и воздухе. В связи с этим повышение безопасности эксплуатации газопроводов на основе моделирования рас-

пространения газа в грунте и воздухе с использованием численных методов механики газов является актуальной научной задачей.

Аварийность газораспределительных сетей

Резко увеличилось количество аварий, связанных с отказом оборудования газорегуляторных пунктов и повышением давления газа в сетях низкого давления. Причинами данных аварий явились повышенная влажность транспортируемого газа, некачественное техническое обслуживание и несоответствие оборудования по пропускной способности фактическим режимам. Увеличилось и количество аварий, связанных с коррозионными повреждениями подземных газопроводов. Все случаи коррозионных повреждений произошли на газопроводах, не отслуживших нормативный срок. В большинстве случаев коррозионные повреждения указывают на отсутствие контроля технического состояния эксплуатирующими организациями и на низкий уровень технадзора в процессе строительства.

Опасность утечки газа определяется не только количеством вышедшего газа, но и возможностью формирования газовоздушной смеси с последующим дефлаграционным или детонационным горением. Особенно тяжело обнаруживаются утечки из подземных газопроводов в силу их скрытости. Кроме того, газ под землей может фильтроваться на значительные расстояния и накапливаться в свободных объемах подземных сооружений и подземных пустотах. Распространение газа в грунте и свободном объеме подземных сооружений определяется большим количеством факторов и в настоящее время недостаточно изучено.

Модель процесса фильтрации природного газа в грунте

Первым уравнением системы является уравнение неразрывности, которое записывается в виде

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_i s_i m_i) + \text{div}(\rho_i \vec{v}_i) = q_i. \quad (1)$$

Фильтрация газа подчиняется закону Дарси

$$\vec{v}_i = -\frac{k}{\mu} f_i(s) [\text{grad } P_i - \rho_i \vec{g}]. \quad (2)$$

К системе добавляется уравнение состояния

$$F(P, \rho, T) = 0. \quad (3)$$

Модель идеального газа адекватно описывает свойства газообразного состояния вещества при средних и высоких температурах и небольших давлениях. Расчет свойств газов в широком интервале экспериментальных условий требует использования уравнения состояния реального газа. Реальным газом называется газ, между молекулами которого существуют заметные силы межмолекулярного взаимодействия. Оно имеет электромагнитную и квантовую природу и осуществляется посредством сил межмолекулярного притяжения и отталкивания.

Для описания свойств реальных газов применяют различные уравнения состояния, отличные от уравнения Клапейрона - Менделеева. Наиболее удобны двухпараметрические уравнения, разрешимые относительно давления и содержащие объем в третьей степени (кубические уравнения состояния).

В данной работе для описания свойств реальных газов использовано уравнение состояния Вукаловича и Новикова

$$P \times V_0 = R \times T \left[1 + \frac{B_1(T)}{V_0} + 1 + \frac{B_2(T)}{V_0} + \dots \right],$$

где B_1 , B_2 - вириальные коэффициенты.

Их вычисление производится с учетом ассоциации молекул - объединения под влиянием сил притяжения. Учитывая, что природный газ в условиях фильтрации находится под давлением, не превышающим 100 кПа, будем считать фильтрующийся газ идеальным. Тогда при выводе дифференциального уравнения движения газа в пористой среде используем уравнение состояния идеального газа в условиях изотермического течения.

При принятых допущениях процесс фильтрации газа через твердую пористую среду может быть описан через дифференциальное уравнение неустановившейся изотермической фильтрации идеального газа по линейному закону фильтрации

$$\frac{\partial p^2}{\partial t} = \frac{kp_a}{m\mu} \left(\frac{\partial^2 p^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p^2}{\partial z^2} \right), \quad (4)$$

где p - давление газа, Па; p_a - атмосферное давление, Па; t - время, с; k - коэффициент проницаемости грунта, м²; m - пористость среды; коэффициент динамической вязкости газа; кг/(м·с) x, y, z - координаты, характеризующие направление потока газа, м.

Уравнение (4) является нелинейным дифференциальным уравнением параболического типа. Точное решение уравнения (4) до сих пор еще не получено даже для простейших случаев одномерной и радиальной неустановившейся фильтрации.

Для случая переменной проницаемости грунта область фильтрации газа разбивается на зоны с постоянной проницаемостью; каждой зоне соответствует дифференциальное уравнение. В результате получена система уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial p_1^2}{\partial t} = \frac{k_1 p_1}{m_1 \mu} \left(\frac{\partial^2 p_1^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_1^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p_1^2}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial p_2^2}{\partial t} = \frac{k_2 p_2}{m_2 \mu} \left(\frac{\partial^2 p_2^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_2^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p_2^2}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial p_n^2}{\partial t} = \frac{k_n p_n}{m_n \mu} \left(\frac{\partial^2 p_n^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_n^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p_n^2}{\partial z^2} \right). \end{cases} \quad (5)$$

Граничным условием для решения системы уравнений (5) является давление в газопроводе и на границах. На непроницаемой границе $\frac{\partial p}{\partial n} = 0$. На границе с отверстием в трубопроводе $p = p_a$, на границе с атмосферным воздухом $p = p_a$. Начальное условие - распределение давлений газа в грунте в начальный момент времени $p(x, y, z, 0) = 0$.

Выводы

Разработана математическая модель процессов распространения природного газа в грунте, включающая в себя уравнения фильтрации газа в условиях переменной проницаемости и уравнения течения газа в полостях подземных сооружений. Модель позволяет рассчитывать распространение природного газа в грунте при различных граничных условиях и свойствах грунтов.

Библиографический список

1. **Павлюков, С.П.** Моделирование утечек газа из подземных газопроводов в аварийных ситуациях: дис. ... канд. техн. наук/ С.П. Павлюков. – Воронеж, 2010. -119 с.
2. **Панов, М.Я.** Моделирование возмущенного состояния гидравлических систем сложной конфигурации на основе принципов энергетического эквивалентирования / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов// Изв. РАН. Энергетика.- 2002.- №6.- С.130-137.

References

1. **Pavlukov, S.P.** Modeling of leaks of gas from underground gas pipelines in emergencies. Ph.D. thesis. Voronezh, 2010, 119 pp.
2. **Panov, M.Ya., V.I. Sherbakov, I.S., Kvasov.** Modeling of the indignant condition of hydraulic systems of a difficult configuration on the basis of principles power. *News of Russian Academy of Sciences. Energetics*, 2002, N 6, pp. 130 -137.

Ключевые слова: аварийность газопровода, утечка газа, модель

Keywords: breakdown rate of the gas pipeline, gas leak, model

УДК (519.9-518.5):532.54

*Воронежский государственный архитек-
турно-строительный университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры теплога-
зоснабжения и нефтегазового дела
Г.Н. Мартыненко
Магистрант кафедры теплогазоснабжения
и нефтегазового дела О.С. Поддубная
Магистрант кафедры теплогазоснабжения
и нефтегазового дела С.Н. Гнатюк
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21
e-mail: vgasupb@mail.ru*

*The Voronezh State University of Architecture
and Civil Engineering
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept.
of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Busi-
ness G.N. Martynenko
Master of Dept. of Heat and Gas Supply and
Oil and Gas Business O.S. Poddubnaya
Master of Dept. of Heat and Gas Supply and
Oil and Gas Business S.N. Gnatyuk
Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21
e-mail: vgasupb@mail.ru*

Г.Н. Мартыненко, О.С. Поддубная, С.Н. Гнатюк

АНАЛИЗ РОЛИ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ЭКОНОМИКЕ СТРАНЫ

Рассматриваются основные проблемы газораспределительной отрасли в це-
лом и в частности проблемы потребления энергоресурсов и энергоносителей в регио-
не и предлагаются варианты для их преодоления.

G.N. Martynenko, O.S. Poddubnaya, S.N. Gnatyuk

THE ANALYSIS OF THE ROLE OF GAS BRANCH IN POWER AND NATIONAL ECONOMY

The basic problems of gas distribution branch as a whole and problems of consump-
tion of power resources and energy carriers in region in particular are considered and va-
riants for their overcoming are offered.

Введение

По своим масштабам и социальной значимости газовое хозяйство Российской Федера-
ции является одной из важнейших отраслей не только топливно-энергетического комплекса
(ТЭК), но и всей экономики страны. Его доля в производстве топливно-энергетических ре-
сурсов в настоящее время составляет около 50%, а в производстве органических топлив бо-
лее 53%.

В кризисные для России годы газовая промышленность сыграла решающую роль в
обеспечении устойчивого и надежного энергоснабжения страны, во многом способствовал
предотвращению коллапса экономики. Накопленная же добыча газа с момента зарождения
отрасли, т.е. с конца 40-х годов и по 2010 составила 810 млрд. м³.

Газовая отрасль страны представляет собой мощный комплекс, включающий горно-
геологические структуры (газовые месторождения), газодобывающие и газоперерабатываю-
щие предприятия, уникальную систему магистральных, региональных и распределительных

газопроводов с хранилищами газа и компрессорными станциями, предприятия по строительству и производству оборудования.

Базисом газовой отрасли России является открытое акционерное общество (ОАО) «Газпром», обеспечивающее около 90% всей добычи природного газа в стране, дающее 25% налоговых поступлений в бюджеты всех уровней, 10% валютных поступлений; на его долю приходится 6% ВВП и 8% от общего объема национального промышленного производства.

К 2002 годам добыча газа по Российской Федерации снизилась по сравнению с максимальной добычей в 1992 году (около 640 млрд. м³) почти на 10% и составила около 580 млрд. м³ газа в год. Внутреннее потребление газа снизилось на 11% - до 360 млрд. м³ в год. Однако трудности кризисного периода не остановили развития ресурсной и производственной базы газовой отрасли.

При существенном спаде промышленного производства газовая промышленность обеспечила надежные поставки газа потребителям внутри страны и за рубежом [1].

Энергосберегающая политика в газовой отрасли

Основные проблемы газовой отрасли. Опыт демонполизации и либерализации газовой промышленности и электроэнергетики во многих странах мира показывает, что в отраслях, имеющих в своем составе естественные монополии, требуется рациональное сочетание рыночных механизмов и государственного регулирования, осуществляемого через законодательную и нормативную базы. Нерегулируемая рыночная среда в подобных случаях приводит к нестабильности развития систем и большим колебаниям цен на их продукцию, а чрезмерно жесткое государственное регулирование приводит к стагнации [2].

В последние годы в России были заложены правовые основы, регламентирующие взаимоотношения между собственником недр - государством и недропользователями. Это законы «О недрах», «О континентальном шельфе Российской Федерации», «О соглашениях о разделе продукции», соответствующие статьи Налогового и Таможенного кодексов и некоторые другие.

Важная роль государственной составляющей состоит также в снижении рисков для инвесторов путем частичного перекладывания этих рисков на государство и потребителей, а также в создании условий для страхования инвестиционных рисков. Следовательно, в качестве одной из основных проблем газовой отрасли следует выделить необходимость модернизации структуры управления.

Другая проблема связана с неоправданно завышенной долей газа в топливно-энергетическом балансе страны и, в частности, с большим расходом газа на производство электроэнергии и тепла на электростанциях и в котельных. Это обусловлено, главным образом, необоснованным соотношением стоимостей различных видов топлива при существенно заниженных ценах на газ.

Проведение энергосберегающей политики в газовой отрасли, а также в электро- и теплоснабжении позволит создать рациональные топливно-энергетические балансы в регионах, обеспечит приход инвесторов в газовую отрасль.

Достаточно большая доля газопроводов работает на пределе технического ресурса (15% магистральных и 14% распределительных введены в эксплуатацию более 30 лет назад). Как более узкую, следует обозначить проблему, связанную с поддержанием технического состояния действующих объектов на уровне, обеспечивающем стабильную поставку газа потребителям и безопасную эксплуатацию объектов [1].

Обобщая сказанное, можно выделить актуальность темы, связанной с проблемой взвешенной интеграции рынка газа в региональные энергетические рынки и созданием условий для эффективного функционирования Единой системы газоснабжения. Это требует проведения рациональной политики ОАО «Газпром» в регионах на основе комплексного решения задач развития и эксплуатации региональных систем газоснабжения в увязке с другими системами энергоснабжения региона [1].

Осуществление рациональной энергетической политики ОАО «Газпром» в регионах и адекватное современным условиям решение вопросов развития и эксплуатации региональных систем газоснабжения становятся особенно актуальными с учетом того, что в ТЭК страны существуют ценовые и структурные диспропорции, которые должны быть ликвидированы.

Основные положения Концепции и новый подход к разработке Генеральных схем газификации регионов учитывают существующие в газовой промышленности проблемы и опыт реализации предыдущей Программы газификации регионов. Эти положения включают:

- переход к экономически обоснованному формированию Программ газификации регионов на основе рациональной структуры их ТЭК;
- достижение рациональной доли газа в ТЭК региона с учетом собственных топливно-энергетических ресурсов, финансовых возможностей и платежеспособного спроса на газ;
- выбор эффективных направлений использования газа по всей цепочке его транспортировки, распределения и потребления;
- вовлечение в региональный энергетический рынок местных и нетрадиционных ресурсов, включая малые месторождения газа, низконапорные запасы газа, метан из угольных и газогидратных пластов;
- реконструкцию газового хозяйства на основе новых газосберегающих технологий и оборудования;
- введение экономически обоснованных цен на газ, учитывающих его потребительские качества, реальные затраты на производство, инвестиционную составляющую и рентабельность поставки газа потребителям;
- разработку организационно-экономических мер, стимулирующих энергосбережение у потребителей газа;
- поэтапное создание экономических и правовых условий для развития газораспределительных сетей на коммерческой основе;
- приоритетное финансирование из бюджетов газификации районов с большой социальной напряженностью и тяжелыми экологическими условиями.

Как известно, решение перечисленных вопросов, в частности, выбор рациональной структуры энергоресурсов и энергоносителей в регионе, определение эффективных направлений использования газа и т. д. требует комплексного рассмотрения систем энергоснабжения регионов и учета взаимозаменяемости энергоносителей, взаимосвязей систем энергетики, альтернативных направлений использования газа и способов производства тепла и электроэнергии.

Особенностью внутреннего потребления является увеличение в последнее время доли коммунально-бытового сектора и населения, после двух лет снижения в 2010 году произошло увеличение внутреннего потребления газа, причем довольно существенное. По сравнению с 2009 годом рост внутреннего потребления составил 16.5% до 501.4 млрд. куб. м. Причем внутреннее потребление превзошло и докризисный 2007 год (на 7.5%). Рост потребления вызван постепенным восстановлением экономики России, увеличением закачивания сырья в

газохранилища и климатическим фактором, а именно низкими температурами в январе и феврале, в результате чего вырос спрос со стороны энергокомпаний [2].

Следует отметить, что увеличение потребления на коммунально-бытовые нужды выполняет важную социально-экономическую функцию - обеспечение населения страны удобным для использования и экологически качественным видом топлива способствует улучшению качества жизни человека.

Выводы

Для улучшения качества жизни людей необходимо проектировать системы газораспределения с учетом применения оптимизации структуры и параметров распределительных систем газоснабжения. Для этого необходимо соблюдать основные принципы при проектировании этих систем, учитывать экономические показатели и критерии оптимального проектирования и создать оптимизированные модели.

Библиографический список

1. **Карасевич, А.М.** Методология и средства управления развитием региональных систем газоснабжения: дис. ...канд. техн. наук/ А.М. Карасевич - Иркутск, 2003. - 498 с.
2. **Панов, М.Я.** Моделирование возмущенного состояния гидравлических систем сложной конфигурации на основе принципов энергетического эквивалентирования/ М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов// Изв. РАН. Энергетика. - 2002.- №6. - С.130-137.

References

1. **Karasevich, A.M.** Methodology and control facilities development of regional systems of gas supply. Ph.D. thesis. Irkutsk, 2003, 498 pp.
2. **Panov, M.Ya., V.I. Sherbakov, I.S., Kvasov.** Modeling of the indignant condition of hydraulic systems of a difficult configuration on the basis of principles power. *News of Russian Academy of Sciences. Energetics*, 2002, N 6, pp. 130 -137.

Ключевые слова: региональные энергетические рынки, энергоснабжение, энергосберегающая политика.

Keywords: regional energy markets, energy supply, energy-saving policy.

УДК 697.341

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Канд. техн. наук, профессор кафедры отопления и вентиляции Б.П. Новосельцев

Инженер Е.Г. Головин

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Ph. D. in Engineering, Prof. of Dept.

of Heat and Ventilation B.P. Novoseltsev

Engineer E.G. Golovin

Russia, Voronezh, ph.: +7 (473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

Б.П. Новосельцев, Е.Г. Головин

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ТЕПЛИЦАХ

В работе рассмотрены варианты для выбора оптимальной системы автоматического управления микроклиматом в теплице, а также влияние стратегии управления на поддержание заданных параметров внутреннего воздуха.

B.P. Novoseltsev, E.G. Golovin

MODERN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE MICROCLIMATE IN GREENHOUSES

In the given work options for selecting the optimal system for automatic climate control in greenhouses, as well as the influence of management strategies to maintain the preset parameters of internal air are considered.

Введение

На сегодняшний день в связи с ростом агрономических требований к микроклимату теплиц повышается интерес к автоматическим системам управления микроклиматом.

Еще несколько лет назад агрономы допускали погрешность поддержания температуры в 2 градуса, но на данный момент требуется выдерживать температуру с погрешностью в 0,2 градуса, т.е. требования возросли в 10 раз. Также при управлении микроклиматом раньше редко использовалась влажность, сейчас же требования подразумевают изменение влажности несколько раз в день. Такие требования в совокупности с энергосберегающими технологиями требуют установки в теплицы большого количества исполнительных систем. Это и разделенная на несколько контуров система отопления, система зашторивания, подкормка CO₂ и т.д. При большом количестве исполнительных систем ручное управление становится практически невозможным, отсюда и высокий интерес к автоматическим системам управления. С другой стороны интерес возрастает потому, что экономия энергии выходит сейчас на первый план в процессе производства. Система управления микроклиматом играет здесь одну из ключевых ролей, какая бы ни была котельная, какая бы ни была теплица, решение о количестве и качестве расхода энергии принимает система автоматического регулирования [1].

Выбор системы управления микроклиматом

Выбор системы управления усложняется в связи с достаточно большим многообразием такого рода систем на рынке. Основным критерием выбора, естественно, является качество поддержания температурного режима. Но достаточно ли только этого?

Оказывается, что нет. Сейчас очень остро стоит вопрос оптимальности управления, а именно, задача максимально эффективного использования разделения контуров, разделения теплицы на климатические зоны, а также задача контроля температуры по всей высоте растения.

Рассмотрим такой пример: у нас в теплице имеется два контура отопления. Сразу встает вопрос, как ими управлять: каким больше, а каким меньше? Проведенный анализ показал, что многие системы управления предлагают такой подход к решению: зафиксировать температуру в одном контуре и управлять другим [2]. В такой ситуации система, что бы ни происходило, будет придерживаться установленных настроек. Мы же рассматриваем особый алгоритм согласованного управления всеми контурами отопления, фрамугами и др. системами. Требуется лишь задать общие принципы технологии поддержания микроклимата, или иначе это называется задать стратегию управления, а дальше система уже сама осуществляет автоматический выбор той исполнительной системы, которая сейчас необходима. Причем этот выбор основывается на более чем 20 параметрах микроклимата (температура, влажность, концентрация, температура стекла, температура точки росы листа). Например, при падении влажности активнее использовать контуры кровли и меньше контуры у корня. При падении температуры стекла и угрозе его обледенения активно включается, если есть, подлотовый контур. При использовании зашторивания, контуры, которые оказываются выше экрана, работают ровно настолько, чтобы не позволить обледенеть стеклу и накопиться снегу. Часто случается, что технологические особенности процесса идут вразрез с энергосбережением. Что делать? На помощь нам опять приходит стратегия управления, которая позволяет задать еще и экономические показатели той или иной системы. Таким образом, можно определить баланс между расходом энергии и технологией микроклимата.

Системы автоматического управления микроклиматом теплиц

Сейчас теплицы разбиваются на несколько климатических зон, которые содержат как собственные исполнительные системы, так и общие, распространяющие свое влияние на всю площадь теплицы. Как управлять общими контурами? Здесь опять же некоторые производители систем предлагают следующий вариант: зафиксировать общий контур на каком-то уровне и управлять только контурами зон. Другой вариант работать то на одну климатическую зону, то на другую. Например, по минимальной температуре или по максимальной. Наиболее успешный вариант – создать согласованное управление климатическими зонами, т.е. динамически с помощью специального алгоритма определять ту зону, в которой управление затруднено, и «помогать» ей, в других зонах одновременно совершая коррекцию [3].

В идеале процесс выращивания требует не просто поддержания температуры в какой-либо точке теплицы, а ставит задачу распределения температуры по всей высоте растения, т.е. в прикорневой зоне должна быть одна температура, у макушки растения – другая. Такой режим стимулирует растения к высокой урожайности, а также защищает его от болезней, связанных с микроклиматом.

Возвращаясь к вопросу выбора системы управления, стоит отметить, что еще одним важнейшим критерием выбора является наглядность представления информации о состоянии

теплицы. Поэтому большое внимание уделяется организации максимально простого и удобного диалога пользователя с системой

На сегодняшний момент создана система автоматического управления микроклиматом в теплицах, которая позволяет согласованно управлять от одной до четырех климатических зон, в которых расположены контуры обогрева, фрамуги, система зашторивания, вентиляторы, газогенераторы, калориферы и т.д.

Алгоритмы, заложенные в функционирование системы, позволяют успешно работать и в блочных теплицах (установлено на площади более 150 га), и в ангарных теплицах (например, г. Нижний Новгород), и в пленочных теплицах (например, RICHEL г. Вологда).

Хотелось бы отметить, что сейчас совместно с новыми теплицами часто строят котельные. Разработан специальный комплекс, который позволяет сделать из практически любой котельной и автоматики микроклимата единую систему управления. Такие комплексы имеются на Украине г. Днепродзержинск, в Беларуси г. Витебск и планируется к запуску в г.Мокшан Пензенской области.

Выводы

Стратегия управления со всеми ее возможностями является гибким инструментом для настройки максимально эффективного использования всех исполнительных систем теплицы, предоставляя агроному возможность эксперимента, как технологического, так и энергосберегающего. Стратегия дает возможность применять любые современные технологии, а также выработать свою отличающуюся от других технологию.

Библиографический список

1. **Бодров, В.И.** Микроклимат зданий и сооружений/ В.И. Бодров, М.В. Бодров, Н.А. Трифонов, Т.Н. Чурмеева. - Н. Новгород: Арабеск, 2001.- 346 с.
2. **Вялкин, А.И.** Строительство парников, теплиц и хранилищ для овощей / А.И. Вялкин, Г.Ю. Горский, Ф.С. Гребеник, С.А. Миронов. - М.: Изд-во литературы по строительству, 1970.- 266 с.
3. **Маркус, Т.А.** Здания, климат и энергия/ Т.А. Маркус, Э.Н. Моррис.- Л.: Гидрометеоиздат, 1985. - 543с.

References

1. **Bodrov, V.I.,** M.V., Bodrov, N.A., Trifonov, T.N., Churmeeva. The microclimate of buildings and structures. Nizhny Novgorod, 2001, 346 pp.
2. **Vyalkin, A.I.,** G.U., Gorsky, F.S., Grebenik, S.A., Mironov. The construction of hotbeds, greenhouses and storage facilities for vegetables. Moscow, 1970, 266 pp.
3. **Markus, T.A.,** E.N., Morris. Buildings, climate and energy. Leningrad, 1985, 543 pp.

Ключевые слова: автоматическая система управления, параметры микроклимата, стратегия управления микроклиматом, климатическая зона

Keywords: automatic control system, the parameters of the microclimate, climate control strategy, the climatic zone

Экспертиза и управление недвижимостью

УДК 332.83

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет**Д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии**В.Н. Баринов**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-50-72**e-mail: vgasupb@mail.ru**Voronezh state university of architecture and Civil Engineering**Dr. Sc. in Economics, Prof., Head of Dept. of Cadastre of Real Estate, Land Management and Geodesy V.N. Barinov**Russia, Voronezh, ph.: +7 (473)271-50-72**Russia, Voronezh, ph.: +7 (473)271-50-72**e-mail: vgasupb@mail.ru*

В.Н. Баринов

ЭНЕРГОСЕРВИС В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Выход сферы ЖКХ России из затяжного кризиса возможен в случае повышения качества услуг ЖКХ. В работе рассмотрены ключевые положения новой государственной политики в области проведения энергетических обследований на объектах ЖКХ, практические проблемы внедрения на рынке энергосервисных услуг, а также выделены приоритетные направления совершенствования законодательных актов в области энергосервисных услуг.

V.N. Barinov

POWER SERVICE IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES: PROBLEMS AND WAYS OF DECISION

The exit of sphere of housing and communal services of Russia from long crisis is possible in case of improvement of quality of housing and communal services. In the given work key positions of a new state policy in the field of carrying out of power inspections on objects of housing and communal services, practical problems of implementation in the market of power service are considered, and also priority directions of perfection of acts in the field of power services are allocated.

Введение

В течение последних пятнадцати лет техническое состояние объектов жилищно-коммунальной сферы значительно ухудшилось. По различным оценкам износ основных фондов в целом по отрасли оценивается не ниже 60 %. Для поддержания систем ЖКХ в рабочем состоянии сегодня требуется все больше средств. Инвестиции частного капитала в эту сферу – базис для успешного реформирования ЖКХ, а внедрение энергосберегающих технологий – необходимое первоочередное действие.

Выход сферы ЖКХ России из затяжного кризиса возможен при выполнении множества условий. Одним из них является повышение качества услуг ЖКХ.

Сегодня перед ЖКХ стоит задача совершенствования технологии оказания услуг, повышения их качества и обеспечения эффективности деятельности с целью получения конку-

рентного преимущества. Вопросы повышения качества услуг ЖКХ, поиск резервов, возможности контроля рассматриваются на государственном уровне, на уровне профессиональных объединений. Услуги ЖКХ в рамках воспроизводственного цикла, как правило, имеют материальную форму, вызванную сферой обслуживания и эксплуатации трех больших групп объектов в системе ЖКХ:

1. Жилой фонд и объекты социальной сферы.

2. Системы теплоснабжения, электроснабжения, водоснабжения, водоотведения, газоснабжения и др.

3. Сферы обслуживания предприятий и инженерных систем (постоянно действующих зданий и сооружений, рассчитанных на длительный срок службы и использования, включая комплекс конструкций, устройств, оборудования, установок, приборов и сетей) городов и населенных пунктов.

Сфера обслуживания инженерных сетей городов и населенных пунктов включает в себя выполнение работ по эксплуатации:

- внешних и внутренних систем электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения;

- жилого фонда и нежилых помещений;

- систем вентиляции и кондиционирования воздуха;

- систем пожарно-охранной сигнализации;

- систем наружного освещения и инженерной защиты территорий.

Муниципальные программы реформирования ЖКХ обычно включают в себя:

- анализ состояния ЖКХ;

- цели и задачи реформирования ЖКХ и направления их реализации;

- нормативно-правовое, финансовое, организационное, информационное обеспечение

Программы;

- сроки реализации основных ее этапов.

Структура муниципальной программы реформирования ЖКХ:

- цель;

- задачи;

- реализация;

- управление реализацией;

- план-график мероприятий.

Безусловно, ключевым элементом управления ЖКХ является механизм финансирования. А формирование устойчивой финансовой базы развития ЖКХ невозможно без привлечения внебюджетных средств.

Проведение энергетических обследований и оказание энергосервисных услуг в мировой практике рассматривается как основной этап энергосбережения и повышения энергетической эффективности и требует особого внимания государства. Данные мероприятия, по сути, определяют границы между выявлением потенциала энергосбережения, прединвестиционной подготовкой и непосредственной реализацией проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Государственная политика в области энергосервиса на объектах ЖКХ

Государственная политика в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на требованиях закона № 261-ФЗ, который по сравнению с ранее действовавшим Федеральным законом от 3 апреля 1996 года № 28-ФЗ «Об энергосбережении» определил новые механизмы и инструменты реализации этой политики. Это в равной степени относится как к энергетическим обследованиям, так и к энергосервисным услугам.

Ключевыми положениями новой государственной политики в области проведения энергетических обследований являются [1]:

- саморегулирование и членство в саморегулируемых организациях в области проведения энергетического обследования как основание для осуществления соответствующего вида деятельности;
- обязательность и регулярность проведения энергетических обследований в бюджетной сфере, для крупных потребителей энергетических ресурсов, регулируемых организаций и организаций топливно-энергетического комплекса;
- унификация требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, а также к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации;
- сбор, обработка, систематизация, анализ, использование данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных энергетических обследований, а также данных энергетических паспортов, составленных по результатам добровольных энергетических обследований.

Эффект, связанный с переводом производства на принципиально более высокий технологический уровень, позволяет рассматривать соответствующие вложения как реальные инвестиции, дающие коммерческую выгоду.

Энергоресурсосбережение – один из самых серьезных вызовов для российского производителя. Многие руководители считают расходы на энергию неизбежными затратами. Текущие проблемы, требующие немедленных решений, вынуждают отложить в долгий ящик все вопросы, связанные с энергосбережением. Производство растет, продукция пользуется спросом, и затраты на энергию кажутся оправданными [2].

Реформы ЖКХ должны сопровождаться использованием современных финансовых механизмов. Для развития ресурсосбережения в муниципальном жилищном секторе одним из наиболее реальных финансовых инструментов является заключение перфоманс-контрактов. Не зря во всем мире энергосберегающие системы внедряются на основании перфоманс-контрактов.

Energy Performance Contracting или перфоманс-контракт (от англ. performance – исполнение) – договор на внедрение энергосберегающих технологий [3]. Перфоманс-контракты начали использовать в Америке в конце 1970-х годов. Данный договор предполагает выполнение специализированной энергосервисной компанией (ЭСКО) полного комплекса работ по внедрению энергосберегающих технологий на предприятии заказчика за счет привлеченных ЭСКО кредитных средств. Оплата за привлеченные финансовые ресурсы и выполненные ЭСКО работы производится заказчиком после внедрения проекта за счет средств, составляющих экономический эффект от внедрения энергосберегающих технологий.

Привлекательность перфоманс-контракта для заказчика очевидна: нет экономического эффекта – нет оплаты за услуги ЭСКО. Заказчик рассчитывается только за счет средств, сэкономленных в результате внедрения энергосберегающих технологий. Например, если в результате установки нового оборудования, модернизации систем и т. п. заказчик не снижает объем потребления энергоресурсов, как это предусматривалось перфоманс-контрактом, ЭСКО не вправе претендовать на оплату работ. Кроме того, заказчик не вкладывает собственные средства на реализацию проекта. Привлеченные деньги тоже имеют свою стоимость, и заказчик в конечном итоге оплачивает все проценты, но, учитывая, что оплата производится за счет экономии, условия кредитования себя оправдывают.

Под экономическим эффектом по каждому конкретному проекту в перфоманс-контракте могут пониматься различные показатели, например:

- снижение потребления энергоресурсов на производство единицы продукции;
- снижение себестоимости выработки единицы теплоты;
- снижение вредных выбросов;

- снижение потерь;
- другие показатели (на усмотрение сторон контракта).

Формы сотрудничества между заказчиком, ЭСКО и кредитной организацией могут быть различными (см. рис.) [3]. Этапы реализации перформанс-контракта:

1. Инвестиционный аудит заказчика.
2. Энергоаудит.
3. Подготовка инвестиционного бизнес-плана.
4. Открытие финансирования.
5. Проектные работы.
6. Поставка и монтаж оборудования, выполнение работ.
7. Обучение персонала заказчика.
8. Заключительный энергоаудит.
9. Эксплуатация объекта, выплата платежей по кредиту за счет экономии.



Рисунок. Наиболее часто встречающиеся формы взаимоотношений сторон

Перформанс-контракт содержит элементы различных договоров (подряда, услуг, финансовой аренды, поручения, договора на проектно-изыскательские работы и др.), то есть является по своей природе смешанным договором в соответствии со ст. 421 Гражданского кодекса РФ и представляет собой достаточно сложную юридическую конструкцию.

Возможны несколько вариантов заключения перформанс-контрактов. Чаще всего на практике используется следующая схема:

- перформанс-контракт заключается только между заказчиком и ЭСКО, кредитная организация не участвует в этой сделке (возможен вариант заключения трехстороннего перформанс-контракта);

- заключается трехсторонний кредитный договор, по которому заемщиком является ЭСКО, указывается целевое назначение кредита – реализация энергоэффективного проекта на объекте заказчика;

- по условиям перформанс-контракта и кредитного договора заказчик обязан открыть расчетный счет в кредитной организации, которая финансирует реализацию энергоэффективного проекта, и все расчеты за потребляемые энергоресурсы заказчик вправе производить только с этого расчетного счета.

Предметом перформанс-контракта является выполнение ЭСКО на предприятии заказчика комплекса работ по внедрению энергосберегающих технологий (см. таблицу).

В ходе исполнения перформанс-контракта между сторонами могут возникнуть разногласия и спорные ситуации, которые действующим российским законодательством не урегу-

лированы, поэтому перфоманс-контракт должен содержать конкретные условия, максимально регламентирующие обязательства сторон.

Учитывая длительный период реализации перфоманс-контракта (не менее 3 лет) при заключении перфоманс-контракта стороны обязательно должны достигнуть соглашения по следующим вопросам:

- кто оплатит издержки на инвестиционный и энергетический аудит в том случае, если энергоэффективный проект не будет внедряться;
- момент перехода права собственности на результаты выполненных работ по энергоэффективному проекту;
- права и обязанности сторон в отношении результата выполненных работ в случае досрочного прекращения договора на каждом этапе реализации проекта;
- урегулирование вопроса неотделимости нового оборудования от старых систем в ситуации прекращения договора;
- порядок привлечения независимой экспертной организации в случае споров между заказчиком и ЭСКО по вопросам определения энергетического базиса, размера затрат на внедрение, достижения (не достижения) экономического эффекта, получения гарантированных сбережений;
- порядок реализации права ЭСКО на надзор за технологическими процессами на предприятии заказчика и эксплуатацией нового оборудования, контроль формирования себестоимости для периодического определения сбережений, контроль всех взаимоотношений с электроснабжающими организациями;
- случаи и порядок изменения размера гарантированных сбережений (существенное изменение тарифов, инфляция, изменение законодательства и т. п.), порядок распределения экономии, полученной сверх первоначально рассчитанной суммы.

Безусловно, для ЭСКО перфоманс-контракт является высоко рискованной сделкой. Предлагать такую услугу может только солидная энергосервисная компания с большим опытом внедрения энергосберегающих технологий.

К основным рискам ЭСКО следует отнести:

- риск предоставления заказчиком недостоверной и/или не полной информации как на этапе проведения энергоаудита, так и на этапе эксплуатации;
- риск не квалифицированной эксплуатации заказчиком энергосберегающего оборудования;
- риск неплатежеспособности заказчика.

Для минимизации такого основного риска как неплатежеспособность заказчика, до заключения перфоманс-контракта, необходимо провести инвестиционный аудит.

Главная задача специалистов, проводящих инвестиционный аудит предприятия заказчика, – дать заключение о финансовой устойчивости предприятия в долгосрочной перспективе.

Инвестиционный аудит в рамках исполнения перфоманс-контракта включает в себя анализ всех сфер деятельности предприятия, которые могут повлиять на платежеспособность предприятия в будущем, а именно:

- правовая экспертиза учредительных и локальных нормативных документов заказчика на предмет наличия ограничений или запретов на осуществление каких-либо действий;
- правовая экспертиза документов, подтверждающих право собственности или иные права владения и распоряжения имуществом предприятия, а также обременения имущества (документы о приватизации, регистрационные документы на недвижимость, договоры, акты судебных органов и др.);
- изучение кредитной истории предприятия;
- анализ ликвидности и эффективности использования основных средств, рентабельности в динамике;
- анализ финансовых показателей заказчика за три предыдущих года;

- анализ динамики дебиторской и кредиторской задолженности, расчетов по налоговым обязательствам за три года, предшествующих аудиту;
- анализ перспектив развития предприятия, его положение на рынке, конкурентоспособности производимых продукции или услуг;
- анализ системы финансового планирования, контроля и учета;
- анализ ключевых бизнес-процессов;
- в зависимости от специфики предприятия может быть проведен анализ других областей деятельности.

Практические проблемы внедрения на рынке энергосервисных услуг

Как показывает опыт других государств, в которых принимались законы об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности нового поколения, например Индии, для формирования полноценного, устойчивого рынка в области энергетических обследований и энергосервисных услуг, должно пройти не менее 3–5 лет. В это время происходит выявление и устранение пробелов и противоречий в законодательстве, подготовка и реализация пилотных проектов, разработка методической базы, консолидация профессионального сообщества, которое сопровождается вытеснением с рынка слабых и неквалифицированных игроков.

Основную роль в этом процессе выполняют не только государственные агентства, подобные ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, но также ассоциации участников рынка энергетических обследований и энергосервисных услуг. Они способны централизованно представлять позицию профессионального сообщества. В России уже создаются соответствующие ассоциации саморегулируемых организаций в области энергетического обследования, берущих на себя ответственность за контроль качества оказания данных услуг, выработку методических рекомендаций и типовых решений. Их активизация свидетельствует о том, что развитие отечественного рынка идет по сценарию, соответствующему международной практике.

Такое развитие пока существенно сдерживается из-за наличия большого количества пробелов и противоречий в новом законодательстве об энергосбережении, которые в отдельных случаях блокируют его исполнение либо результаты такого исполнения перестают отвечать целям государственной политики.

Мероприятия по совершенствованию законодательных актов в области энергосервисных услуг

По мнению [4] основными направлениями совершенствования законодательства должны стать:

- повышение квалификационных требований к лицам, проводящим энергетическое обследование, и детализация ответственности саморегулируемых организаций в области энергетического обследования;
- дифференциация требований к проведению обязательных энергетических обследований, включая сроки и результаты их проведения, в зависимости от категории потребителя энергетических ресурсов;
- предоставление права заполнять энергетические декларации вместо энергетического паспорта для организаций с незначительным или нулевым энергопотреблением;
- предоставление права составлять несколько энергетических паспортов – на каждое здание, на обособленное структурное подразделение организации, проходящей энергетическое обследование;
- предоставление права на проведение экспресс-обследования для крупных потребителей энергетических ресурсов, формирование мер государственной поддержки прове-

дения полных энергетических обследований у таких потребителей, включая предоставление субсидий;

- возложение полномочий по контролю правильности составления энергетических паспортов и соответствия их установленной форме на уполномоченные федеральные органы исполнительной власти;
- введение положений об ассоциациях саморегулируемых организаций в области энергетического обследования, определение их правового статуса с возложением на них методического обеспечения;
- введение альтернативных моделей оказания энергосервисных услуг, прежде всего в бюджетной сфере, основанных на распределении рисков между заказчиками и исполнителями соответствующих услуг;
- устранение противоречий между требованиями к оплате контрактов на энергосервис и требованиями по планированию бюджетных ассигнований государственных (муниципальных) учреждений с учетом снижения в сопоставимых условиях объемов потребленных ими энергетических ресурсов;
- введение налоговых льгот для энергосервисных компаний и иных мер государственной поддержки в области оказания энергосервисных услуг.

Выводы

Дальнейшее развитие государственной политики и нормативно-правового регулирования должно обеспечить внутреннюю взаимосвязь требований к проведению обязательного энергетического обследования, разработке программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности таким образом, чтобы создать дополнительные гарантии осуществления мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, разработанных при проведении энергетического обследования.

Библиографический список

1. **Туликов, А.В.** Государственная политика в сфере энергоаудита и энергосервиса / А.В. Туликов // Энергосбережение. – 2011. - №6. – С. 55-57.
2. **Кустова, А.А.** Энергоэффективность. Почему западная энергосервисная система не работает в России? / А.А. Кустова // Энергосбережение. - 2008. - №8. - С. 71-75.
3. **Лабутина, М.** Использование перфоманс-контрактов в процессе реформирования и модернизации ЖКХ / М. Лабутина // Энергосбережение. - 2005. - №4. - С. 34-39.
4. **Туликов, А.В.** Правовые аспекты энергосервисной деятельности / А.В. Туликов // Энергосбережение. - 2012. - №1. - С. 80-85.

References

1. **Tulikov, A.V.** State policy in power audit and power service sphere. *Power saving*, 2011, N 6, pp. 55-57.
2. **Kustova, A.A.** Power efficiency. Why doesn't the western power service system work in Russia? *Power saving*, 2008, N 8, pp. 71-75.
3. **Labutina, M.** Use of performance-contracts in the course of reforming and housing and communal services modernization. *Power saving*, 2005, N 4, pp. 34-39.
4. **Nulikov, A.V.** Legal aspects of power service activity. *Power saving*, 2012, N 1, pp. 80-85.

Ключевые слова: энергосервис, жилищно-коммунальное хозяйство, энергоресурсосбережение, перфоманс-контракт, энергоэффективный проект

Keywords: power service, housing and communal services, cost-effective use of power and resources, performance contract, the power effective project

***Сервис инженерных систем гостинично-
ресторанных, спортивных и торгово-
развлекательных комплексов***

УДК 697.956

*Воронежский государственный архитектурно-
строительный университет*

*Аспирант кафедры теплогазоснабжения и
нефтегазового дела*

С.Г.Булыгина

*Д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазо-
снабжения и нефтегазового дела*

О.А. Сотникова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

*Voronezh state university of architecture and
Civil Engineering*

*Ph. D. Student of Dept. of Heat and Gas
supply and Oil and Gas Business*

S.G. Bulygina

*Dr. Sc. in Engineering, Prof. of Dept. of Heat
and Gas supply and Oil and Gas Business*

O.A. Sotnikova

Russia, Voronezh, ph.: +7 (473) 271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

С.Г. Булыгина, О.А. Сотникова

**УЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦОДЕЖДЫ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛООБМЕНА ЧЕЛОВЕКА
С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ**

Спецодежда для персонала ресторанный комплекс должна отвечать определенным требованием обеспечивающим сохранность здоровья работников, комфортные условия и чистоту в помещении. В данной статье выполнен анализ основных закономерностей теплообмена «человек-одежда-окружающая среда», тепло-влажностных свойств тканей и материалов, применяемых для изготовления спецодежды, их паропроницаемости. Предложен алгоритм расчета спецодежды человека, используемый при моделировании его теплообмена с окружающей средой.

S.G. Bulygina, O.A. Sotnikova

**THE ACCOUNTING OF HEAT-SHIELDING CHARACTERIS-
TICS OF OVERALLS AT MODELLING OF HEAT EXCHANGE OF
THE PERSON WITH ENVIRONMENT**

The overalls for the personnel of a restaurant complex should answer with the certain requirement providing safety of health of workers, comfortable conditions and cleanliness indoors. In given article the analysis of the basic laws of heat exchange "person-clothes-environment", heat moist properties of fabrics and the materials applied to manufacturing of overalls, their steam transmittivity is made. The algorithm of calculation of overalls of the person, used at modeling of its heat exchange with environment is offered.

Введение

Для обслуживающего персонала ресторанный комплекс существует своя спецодежда. Поскольку эта профессия предполагает работу с пищевыми продуктами, спецодежда

должна отвечать определённым гигиеническим нормам. Сегодня по одежде персонала предприятия общественного питания можно определить его класс. Одежда повара – это неотъемлемая часть концепции ресторана, его стиля. Поэтому к её выбору надо подходить со всей тщательностью. При изготовлении одежды повара выбор ткани играет важную роль: она в первую очередь должна быть износостойкой и готовой к частой стирке и химчистке. Одежда персонала также должна быть удобной и комфортной, позволяющей совершать активные действия в течение всего рабочего дня. Главная фигура в ресторане – повар, творящий шедевры кулинарного искусства. Зачастую он сам выносит их в зал. Одежда повара, прежде всего, включает в себя следующие компоненты: поварской колпак высотой 30 см, фартук, шейный платок, куртку и брюки. Среди них, несомненно, выделяется колпак как обязательный атрибут униформы повара. Поварские колпаки могут иметь самую различную форму и обычно изготовлены как из натуральных, так и из полунатуральных тканей. В последнее время появились даже одноразовые поварские колпаки, которые снимают заботу о постоянной стирке одежды повара. Самый заметный элемент униформы для поваров – это куртка, её дизайн становится частью облика ресторана. Но, каким бы ни был внешний вид одежды повара, она ни в коем случае не должна перестать быть функциональной, поэтому поварская куртка обязана иметь достаточно свободный покрой и не стеснять движений. Спецодежда для ресторанов – это не только дань моде и желание соответствовать высоким стандартам стиля, но и необходимое требование ко всем предприятиям общественного питания.



Рис.1. Примеры спецодежды ресторанных поваров

Костюм су-шефа (помощника шеф-повара) отличается высотой колпака (20 см) и фартуком, который должен быть на 20 см ниже коленей. Кроме этого, его дополняют полотенце и нарукавники, которые су-шеф надевает по желанию. Рядовые повара и работники кухни могут носить вместо курток – халаты, а вместо колпаков – белые или цветные береты, а также пилотки с логотипом фирмы.

Требования к материалам для одежды определяются действием на организм человека климатических условий. Для улучшения теплового состояния человека и облегчения процесса терморегуляции в условиях повышенной температуры и интенсивной солнечной радиации необходимо применять материалы с низкой теплопроводностью и высокими влагопроводными свойствами. Для снижения влажности в поддежном пространстве материалам летней одежды должна быть присуща высокая воздухопроницаемость и гигроскопичность. Увлажненные материалы увеличивают поверхность испарения и способствуют более эффективному охлаждению поверхности тела человека. Материалы летней одежды должны иметь высокое водопоглощение для удаления с кожи человека выделяющегося пота и увеличения эффективности влагопотерь. Большое значение в самочувствии человека имеет величина опорной поверхности и степень гладкости материалов. Установлено, что легкие материалы с гладкой поверхностью прилипают к увлажненному телу человека, ослабляя потоотделитель-

ную функцию кожи. Поэтому для летней одежды принимают ткани, имеющие небольшую опорную поверхность, высокую гигроскопичность, оптимальное соотношение скорости сорбции и десорбции влаги.

Для работы в условиях низких и высоких температур необходимо создать благоприятные условия для кожного покрова с помощью одежды, а также его искусственного нагревания или охлаждения. Теплообмен, идущий сквозь одежду, или, наоборот, теплоизоляция одежды зависят в значительной мере от того, удастся ли задержать и сохранить в одежде (или на одежде) воздух.

Закономерности теплообмена «человек-одежда-окружающая среда»

Неподвижный воздух действует как изолирующий слой с постоянной проводимостью независимо от формы материала. Возмущение воздушных слоев приводит к нарушениям эффективной толщины воздушной подушки; подразумеваются возмущения воздушной среды не только по причине дуновения ветра, но также вследствие передвижения людей в одежде, - перемещая тело в пространстве (компонент ветра), они осуществляют движение его частей. Естественная конвекция усиливает данный эффект.

Излучение - другой важный механизм, оказывающий влияние на общий теплообмен. Любая поверхность сама излучает теплоту или поглощает ту теплоту, которая излучается другими поверхностями. Тепловой поток излучения приблизительно пропорционален разности температур между двумя взаимодействующими поверхностями. Слой одежды между двумя поверхностями будет мешать радиационному теплообмену, прерывая соединяющий их поток энергии; температура одежды примет те значения, которые являются средней величиной температуры двух поверхностей, сократив разность их температур в два раза, поэтому и излучающий поток уменьшится в два раза. Чем больше слоев в воздушной подушке, тем меньше скорость теплообмена. Следовательно, многослойная упаковка воздушной подушки сокращает теплопередачу излучающего тела.

В результате проводимости замкнутого воздушного слоя и радиационного теплопереноса проводимость ткани остается одной и той же величиной для тканей различной внутренней толщины и структуры. Следовательно, теплоизоляция пропорциональна толщине тканевого слоя.

Воздушные слои также создают устойчивость к диффузии испаряемого пота, идущей от влажной кожи во внешнюю окружающую среду. Величина этой устойчивости, почти прямо пропорциональна толщине одежды. Паронепроницаемость тканей зависит от воздушной подушки и плотности её внутренней упаковки. В реально существующих тканях высокая плотность и большая толщина воздушной подушки никогда не сочетаются друг с другом. Исходя из этого ограничения, можно рассчитать воздушный эквивалент ткани, свободный от пленок и покрытий. У тканей с поверхностным или ламинированным покрытием может быть непредсказуемый уровень паронепроницаемости, который переходит от тканевых и воздушных слоев к одежде.

Таким образом, из изучения механизмов теплообмена можно сделать следующие выводы:

- 1) одежда с высокой тепловой защитой обязательно должна быть плотной по своей структуре;
- 2) более высокой степени теплозащиты можно достичь путем подбора соответствующих комплектов спецодежды, имеющих многоярусную плотную набивку или упаковку;
- 3) свободные одежды имеют относительно большую теплозащиту, чем плотно прилегающие к телу;
- 4) у теплозащиты есть нижний предел, который определяется воздушным слоем набивки ткани, которая прилегает непосредственно к кожному покрову.

У плотных тканей имеется также один недостаток: чем больше слоев в набивочной ткани, тем более жесткой становится конструкция одежды, изготовленных из них. В результате свобода движения в этих одеждах ограничена.

Теплозащита комплектов спецодежды в большой степени зависит от дизайна одежды. К параметрам дизайна, которые влияют на теплозащиту одежды, относят число набивочных слоев, вырезы, удобство, распределение теплозащитного слоя по телу и незащищенной части кожного покрова. Важны также некоторые другие свойства материала, такие как:

- воздухопроницаемость;
- коэффициенты отражения излучений;
- качество поверхностных покрытий.

Суммарная величина теплообмена тела включает теплоту, которая переносится с открытых участков кожного покрова (обычно голова и руки), и теплоту, проходящую сквозь одежду. Оценка внутренней теплоизоляции производится в расчете на полную площадь кожного покрова, а не только закрытой его части. Теплоперенос с открытых частей тела всегда превышает теплоотдачу с закрытых участков кожи и, следовательно, оказывает глубокое влияние на внутреннюю теплоизоляцию. Этот эффект еще более заметен, если увеличивается скорость ветра. На рисунке 1 показано, как внутренняя теплоизоляция последовательно уменьшается из-за кривизны форм тела (наружные слои менее эффективны, чем внутреннее), открытых частей тела (дополнительный путь для теплообмена) и увеличенной скорости ветра (меньшая теплоизоляция особенно открытого участка кожи). В комплектах спецодежды с плотной и толстой набивкой уплотнения происходит еще более заметное падение уровня теплоизоляции.

При определении теплоотдачи важная роль принадлежит толщине теплоизолирующего слоя и площади покрытия кожного покрова. Зимняя одежда не только плотнее летней спецовки, но еще и накрывает относительно большую часть тела, чем в летний сезон. На рис. 2 показывается, как этот результат приводит к почти линейной зависимости между плотностью одежды (выраженной как объем изоляционного материала в расчете на единицу площади кожного покрова под одеждой) и теплоизолирующим слоем. Нижний предел устанавливается теплоизолирующим слоем воздушной подушки, а верхний - практической применимостью одежды. Равномерное распределение тепловой нагрузки может обеспечивать самую лучшую теплоизоляцию на холоде, но сразу выясняется, что непрактично переносить большие количества груза и большие массы на конечностях. Поэтому акцент делается часто на туловище, а чувствительность соседних участков кожи к переохлаждению адаптируется именно к этим условиям. Конечности в системе органов человека играют важную роль в управлении тепловым балансом человека, а высокий уровень в их теплоизоляции ограничивает эффективность этого регулирования.

Воздушная подушка внутри комплекта одежды подвержена разного рода изменениям при передвижении объекта в пространстве и под влиянием движения в ней воздуха, но не в такой степени, как смежный слой окружающей ее воздушной среды. Ветер вентилирует одежду как воздух, проникающий через ткань и вырезы, в то время как передвижение в пространстве увеличивает внутреннее кровообращение в организме.

Паропоглощение тканей комплекта спецодежды

Для тканей, способных абсорбировать пары воды (а большинство волокон естественного происхождения справляются с этой работой), назначение одежды сводится к тому, чтобы служить буфером для пара. Это изменяет тип теплопереноса в зависимости от параметров окружающей среды. Как только испытуемый человек, одетый в паронепоглощающую одежду, переходит из сухой окружающей среды во влажную обстановку, так сразу же резко сокращается испарение потовыделений. В гигроскопической одежде ткань поглощает пар, поэтому изменение в уровне испарений носит постепенный характер.

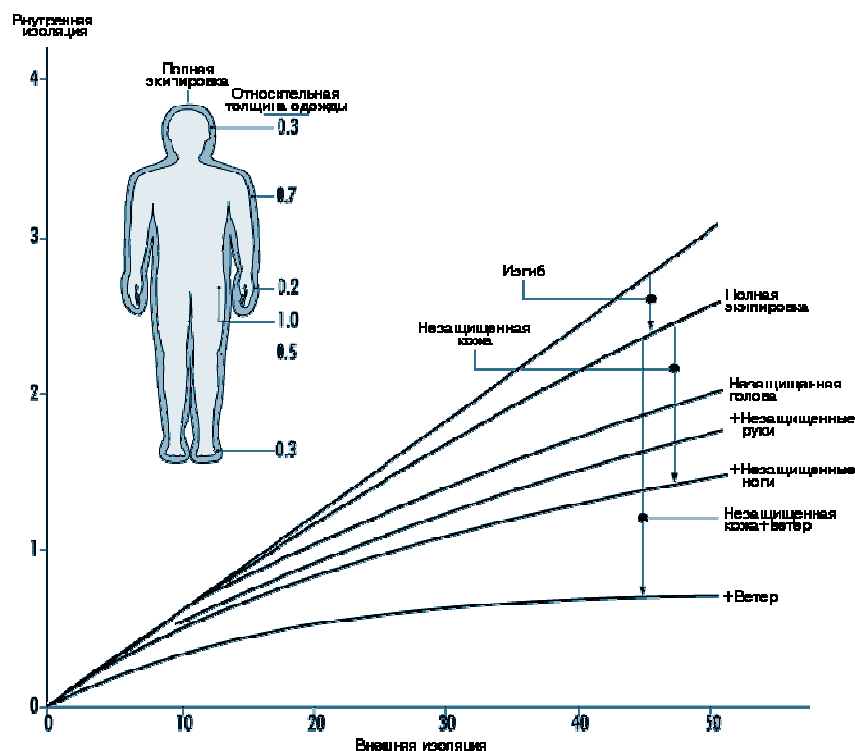


Рис.2. Внутренняя теплозащита организма: влияние изгибов тела, обнаженной кожи и скорости воздушных потоков

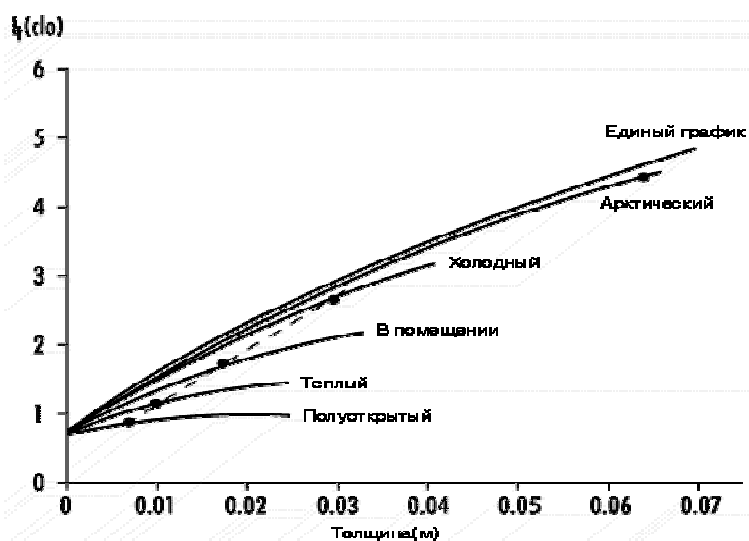


Рис.3. Совокупное значение теплозащиты организма: какое влияние оказывают плотность одежды и правильная подгонка к телу человека

В то же самое время в результате этого процесса высвобождается из ткани тепло, которая увеличивает ее температуру. Это приводит к сокращению сухого теплопереноса с кожного покрова. На первый взгляд, можно утверждать, что в обоих случаях последствия носят взаимный и самоуничтожающий характер, хотя суммарная величина теплопереноса остается неизменной. Отличия, связанные с ношением негигроскопической одежды, заключаются в том, что в данном случае происходит более постепенный переход к испарению потовыделений с кожного покрова, причем риск потовых закупорок не увеличивается, а сокращается.

Способность к паропоглощению ткани зависит от типа волокна и массы ткани. Объем поглощаемого пара прямо пропорционален его относительной влажности, но он еще выше при относительной влажности, превышающей 90 %. Поглощающая способность (иначе называемая способностью к восстановлению) выражается как количество паров воды, которые поглощаются 100 г сухого волокна при относительной влажности 65 %.

Ткани можно классифицировать следующим образом:

- с низким уровнем поглощения - акрил, полиэстер (от 1 до 2 г в 100 г);
- со средним уровнем поглощения - нейлон, вата, ацетат (от 6 до 9 г в 100 г);
- с высоким уровнем поглощения - шелк, лен, пенька, вискоза, джут, шерсть (от 11 до 15 г в расчете на 100 г).

Влагоудержание в тканях, которое часто путают с поглощением пара, происходит по другим правилам. Избыточная вода свободно связывается с тканью и передвигается не только вдоль капилляров, но и поперек них. Этот процесс известен под названием эффекта фитиля. Влагоперенос с одного места на другое осуществляется только внутри влажных тканей и под давлением. Одежда может увлажняться неиспаряемым (поверхностным) потовыделением, которое поступает с поверхности кожного покрова. Содержание жидкости в ткани может быть высоким, а ее последующее испарение представлять угрозу тепловому балансу. Это явление обычно наблюдается в период отдыха после тяжелой работы и известно как эффект охлаждения после теплового перегрева. Способность тканей к удержанию жидкости больше связана с их структурой, чем поглощающей способностью волокна; в практическом отношении ее бывает достаточно, чтобы впитать в себя весь излишний пот.

Одежда может иногда намокать благодаря проникновению в нее конденсата испаряемых потовыделений. Это проникновение происходит тогда, когда влажность становится выше, чем позволяет температура окружающей среды. В холодную погоду конденсат проникает во внутреннюю часть ткани, из которой сшита одежда; в особенно холодную погоду он проникает еще дальше в глубинные структуры воздушной подушки. В местах конденсации накапливается влага, но температура при этом увеличивается точно так же, как и при поглощении избыточной влаги. Отличие конденсации от поглощения состоит, в том, что поглощение - это временный процесс, а конденсация может продолжаться в течение довольно продолжительного времени.

Скрытый теплоперенос во время конденсации может приводить к очень существенным тепловым потерям, желательным или нежелательным. В большинстве случаев накопление влаги рассматривается как недостаток, потому что причиняет неудобства и провоцирует эффект охлаждения после теплового перегрева. При обильной конденсации жидкость может передаваться назад к кожному покрову, чтобы испаряться снова и снова. Этот рабочий цикл функционирует как теплообменник и может значительно уменьшать теплоизоляцию нижнего белья.

Расчет теплоизоляционных характеристик комплекта одежды человека

Теплоизоляция комплекта определяется конструкцией его составляющих (например, куртка, брюки, комбинезон и др.), теплофизическими свойствами материалов, скоростью ветра и интенсивностью движения человека, обуславливающих увеличение его тепловых потерь. Под теплоизоляцией комплекта одежды I_K понимается полное сопротивление переносу теплоты от поверхности тела человека во внешнюю среду (включая материалы одежды, воздушные прослойки между ними и пограничный слой воздуха, прилегающий к наружной поверхности одежды), представляющее собой отношение разности средневзвешенной температуры кожи T_K и температуры окружающей среды T_B к средневзвешенной величине плотности "сухого" теплового потока с поверхности тела q_n . "Сухой" тепловой поток - это тепло-

вой поток, состоящий из одного или более компонентов: кондуктивного $q_{\text{конд}}$, конвективного $q_{\text{конв}}$, радиационного $q_{\text{рад}}$.

Теплоизоляция комплекта одежды, $^{\circ}\text{C}/\text{м}^2/\text{Вт}$:

$$I_K = (T_K - T_B) / q_n, \quad (1)$$

где T_K - средневзвешенная температура кожи, $^{\circ}\text{C}$; T_B - температура окружающей среды; q_n - средневзвешенный тепловой поток, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Величины T_K и q_n представляют собой, соответственно, среднюю температуру кожи и теплового потока, рассчитанные в соответствии с их значениями на отдельных участках и долей их площади по отношению ко всей поверхности тела.

Указанное означает, что для расчета величины теплоизоляции необходимы сведения о допустимых величинах T_K и q_n , а также температуре окружающей среды T_B , при которой предполагается эксплуатировать одежду.

Средневзвешенная температура кожи зависит от уровня энергозатрат человека (q_M , $\text{Вт}/\text{м}^2$) и его теплоощущений (таблица 1).

Таблица 1

Уравнения для определения T_K , $^{\circ}\text{C}$, в целях расчета необходимой теплоизоляции комплекта одежды

Теплоощущение	Формула
комфорт	$T_K = 36,07 - 0,0354 q_M$
прохладно	$T_K = 33,34 - 0,0354 q_M$
холодно	$T_K = 30,06 - 0,0310 q_M$

Теплоизоляция отдельных предметов одежды (головной убор, рукавицы, обувь, костюм и т.д.) определяется из уравнения:

$$I_L = (T_{\text{Л.К.}} - T_B) / q_{\text{Л.П.}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{Л.К.}}$ - температура кожи той или иной области тела (локальная), $^{\circ}\text{C}$; T_B - температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$; $q_{\text{Л.П.}}$ - тепловой поток с поверхности той или иной области тела (локальный), $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Одежда имеет теплоизоляционный эффект в отношении передачи теплоты во внешнюю среду. Чтобы иметь возможность это учитывать, был введен специальный показатель, получивший название «Clo» (сокращение от англ. clothing - одежда). Один «Кло» равен значению термоизоляции, необходимой для поддержания комфорта человека в состоянии отдыха при температуре окружающего воздуха 21°C . Стандартной международной единицей теплоотдачи является не «Кло», а $\text{м}^2\text{K}/\text{Вт}$ (один «Clo» равен $0,155 \text{ м}^2\text{K}/\text{Вт}$). «Кло» - это такая единица, которая соответствует теплоизоляции человека, одетого в стандартный костюм (рубашку, брюки, пиджак и легкое нижнее белье). Широко используется показатель «Clo» Американским инженерно-техническим обществом отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха ASHREA.

В таблице 2 приведены показатели значения «Clo» и степени изоляции основных видов одежды. Показатели являются условными и могут видоизменяться в зависимости от типа материала и комплекта носимой одежды.

Суммарное сопротивление одежды испарению влаги, $\text{м}^2\cdot\text{кПа}/\text{Вт}$, может быть определено из выражения:

$$R_{сум} = R_B + R_{од}, \quad (3)$$

где R_B - сопротивление испарению влаги слоя воздуха, прилегающего к поверхности одежды; $R_{од}$ - сопротивление испарению влаги пакета материалов одежды и воздушных прослоек между ними.

Таблица 2

Показатели термоизоляции различных видов одежды

Вид одежды	м ² К/Вт	Clo
Костюм легкий летний	0,078	0,5
Костюм средней плотности	0,124	0,8
Костюм зимний	0,155	1,0

В том случае, когда для изготовления одежды используются паропроницаемые материалы, расчет потерь теплоты испарением с поверхности тела человека может быть осуществлен по формуле (4):

$$q_{исп.к} = (8,816 + 0,390 q_M) / S - q_{исп.дых}, \quad (4)$$

где S - площадь поверхности тела обнаженного человека, м²; $q_{исп.дых}$ - теплотепери испарением влаги при дыхании, Вт/м².

Однако поскольку в условиях воздействия ветра и в процессе выполнения физической работы теплоизоляция комплекта снижается, то должна быть введена соответствующая поправка в величину I_K , которая определяется в соответствии с формулой (5).

$$C = (0,02B + 2)V + 5, \quad (5)$$

где B - воздухопроницаемость внешнего слоя одежды, измеренная при перепаде давления 49 Па, дм³/м²/с; V - скорость ветра, м/с; C - снижение теплоизоляции, %.

Если, например, предполагается эксплуатировать комплект одежды в климатическом регионе, где наиболее вероятная скорость ветра в зимние месяцы составляет 5,6 м/с, а в качестве внешнего слоя планируется использовать материал, имеющий воздухопроницаемость 10 дм³/м²/с, то теплоизоляция комплекта должна снизиться на 20,3% (формула 5). Должная величина теплоизоляции комплекта в этом случае с учетом поправки на ветер определяется по формуле(6):

$$I_{к.в.} = (I_K 100) / [(100 - (0,07B + 2)V + 5)]. \quad (6)$$

Если комплект одежды предполагается эксплуатировать в условиях воздействия ветра, то величина их теплоизоляции должна быть увеличена в соответствии с формулой (6). Для данного случая величина теплоизоляции комплекта с учетом поправки на ветер, и воздухопроницаемость внешнего слоя, и движение человека ($I_{к.в.}$), при условии сохранения теплового комфорта, должна быть равной 0,572°С м²/Вт, а при допущении указанного выше охлаждения - 0,447°С м²/Вт.

Теплоизоляционные свойства одежды в сидячем положении характеризуются более низкой величиной, чем в положении стоя. Однако в зависимости от энергичности телодвижений теплоизоляция одежды уменьшается значительно, чем в состоянии покоя. Во время ходьбы двигаются как руки, так и ноги, поэтому теплоизоляция одежды сокращается сильнее, чем когда движутся только ноги. В этом случае больших значений достигает сокращение теплоизоляции одежды с плотной набивкой. При ветровой нагрузке больше всего уменьшается теплоизоляция легкой одежды, в меньшей степени этот эффект касается зимней одежды.

Выводы

В настоящее время существует целый ряд стандартов и индексов, позволяющих классифицировать различные типы одежды и ее теплоизоляционные свойства при изменении климатических условий. Почти во всех случаях без исключения они имели дело со стационарными состояниями, в которых климат и условия работы поддерживались достаточно долго, чтобы у человека могла выработаться постоянная температура тела. Теперь этот вид производственной деятельности стал большой редкостью в связи с улучшившимися условиями охраны здоровья и труда. Акцент сдвинулся в сторону реагирования на чрезвычайные обстоятельства, часто связываемые со стратегией поведения в чрезвычайных ситуациях и необходимостью ношения защитной одежды. В результате возникает необходимость разработки динамических моделей, описывающих происходящие внутри защитной одежды процессы теплопереноса и тепловых нагрузок, которые испытывают те, кто ее носит. Такое моделирование может быть осуществлено посредством динамических компьютерных моделей, разработанных по определенной программе. Среди наиболее сложных на сегодняшний день моделей, относящихся к одежде - это THDYN, которая позволяет сочетать технические условия массового производства защитной одежды с индивидуальными характеристиками человека-модели.

Динамические модели на основе физики тепломассопереноса включают все механизмы теплообмена и их взаимодействия с широким набором комплектов специальной защитной одежды, абсорбцию пара, теплоперенос от источников излучения, конденсацию, вентиляцию, влагонакопление, и т.д.

В данной статье выполнен анализ основных закономерностей теплообмена «человек-одежда-окружающая среда», тепло-влажностных свойств тканей и материалов, применяемых для изготовления спецодежды, их паропроницаемости. Предложен алгоритм расчета спецодежды человека, используемый при моделировании его теплообмена с окружающей средой.

Библиографический список

1. Материалы сайта <http://base.safework.ru>
2. **ГОСТ Р 12.4.236-2011 ССБТ.** Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования. – Введ. 2011-05-26. – М.: Стандартинформ, 2011. – 43 с.
3. **МР 11-0 279-09** Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени допустимого пребывания на холоде. – Введ. 2001-10-25. – М., 2001. – 48 с.
4. **Булыгина, С.Г.** Моделирование конвективного теплообмена человека с воздухом производственных помещений ресторанных комплексов / С.Г. Булыгина, О.А. Сотникова // Инженерные системы и сооружения. - 2011. - №2 (5). - С. 55-66.
5. **Булыгина, С.Г.** Моделирование лучистого теплообмена человека с внутренними поверхностями производственных помещений ресторанных комплексов / С.Г. Булыгина, О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов // Инженерные системы и сооружения. - 2011. - №2 (5). - С. 67-73.
6. **Сотникова, О.А.** Моделирование распределения трехмерных стационарных воздушных потоков в помещении / О.А. Сотникова, И.С. Кузнецов, Л.Ю. Гусева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2007. - Т.3. - № 6. - С. 121-123.
7. **Сотникова, О.А.** Математическая модель процессов конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях / О.А. Сотникова, Н.А. Петрикеева, В.С. Турбин // Известия Тульского государственного университета. Строительство, архитектура и реставрация. - 2006. - № 10. - 159 с.
8. **Сотникова, О.А.** Расчет лучистого теплообмена в энергетических установках с вихревыми топочными устройствами / О.А. Сотникова, Д.Б. Кладов // Научный вестник Во-

воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2011. - № 1. - С. 22-28.

9. **Сотникова, К.Н.** Разработка модели синтеза состава традиционных систем теплоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура.-2009. - №3. - С. 25-31.

10. **Сотникова, К.Н.** Повышение эффективности энергосбережения потребителей в системах с нетрадиционными источниками теплоты. Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2009. - Т.5. - № 4. - С.66-71.

11. **Сотникова, К.Н.** Автоматизация процессов управления тепловыми потоками в помещениях / К.Н. Сотникова, А.В. Муратов // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2008. - Т.4. - № 12. - С.48-50.

12. **Сотникова, К.Н.** Разработка алгоритма оптимизации расхода топлива источником теплоты / К.Н. Сотникова, А.С. Бабич, М.А. Кирнова // Инженерные системы и сооружения. - 2009. - № 1 – С.125-131.

References

1. <http://base.safework.ru>
2. State standard (**GOST**) **R 12.4.236-2011 SSBT**. Clothes special for protection against the lowered temperatures. Technical requirements. Moscow, 2011, 43 pp.
3. Methodical recommendations (**MR**) **11-0 279-09**. Methodical recommendations about calculation of a thermal protection of the complete set of individual protection frames working from cooling and time of admissible stay for a cold. Moscow, 2001, 48 pp.
4. **Bulygina, S.G., O.A., Sotnikova.** Modeling of convective heat exchange of the person with air of industrial premises of restaurant complexes. *Engineering systems and constructions*, 2011, N 2 (5), pp. 55-66.
5. **Bulygina, S.G., O.A., Sotnikova, D.M., Chudinov.** Modeling of radiant heat exchange of the person with internal surfaces of industrial premises of restaurant. *Engineering systems and constructions*, 2011, N 2 (5), pp. 67-73.
6. **Sotnikova, O.A., I.S., Kuznetsov, L.Yu., Guseva.** Modeling of distribution of three-dimensional stationary air streams indoors. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2007, Vol.3, N 6, pp. 121-123.
7. **Sotnikova, O.A., N.A., Petrikeeva, V.S., Turbin.** Mathematical model of processes of condensation of water steams on теплообменных. *News of Tula State University. Building, architecture and restoration*, 2006, N 10, p. 159.
8. **Sotnikova, O.A., D.B., Kladov.** Calculation of radiant heat exchange in power installations with vortical top internal devices. *Scientific Herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2011, N 1, pp. 22-28.
9. **Sotnikova, K.N.** Working out of model of synthesis of structure of traditional systems of a heat supply with use of renewed energy sources. *Scientific Herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2009, N 3, pp.25-31.
10. **Sotnikova, K.N.** Increase of efficiency of power savings of consumers in systems with nonconventional sources of warmth. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2009 Vol.5, N 4, pp. 66-71.
11. **Sotnikova, K.N., A.V. Muratov.** Automation of managerial processes by thermal streams in premises. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2008, Vol. 4, N 12, pp.48-50.
12. **Sotnikova, K.N., A.S., Babich, M.A., Kirnova.** Working out of algorithm of optimization of fuel consumption by a warmth source. *Engineering systems and constructions*, 2009, N 1, pp. 125-131.

Ключевые слова: ресторанный комплекс, спецодежда, теплоизоляционные свойства, теплообмен

Keywords: a restaurant complex, overalls, теплоизоляционные properties, heat exchange

УДК 697.956

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

С.Г.Булыгина

Д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

О.А. Сотникова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Ph. D. Student of Dept. of Heat and Gas supply and Oil and Gas Business

S.G. Bulygina

D. Sc. in Engineering, Prof of Dept. of Heat and Gas supply and Oil and Gas Business

O.A. Sotnikova

Russia, Voronezh, ph.: +7 (473) 271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

С.Г. Булыгина, О.А. Сотникова

НОВОЕ И ПЕРСПЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В РЕСТОРАННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Системы вентиляции используются для удаления вредных веществ, скапливающихся в закрытом помещении, и для обеспечения притока свежего воздуха.

В настоящее время рынок вентиляционного оборудования характеризуется практически неограниченным предложением. На нем представлены вентиляционные установки различных конструкций для вентиляции, охлаждения, обогрева.

Данная статья посвящена современному оборудованию: внутрипольным конвекторам, климатическим балкам, комфортным модулям. В статье представлена информация об конструкции, эксплуатации, назначении, особенностям монтажа.

S.G. Bulygina, O.A. Sotnikova

THE NEW AND PERSPECTIVE EQUIPMENT FOR MICROCLIMATE CREATION IN RESTAURANT COMPLEXES

Ventilation systems are used for removal of the harmful substances accumulating indoors, and for maintenance of inflow of fresh air.

Now the market of the ventilating equipment is characterized by almost unlimited offer. Ventilating installations of various designs for ventilation, coolings, heating are presented in it.

Given article is devoted to the modern equipment: inside floor convectors, climatic beams, comfortable modules. In the article information on a design, operation, appointment is presented, to features of installation.

Введение

Рестораны, кафе, столовые, пиццерии и другие предприятия общепита считаются специфическими объектами, в обустройстве которых повышенное внимание уделяется системам вентиляции. Удаление застоявшегося воздуха, табачного дыма и запахов готовящейся на кухне пищи, удаление теплоизбытков, обеспечение комфортного микроклимата для посетителей и сотрудников - вот основные задачи системы вентиляции предприятий общественного питания.

Для ресторана предусматриваются отдельные системы вентиляции для залов и кухни [8,10]. Особенностью объектов общепита является и то, что устройства систем вентиляции

не должны нарушать внутренней архитектуры и дизайна помещений, поэтому профессионально выполненные проекты вентиляции ресторанов и кафе создаются с учетом всех особенностей – от технических и нормативных до оформительских.

Особенность создания системы вентиляции в ресторане заключается в применении двух или более независимых систем вентиляции и кондиционирования в зале для курящих и некурящих посетителей, на кухне, в санузлах, а также в технических помещениях. Эта особенность вытекает из задач, которые решает система вентиляции в данных помещениях. Например, задача вентиляции в зале ресторана – это поддержание комфорта для его посетителей. Основная же задача вентиляции в горячих цехах ресторанов – удалить тепловыделения от печей, плит, а также неприятные запахи. В результате анализа тепло- и влаговыделений от технологического оборудования выбирается мощность вентиляции горячих цехов.

В горячих цехах предусматриваются следующие вентиляционные системы:

- в горячем цехе, где находятся плиты, сковороды, печи – вытяжная вентиляционная система;
- над посудомоечной машиной или в комнате для мойки посуды – независимая вытяжная вентиляция;
- общая вентиляция – приточная и вытяжная вентиляционная система (вытяжная вентиляция может быть объединена с вытяжкой воздуха из горячего цеха).

Принцип осуществления воздухообмена состоит в вытеснении отработанного воздуха в ресторане, насыщенного дымом сигарет и другими неприятными запахами, свежим приточным воздухом (рис.1,2,3).



Рис.1. Через вентиляционные решетки в зале ресторана вытесняется отработанный воздух



Рис.2. Вытяжная вентиляция в горячем цехе ресторана (над печью)



Рис.3. Вентиляционная система в горячем цехе

Для каждого ресторана разрабатывается свой проект систем вентиляции – в зависимости от планировки, площади и назначения помещений. Вентиляция небольшой площади помещения может быть организована путем установки общей приточной системы и двух вытяжных систем, одна из которых предназначена для горячего цеха, а другая – для зала. Даже для вентиляции малой площади вытяжные системы горячего цеха и зала не должны объединяться в одну, так как это вызывает образование конденсата и может способствовать распространению запахов. В небольших точках общепита горячего цеха нередко бывает совмещена с общим залом, и в этом случае системы вентиляции должны предотвращать проникновение горячего воздуха и запахов в зоны, где сидят посетители. Вентиляция ресторана большой площади с несколькими залами обычно проектируется вместе с системами кондиционирования воздуха, для чего предусматривают приточно-вытяжные установки с центральным кондиционером. Для других помещений ресторана требуется отдельная вентиляция: в частности, вытяжная вентиляция для санузлов, помещений для мойки посуды.

При проектировании вентиляции ресторана учитывается количество посетителей и персонала, так как необходимо правильно рассчитать расход воздуха. Согласно существующим стандартам, на одного работника должно расходоваться $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ свежего воздуха, на одного некурящего посетителя – $30 \text{ м}^3/\text{ч}$, а для курящих предусматривается до $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ на че-

ловека. Соответственно, расчет производится на основе количества мест в некурящей и курящей зоне ресторана. Вентиляция кафе и ресторана проектируется с таким расчетом, чтобы скорость воздушных потоков была равномерной по всем направлениям и во всех зонах. Вентиляция ресторанов сложной планировки требует, естественно, более совершенных технических решений, учитывающих конфигурацию пространства, которое может иметь несколько уровней. Для ресторанных залов нередко используется вентиляция вытесняющего типа, при которой чистый воздух подается снизу, а отработанный воздух поднимается наверх.

При создании проекта вентиляции ресторана [3,4] учитывается площадь не только зала, но и горячего цеха. В этом случае для определения требуемой мощности вентиляционных систем необходимо учесть тип и количество кухонного оборудования, регулярность его использования и число работников. В горячем цехе обычно устанавливают приточно-вытяжные вентиляционные устройства с механическим побуждением, отличающиеся мощностью и эффективностью. При этом скорость и интенсивность воздушного потока не должна быть завышенной. Над жаровнями и мангалами предусматриваются специальные вытяжные зонты с фильтрами-жироуловителями для удаления запахов и испарений, выводящие отработанный воздух через воздуховод. Вытяжной воздуховод по нормам устанавливается выше уровня кровли здания.

Вентиляция ресторана предполагает подогрев приточного воздуха, для чего используется горячая вода или электричество. В целях экономии нередко выбирают вентиляционные установки с утилизацией теплоты вытяжного воздуха, хотя из-за больших габаритов вентиляционной установки с рекуператором и особенностей воздухопроводов эти системы применимы не на всех объектах. В любом случае качество воздуха в ресторанах должно быть определяющим, так как от этого зависит число посетителей. Любое снижение мощности оборудования или сокращение количества вентиляционных устройств отражается на микроклимате и, как следствие, на количестве клиентов, поэтому экономия в этом случае обернется еще большими финансовыми потерями.

Новые технологии создания микроклимата

Внутрипольные конвекторы - современные отопительные приборы, могут использоваться для отопления помещений самостоятельно, в комбинации с другими устройствами (радиаторами, теплыми полами, кондиционерами и т.д.), или для охлаждения. Они предупреждают конденсацию водяных паров, проникание холодного воздуха в помещение. Больше всего конвекторы подходят для помещений со значительной площадью остекления и несколькими наружными стенами (в частности, для отдельно стоящих помещений кафе, ресторанов и т.п.). Внутрипольные конвекторы могут реализовывать вентиляцию по принципу вытеснения.

Конструкция внутрипольного конвектора фирмы «Изотерм-ТД-В» показана на рис.4. Корпус конвектора (2) представляет собой установочный короб длиной от 900 до 5100 мм, высотой 110 мм и глубиной 272 мм, изготовленный из оцинкованного стального листа толщиной 1 мм. Внутри корпуса установлен нагревательный элемент (1) с воздухоотводчиком (5), вентилятор (7) с защитным кожухом (8) и клеммная коробка (9). Короб окантован алюминиевым профилем. На корпус укладывается декоративная съёмная решётка (3). Снаружи короба с обеих сторон имеются опоры для его крепления к полу.

Такой встраиваемый в пол конвектор представляет собой короб, выполненный из качественного металла – оцинкованной стали, покрытой черной полимерной краской, или из нержавеющей стали, в который вмонтирован медно-алюминиевый теплообменник, выдерживающий высокое давление центрального отопления. Встраиваемые в пол конвекторы могут также комплектоваться вентиляторами для повышения показателей теплоотдачи. Обычно

такие вентиляторы обладают низкими показателями шума, а также исполняются безопасными для эксплуатации - на напряжение 12 или 24 В.

Ряд отопительных приборов, встраиваемых в пол, называется FAN-COIL (фэн-койлами). Это - климатические приборы, которые не только отапливают в холодное время года, но также способны охлаждать помещение в летнее (теплое) время. Обычно такие встраиваемые в пол конвекторы хорошо справляются с решением проблемы образования конденсата на высоких витражных окнах (в этих приборах предусмотрен отвод лишней влаги с короба). Во время монтажа желоб встраиваемых в пол конвекторов скрывают в конструкции пола. Они погружаются в цементную стяжку ("дают осадку") или же устанавливаются в проемы, организованные в фальшполах. После завершения укладки напольного покрытия видимыми останутся только декоративные решетки, располагаемые заподлицо с чистой поверхностью. Для удобства монтажа встраиваемых в пол конвекторов их желоба оснащены ножками, с помощью которых можно отрегулировать высоту конвектора.

Цвет решетки встраиваемых в пол конвекторов можно подобрать под цвет напольного покрытия, паркетной доски, плитки или других важных элементов внутреннего интерьера дома: обивку мебели, карнизы, цвет обоев, фурнитуры и т.д. Большинство производителей конвекторов предлагают достаточно широкую палитру возможных оттенков окраски решеток, а также фактур и текстур. Изготавливаются решетки, как правило, из алюминия (анодированного в различные оттенки или покрытого полимерной краской, декорированного под дерево или мрамор), натуральных пород дерева (дуб, бук, клен) или нержавеющей стали (для интенсивного использования во влажной среде). Рейки, из которых состоит декоративная решетка конвектора, могут располагаться поперек желоба конвектора. Это так называемая рулонная решетка, сворачиваемая при необходимости обслуживания прибора. Вдоль желоба располагаются перекладины жестких и полужестких алюминиевых решеток (у последних линейные элементы скреплены между собой с помощью специальных гибких пружин, позволяющих четко соблюдать размеры и не утяжелять конструкцию). В последнее время появились декоративные решетки, выполненные из алюминия, жесткие, с поперечным расположением реек. Рейки таких решеток соединены прорезиненной подложкой, которая позволяет предотвращать скрежет «металл о металл» при ходьбе по отопительному конвектору.

Принцип действия внутрипольного конвектора основан на том, что летом конвектор забирает горячий воздух из окружающего пространства вблизи окон или наружных стен, охлаждает его во встроенном теплообменнике и выпускает обратно в помещение. Таким образом, снижается температура на поверхности наружных ограждений и теплопоступления в помещение. В процессе охлаждения часть водяных паров конденсируется, осушение воздуха также способствует тепловому комфорту. В зимнее время конвекторы используются для отопления помещения. Холодный воздух скапливается у окон, всасывается конвектором, где нагревается и поступает обратно в помещение.

Климатическая (охлаждающая) балка - это продукт нового тысячелетия, ставший популярным недавно. Климатическая балка монтируется в подвесной потолок либо вплотную к нему.

Существует два типа климатических балок - пассивная и активная. Пассивная климатическая балка - это устройство охлаждения здания, обеспечивающее циркуляцию воздуха по принципу конвекции. Главное преимущество пассивной охлаждающей балки над более привычными системами принудительной вентиляции заключается в том, что циркуляция воздуха в здании осуществляется, не создавая шума и не требуя затрат на прокладку специальных воздухопроводов и установок кондиционирования воздуха. Климатическая балка, обычно устанавливаемая возле потолка или внутри него, представляет собой разновидность радиатора, охлаждаемого при помощи внешнего источника, такого как обратная вода. Балка охлаждает пространство под собой за счет охлаждения поднимающегося естественным образом теплого воздуха. Охлажденный воздух опускается обратно к полу, и цикл повторяется.

При использовании пассивных охлаждающих балок воздух для вентиляции должен подаваться в здание отдельной приточной установкой.

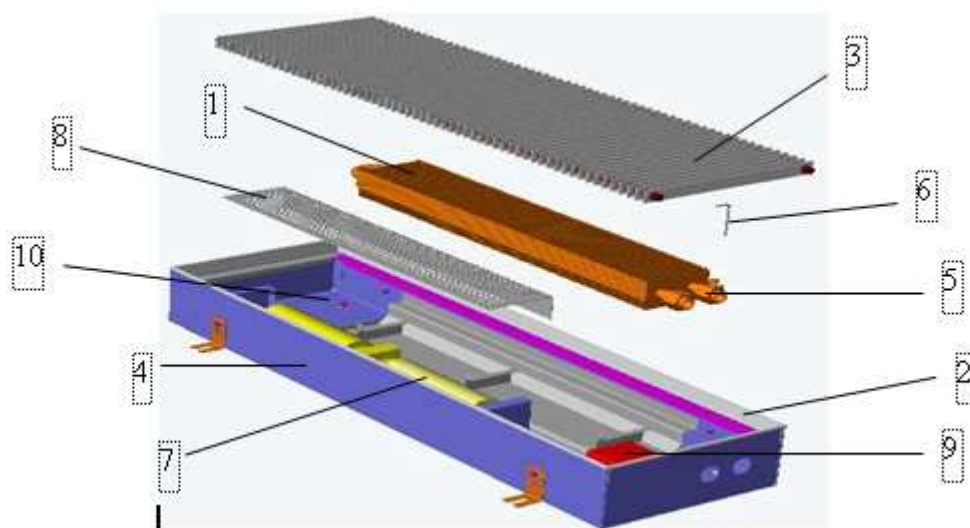


Рис.4. Внутрипольный конвектор фирмы «Изотерм-ТД-В»:
 1 - нагревательный элемент; 2 - корпус; 3 - декоративная решётка;
 4 - опоры для крепления к полу; 5 - воздуховыпускной кран; 6 - ключ для
 воздуховыпускного крана; 7 - вентилятор; 8 - защитный кожух вентилятора;
 9 - клеммная коробка; 10 - упорные установочные винты

При использовании активных климатических балок первичный воздух для вентиляции здания охлаждается и непрерывно подается к активным охлаждающим балкам центральной системой кондиционирования воздуха. Первичный воздух для вентиляции охлаждается для регулирования нагрузок по ощутимым температурам. Вторичный воздух всасывается в активную климатическую балку и охлаждается на охлаждающей поверхности внутри балки. Первичный воздух и всасываемый воздух после этого подаются в помещение через пазы в краях активной климатической балки. Соотношение между первичным и вторичным воздухом равно приблизительно 1:3; это означает, что активные климатические балки имеют в целом гораздо более высокую производительность по охлаждению, чем пассивные охлаждающие балки.

Климатические балки уменьшают потребность в тяжелых воздуховодах и экономят энергию за счет использования естественной циркуляции. Подача холодной воды осуществляется при относительно высоких температурах во избежание осушения воздуха.

В климатических балках существует два типа теплообменников, один из которых представляет собой двухтрубную систему для охлаждения, функция нагрева выполняется при смене режимов. Второй вид теплообменника представляет собой четырехтрубную систему, позволяющую охлаждать или отапливать любое помещение независимо от других.

Функции климатической балки:

- охлаждение;
- вентиляция;
- охлаждение, вентиляция;
- охлаждение, обогрев, вентиляция;
- охлаждение, вентиляция, освещение;
- охлаждение, обогрев, вентиляция, освещение.

Рассмотрим климатическую балку фирмы «Swegon PACIFIC» (рис.5).

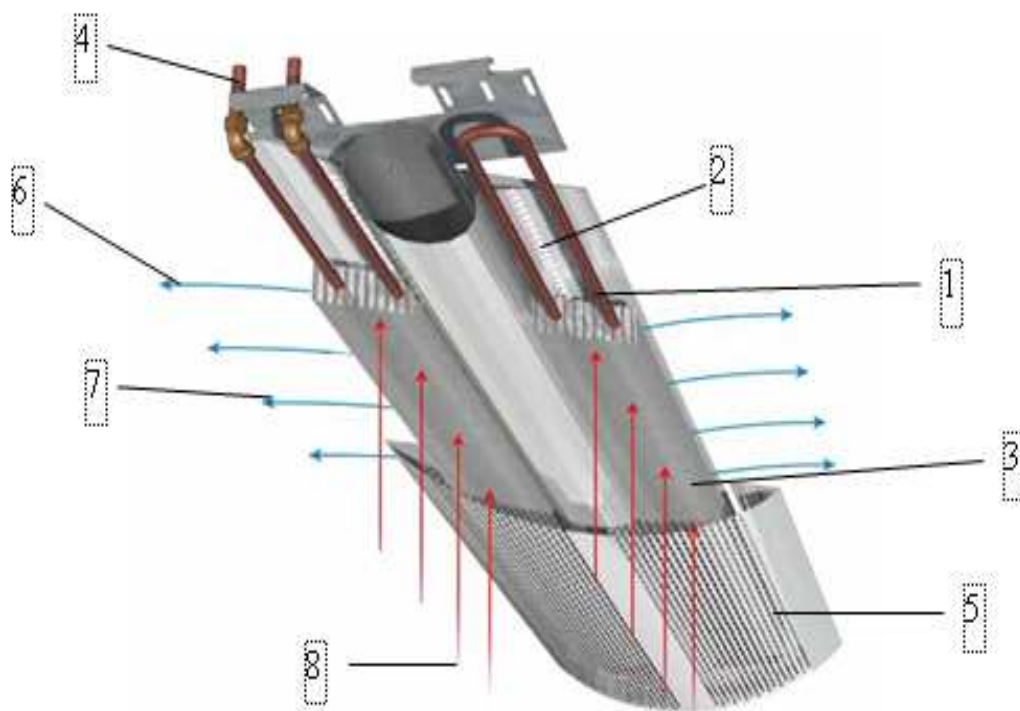


Рис.5. Климатическая балка фирмы «Swegon PACIFIC»:

1- медные трубы; 2 - сопла; 3 - охлаждение батареи; 4 - холодная вода; 5 - съемная крышка;
6 - эффект Коанда; 7 - охлажденный воздух; 8 - теплый воздух в помещении

К примеру, фирма выпускает PACIFIC - это климатические балки с двухсторонним распределением воздуха, побудителем которого является давление, создаваемое подготовленным воздухом центрального вентиляционного агрегата, что обеспечивает малозумность и высокий уровень комфорта климатической системы [2].

PACIFIC работает в сухой системе, то есть не требует отвода конденсата и установки фильтра. Отсутствие фильтра и подвижных компонентов означает минимальную потребность в обслуживании и длительный срок эксплуатации системы.

Климатическая балка PACIFIC работает по принципу эжекции. Подготовленный в вентиляционном агрегате так называемый первичный воздух подается по воздуховодам в камеру аппарата, где создает повышенное давление. Камера снабжена несколькими вставными пластинами с рядом форсунок специальной аэродинамической формы и разного размера, через которые воздух с высокой скоростью выдавливается (принцип эжекции) из аппарата, создавая пониженное давление в пространстве над встроенным в аппарат теплообменником. Это заставляет воздух помещения подсасываться в это пространство, проходя через теплообменник, нагреваясь либо охлаждаясь в нем - в зависимости от потребности.

Охлаждение: автоматика помещения открывает клапан холодной воды, которая, циркулируя по теплообменнику, охлаждает проходящий через него теплый воздух помещения. Охлажденный воздух смешивается с первичным и подается в помещение с coanda-эффектом, обеспечивая комфорт в зоне обслуживания. Эффект Коанда заключается в том, что струя жидкости, вытекающая из сопла, стремится отклониться по направлению к стенке и при определенных условиях прилипает к ней. Это объясняется тем, что боковая стенка препятствует свободному поступлению воздуха с одной стороны струи, создавая вихрь в зоне пониженного давления.

Обогрев: автоматика помещения открывает клапан горячей воды, которая, циркулируя по контуру калорифера, нагревает проходящий через него прохладный воздух помещения. Нагретый воздух смешивается с первичным и подается в помещение аналогично режиму охлаждения. Возможен также обогрев с электрическим калорифером. Принцип работы

балки аналогичен. При отсутствии потребности в теплоте или холоде, рециркуляционный воздух проходит теплообменники без его дополнительной обработки.

Комфортный модуль - это наименование группы комплектующих друг друга комфортных модулей для создания оптимального климатического комфорта в помещении. Тип монтажа: встраиваемый в подвесной потолок. Функции комфортного модуля:

- вентиляция
- вентиляция и охлаждение
- вентиляция, охлаждение и обогрев (вода)
- вентиляция, охлаждение и электрообогрев (ТЭН в теплообменнике).

Примеры технических решений вентиляции ресторанных комплексов

В качестве примера рассмотрим техническое решение, принятое при строительстве ресторана «Марио» (г. Москва) площадью 1100 м², стены которого на 70 % состоят из стекла [1]. Компанией ТРИА КОММ здесь выполнена установка системы приточно-вытяжной вентиляции с обдувом витражных окон. В этом ресторане вентиляция совмещена с системой отопления, то есть происходит отопление теплым воздухом через конвекторы, расположенные в полу вдоль стеклянных окон и дверей. Удаление воздуха осуществляется через стеновые решетки, расположенные под потолком. При этом типе вытесняющей вентиляции приточный воздух не смешивается с загрязненным воздухом в помещении. Приточный воздух вытесняет загрязненный в верхнюю часть помещения из зоны, где находятся люди. Далее загрязненный воздух удаляется.

На рис.6 показан фрагмент интерьера ресторана «Марио», конвекторы под витражными окнами и вентиляционные решетки в верхней зоне зала.

Внутрипольные конвекторы удачно решают проблемы отопления помещений, где установка традиционных приборов затруднена из-за отсутствия места для их размещения (например, при низком остеклении) или нецелесообразна согласно требованиям современного дизайна. Внутрипольные конвекторы монтируются в конструкции пола вдоль окон и стен отапливаемых помещений и подключаются к системам водяного отопления.

Конвекторы позволяют решить проблему отопления помещения с высоким остеклением или витражными окнами. Конвектор предупреждает конденсацию влаги из внутреннего воздуха на стеклах окон и обеспечивает экранирование поступающего снаружи холодного воздуха. Теплые потоки воздуха, выходящие сквозь отверстия декоративной решетки, перекрывают холодные потоки возможных сквозняков. Эти конвекторы могут быть установлены в помещениях с повышенной влажностью. Встраиваемые конвекторы позволяют в каждом помещении поддерживать разный уровень температуры. Автоматическая система управления тепловыми потоками позволяет установить уровень желаемой температуры на разное время суток. Конвекторы могут поддерживать заданный тепловой режим: минимальную температуру ночью и нормативную температуру в дневное время суток. Благодаря регулированию тепловой мощности (скоростью вращения вентилятора) внутрипольные конвекторы способствуют сокращению расхода тепловой энергии. Собственник помещений не переплачивает за ту теплоту, которая не востребована в ночное время, а платит лишь по факту потребления теплоты во время рабочего дня.

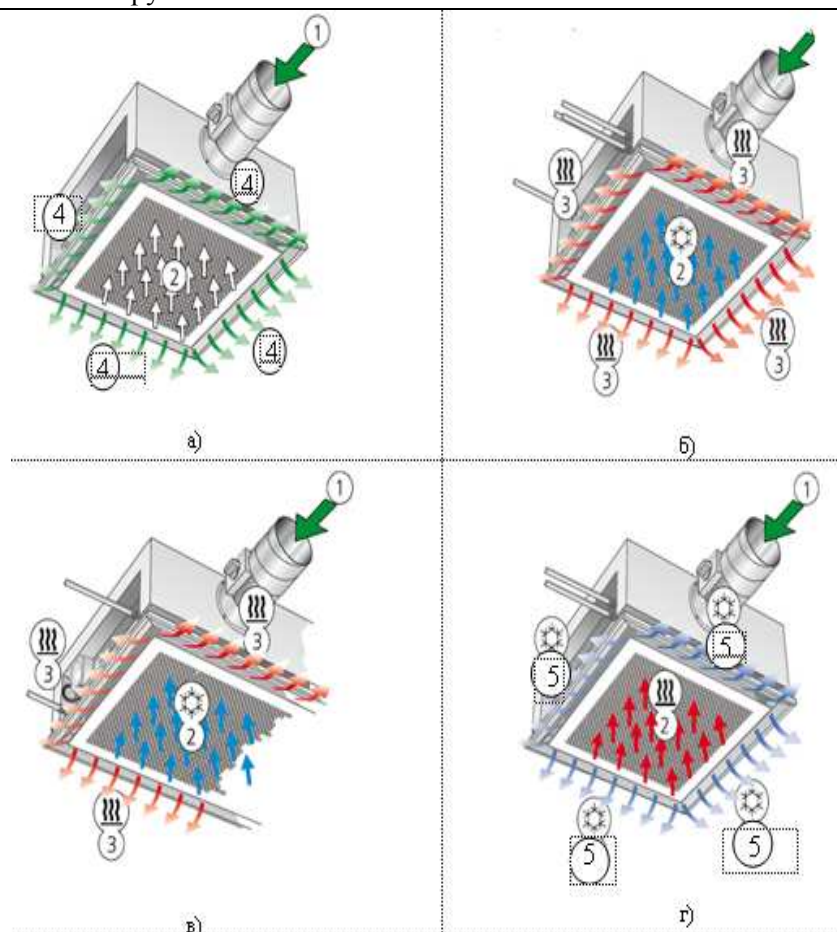


Рис.7. Основные элементы вытесняющей вентиляции ресторана «Марио»

В качестве примера на рис.7 представлен ресторанный комплекс, оборудованный климатическими балками, а на рис.8 – комплекс с установленными в нем комфортными модулями.

Климатическая
балка



Рис.8. Ресторанный комплекс, оборудованный климатическими балками

Комфортный
модуль

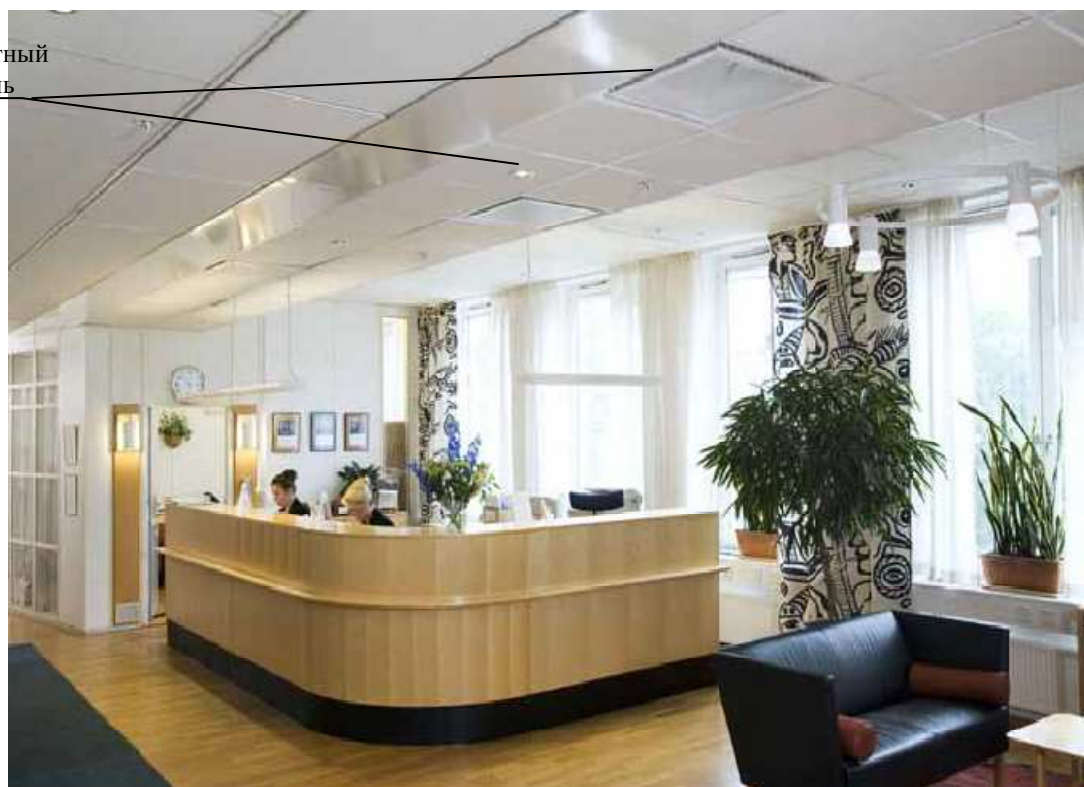


Рис. 9. Ресторанный комплекс, оборудованный комфортными модулями

Вывод

Панорамное остекление помещения (остекление от пола до потолка) давно уже стало таким же частым явлением в современной архитектуре, как и обычные пластиковые окна. При этом возникала проблема, как обогревать помещения в случае применения сплошного остекления, а также как избавиться от образующегося конденсата на стеклах окон большой высоты. Традиционные радиаторы под высокими окнами будут загораживать дневной свет, ухудшать вид внешнего облика здания (с улицы). Кроме того, обычные белые радиаторы плохо гармонируют с современными интерьерами. Для устранения этих недостатков целесообразно обустроить эффективное отопление без ущерба (а возможно, и с пользой) для дизайна с применением встраиваемых в пол конвекторов. Конструкция внутрипольного конвектора позволяет органично вписываться в интерьер любого помещения.

Отсутствие вентиляторов у климатических балок (работа основана на принципе естественной конвекции) позволяет экономить электроэнергию, снизить капитальные и эксплуатационные затраты, а также добиться экономии технического пространства и снижения шума.

Библиографический список

1. Материалы сайта <http://www.tria-komm.ru>
2. Материалы сайта <http://www.lindqst.com/SearchWater.aspx>
3. **Булыгина, С.Г.** Моделирование конвективного теплообмена человека с воздухом производственных помещений ресторанных комплексов / С.Г. Булыгина, О.А. Сотникова // Инженерные системы и сооружения. - 2011. - №2 (5). - С.55-66.
4. **Булыгина, С.Г.** Моделирование лучистого теплообмена человека с внутренними поверхностями производственных помещений ресторанных комплексов / С.Г. Булыгина, О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов // Инженерные системы и сооружения. - 2011. - №2 (5). - С.67-73.
5. **Сотникова, О.А.** Моделирование распределения трехмерных стационарных воздушных потоков в помещении / О.А. Сотникова, И.С. Кузнецов, Л.Ю. Гусева // Вестник Воронежского государственного технологического университета. - 2007. - Т.3. - № 6. - С. 121-123.
6. **Сотникова, О.А.** Применение нетрадиционных возобновляемых источников энергии при решении проблем энергоснабжения и экологической безопасности / О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов, А.И. Колосов // Инженерные системы и сооружения. - 2009. - № 1. - С.80-87.
7. **Сотникова, К.Н.** Автоматизация процесса управления тепловыми потоками в помещениях / К.Н. Сотникова, А.В. Муратов // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2008. - Т. 4. - № 12. - С. 48-50.
8. **Сушко, Е.А.** Разработка методики расчета рациональных режимов систем вентиляции производственных помещений. / Е.А. Сушко, К.Н. Сотникова, С.Л. Карпов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2011. - № 2. - С.143-149.
9. **Потапов, Ю.Б.** Разработка математической модели распространения дымовых газов в начальной стадии пожара / Ю.Б. Потапов, К.А. Скляр, К.Н. Сотникова, С.А. Кончаков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2011. - № 1. - С.136-143.

10. **Сотникова, К.Н.** Автоматизация процесса управления тепловыми потоками в помещениях / К.Н. Сотникова, А.В. Муратов// Инженерные системы и сооружения. - 2009. - № 1. - С.47.

References

1. <http://www.tria-komm.ru>
2. <http://www.lindqst.com/SearchWater.aspx>
3. **Bulygina, S.G., O.A., Sotnikova.** Modeling of convective heat exchange of the person with air of industrial premises of restaurant complexes. *Engineering systems and constructions*, 2011, N 2 (5), pp.55-66.
4. **Bulygina, S.G., O.A., Sotnikova, D.M., Chudinov.** Modeling of radiant heat exchange of the person with internal surfaces of industrial premises of restaurant complexes. *Engineering systems and constructions*, 2011, N 2 (5), pp.67-73.
5. **Sotnikova, O.A., I.S. Kuznetsov, L.Yu. Guseva.** Modeling of distribution of three-dimensional stationary air streams indoors. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2007, Vol.3, N 6, pp.121-123.
6. **Sotnikova, O.A., D.M., Chudinov, A.I., Kolosov.** Application of nonconventional renewed energy sources at the decision of problems of power supply and ecological safety. *Engineering systems and constructions*, 2009, N 1, pp.80-87.
7. **Sotnikova, K.N., A.V., Muratov.** Automation of managerial process by thermal streams in premises. *Scientific Herald of Voronezh State Technical University*, 2008, Vol. 4, N 12, p.48-50.
8. **Sushko, E.A., K.N., Sotnikova, S.L., Karpov.** Working out of a design procedure of rational modes of systems of ventilation of industrial premises. *Scientific Herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2011, N 2, pp.143-149.
9. **Potapov, Yu.B., K.A., Sklyarov, K.N., Sotnikova, S.A., Konchakov.** Working out of mathematical model of distribution of smoke gases in an initial stage of a fire. *Scientific Herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2011, N 1, pp.136-143.
10. **Sotnikova, K.N., A.V., Muratov.** Automation of managerial process by thermal streams in premises. *Engineering systems and constructions*, 2009, N 1, pp.47.

Ключевые слова: комфортный микроклимат, оборудование, энергоэффективность, ресторанные комплексы.

Keywords: comfortable microclimate, equipment, power efficiency, restaurant complexes.

Пожарная и промышленная безопасность

УДК 614.841

*Воронежский государственный архитек-
турно-строительный университет*

*Аспирант кафедры пожарной и промышлен-
ной безопасности И.В. Ситников*

*Аспирант кафедры пожарной и промышлен-
ной безопасности И.А. Шепелев*

*Канд. техн. наук, заведующий кафедрой по-
жарной и промышленной безопасности*

С.А. Колодяжный

*Канд. техн. наук, проф. кафедры пожарной и
промышленной безопасности А.А. Однолько*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-30-00
e-mail: aaodnolko@vgasu.vrn.ru*

*The Voronezh State University of Architecture
and Civil Engineering*

*Ph. D. student of Dept. of Fire and Industrial
Safety I.V. Sitnikov*

*Ph. D. student of Dept. of Fire and Industrial
Safety I.A. Shepelev*

*Ph.D. in Engineering, Head of Dept. of Fire and
Industrial Safety*

S.A. Kolodyazhny

*Ph.D. in Engineering, Prof. of Dept. of Fire and
Industrial Safety A.A. Odnolko*

*Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-30-00
e-mail: aaodnolko@vgasu.vrn.ru*

И.В. Ситников, И.А. Шепелев, С.А. Колодяжный, А.А. Однолько

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОЖАРА, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ БЛОКИРОВАНИЯ ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ ОПАСНЫМИ ФАКТОРАМИ ПОЖАРА

В работе выполнен анализ основных математических моделей пожара, применяемых для расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара. Обсуждены принятые в указанных моделях допущения, а также проблемы практического применения интегральной, зонной и полевой моделей, в частности: учет функционирования вентиляционных систем, процессов газификации горючей жидкости, отношения суммарного теплового потока в ограждающие конструкции к скорости тепловыделения в очаге горения, явлений турбулентности. Предложены пути дальнейшего совершенствования рассматриваемых моделей.

I.V. Sitnikov, I.A. Shepelev, S.A. Kolodyazhny, A.A. Odnolko

ANALYSIS OF THE MATHEMATICAL FIRE MODELS, USED FOR CALCULATION OF THE BLOCKING TIME OF ESCAPE ROUTES BY FIRE HAZARDS

In the given work the analysis of the basic mathematical fire models, used to calculate the time of blocking of escape routes with fire hazards. The assumptions that were made in these models and problems of practical application of an integrated, zone and field models, such as: accounting of operation of ventilation systems, processes of gasification of the combustible liquid, ratio of the total heat flow into the building envelope to the heat release rate at the combustion source, turbulence phenomena are discussed. The ways of further improving of these models are suggested.

Введение

Разработка и совершенствование математических моделей пожара (ММП) представляется актуальным, в частности, в связи с тем, что описание динамики опасных факторов по-

жара (ОФП) в помещениях зданий и сооружений является одной из основных составляющих оценки пожарного риска (ПР) [1].

Применяемые в методике [1] для оценки ПР ММП можно разделить на интегральные, зонные и полевые, большой вклад в развитие которых внесли, в частности, Ю.А. Кошмаров, Ю.С. Зотов, В.М. Астапенко, М.П. Башкирцев, В.А. Пчелинцев, А.М. Рыжов, С.В. Пузач, А.Ю. Снегирёв, С.П. Юн [2, 3, 4, 5, 6].

Анализ интегральных ММП

Данные модели описывают изменение среднеобъемных параметров состояния газовой среды (плотность, температура, концентрация кислорода и продуктов горения, оптическая плотность) во времени при пожаре в помещении. Анализ показывает, что интегральные ММП основаны на законах сохранения массы и энергии. Эти законы выражены в форме основных уравнений задачи и условий единственности решения [2, 3, 4]:
уравнение сохранения массы

$$V \frac{d\rho_m}{d\tau} = \psi + G_B - G_r + G_{пр} - G_{выт} + G_{ов} \quad (1)$$

и уравнение сохранения энергии

$$V \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\rho_m}{k-1} \right) = (\eta Q_H + i_r) \psi + c_{рв} T_B (G_B + G_{пр}) - c_{рк} T_m (G_r + G_{выт}) + c_{ров} T_{ов} G_{ов} - Q_w - Q_r + G_0, \quad (2)$$

где V – свободный объем помещения, m^3 ;

ρ_m – среднеобъемная плотность газовой среды, kg/m^3 ;

ψ – скорость выгорания (скорость газификации), kg/c ;

G_B – расход воздуха, поступающего в помещение через проемы, kg/c ;

G_r – расход газов, уходящих из помещения через проемы, kg/c ;

$G_{пр}$ – массовый расход, создаваемый приточной вентиляцией, kg/c ;

$G_{выт}$ – массовый расход, создаваемый вытяжной вентиляцией, kg/c ;

$G_{ов}$ – массовый расход подачи огнетушащего вещества, kg/c .

В работе [5] отмечалось, что получить аналитическое решение полной неупрощенной системы дифференциальных уравнений пожара, дополненных зависимостями для расчета газообмена помещения с окружающей атмосферой, теплообмена с ограждающими конструкциями, скорости газификации и тепловыделения – не представляется возможным. Упрощенная система дифференциальных уравнений была названа решением первого приближения для дифференциальных уравнений пожара [4], в дальнейшем она получила название интегральной математической модели начальной стадии пожара [1]. Отметим, что аналитическое решение системы дифференциальных уравнений описывает начальную стадию пожара при его свободном развитии и не учитывает работы инженерных и противопожарных систем [7]. Система указанных уравнений выражена следующими зависимостями:

по повышенной температуре

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3)$$

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (4)$$

по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (5)$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

$$t_{кр}^{m.z} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (6)$$

где A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг/сⁿ;

B – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;

n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг м⁻³ ($X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³).

Переход от сложной системы дифференциальных уравнений к аналитическим зависимостям, позволяющим определить время блокирования путей эвакуации ОФП, был осуществлен за счет ряда допущений, объективно снижающих точность результатов:

– после возгорания в помещение не поступает извне свежий воздух, а наблюдается лишь выталкивание газов через проемы под действием избыточного давления, создаваемого пожаром [2];

– для случая горения розливов горючих жидкостей (ГЖ) принимается, что скорость газификации в течение всей начальной стадии развития пожара не изменяется, т.е. остается постоянной [2];

– отношение суммарного теплового потока в ограждающие конструкции к скорости тепловыделения в очаге горения есть величина постоянная в течение всего интервала времени, равного критической продолжительности пожара (КПП).

Также в работах [3, 7, 8, 9] предложены зависимости, позволяющие более точно учитывать массопотоки, создаваемые общеобменной аварийной и местной вентиляции при описании термогазодинамических процессов пожара и расчете пожарного риска.

Анализ зонных ММП

Данные модели предложены в работе [10]. В них была предпринята попытка устранить один из недостатков интегральных ММП, заключающийся в том, что эти модели описывают изменение среднеобъемных параметров во всем помещении. В зонных моделях помещение делится на верхнюю, нижнюю зоны и зону конвективной колонки, для каждой из этих зон составляется интегральная ММП. Расчет, выполненный для каждой зоны отдельно, должен быть более точным, чем для всего помещения. На рис.1 показано изменение значения среднеобъемной температуры верхней зоны, полученное с помощью программного комплекса Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (CFAST), реализующего зонную ММП [10]. Область конвективной колонки характерна тем, что доминирующую роль в движении газа играют Архимедовы силы, возникшие вследствие различия температур между холодными и горячими газами.

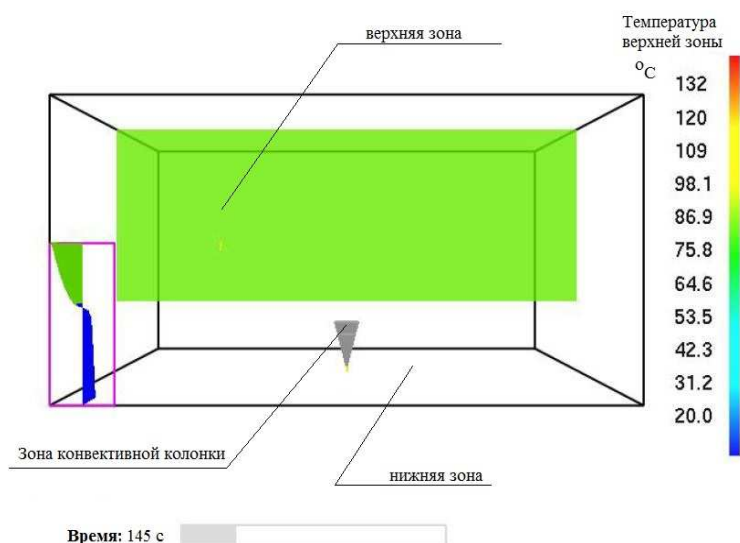


Рис. 1. Визуализация результатов расчета среднеобъемной температура верхней зоны, полученного с помощью программного комплекса CFAST, реализующего зонную ММП

Так как зонные ММП являются совокупностью интегральных ММП для каждой зоны, на которые поделен весь объем помещения, то им присущи те же допущения, что и для интегральных ММП, которые не могут не снижать точности результатов расчета:

- скорость газификации ГЖ принята постоянной величиной, значение которой принимается как для случая установившегося горения [2];
- не учитываются влияние массовых потоков, создаваемых системами аварийной вентиляции и дымоудаления на геометрическую форму, и термодинамические характеристики газовой среды зоны конвективной колонки;
- отношение суммарного теплового потока в ограждающие конструкции к скорости тепловыделения в очаге горения принято величиной постоянной в течение всего интервала времени, равного критической продолжительности пожара;
- не учитывается влияние функционирования вентиляционных систем, изменения скорости газификации, изменения отношения теплового потока в ограждения к скорости тепловыделения в очаге горения на интервалах до и после срабатывания систем пожарной сигнализации.

Анализ полевых ММП

Полевые модели основываются на использовании уравнений механики сплошных сред,

а также уравнений, выражающих закон сохранения массы, импульса, энергии и масс компонентов в рассматриваемом малом контрольном объеме:

уравнение сохранения массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \cdot u_j) = 0 \quad (7)$$

уравнение сохранения импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \cdot u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \cdot u_j \cdot u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho \cdot g_i \quad (8)$$

уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \cdot h) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \cdot u_j \cdot h) = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\lambda}{c_p} \cdot \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial q_j^R}{\partial x_j} \quad (9)$$

где ρ – плотность, кг/м³;

t – время, с;

u – скорость, м/с;

p – динамическое давление, Па;

τ_{ij} – тензор вязких напряжений;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h – удельная массовая энтальпия смеси, Дж/кг;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

c_p – удельная массовая изобарная теплоемкость, Дж/(кг·К);

$\dot{q}_j^R$ – радиационный поток энергии в направлении x_j .

Эти системы уравнений описывают изменение во времени плотности, температуры и состава газовой среды в каждой точке пространства внутри помещения, что показано на рис. 2. Для замыкания системы уравнений (7-9) используется уравнение состояния идеального газа. Для смеси газов оно имеет следующий вид:

$$p = \rho R_0 T \sum_k \frac{Y_k}{M_k} \quad (10)$$

где R_0 – универсальная газовая постоянная Дж/(кг·К);

T – термодинамическая (абсолютная) температура, К;

Y_k – массовая концентрация k -го компонента смеси, кг/кг;

M_k – молярная масса k -го компонента.

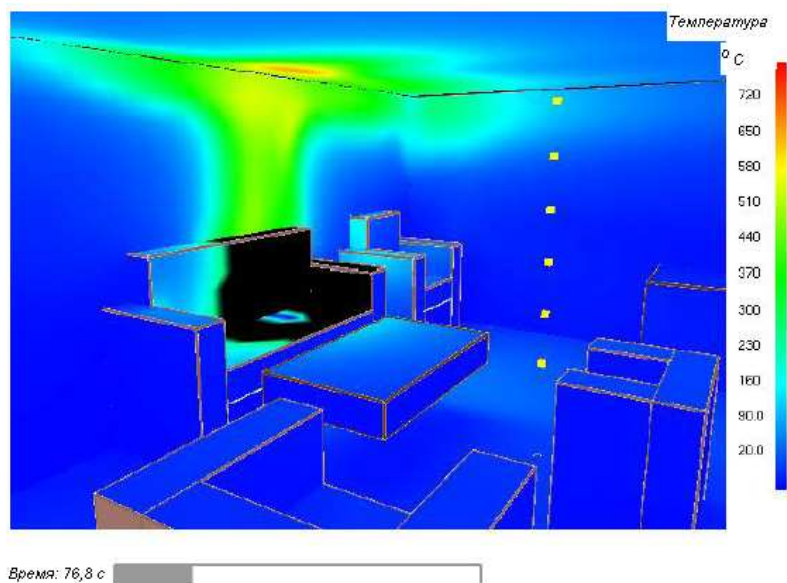


Рис. 2. Распределение полей температуры газовой среды, рассчитанной с помощью полевой ММП и визуализированных в программном комплексе FDS

Как показывает анализ источников, основной проблемой полевых ММП является недостаточная изученность явления турбулентности. Известные варианты турбулентности моделей К-ε и К-ω далеки от универсальности. Отмечается, что попытки найти более универсальную модель турбулентности зашли в тупик [11]. Кроме этого, недостаточно изучены процессы выгорания ГЖ (процессы газификации), которые существенным образом влияют на процессы формирования концентрационных и температурных полей. В свою очередь изменение скорости газификации ГЖ существенным образом зависит от их свойств, объема помещения и массопотоков, создаваемых принудительной вентиляцией.

Выводы

В ходе выполнения данной работы выполнен анализ основных математических моделей пожара, применяемых для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Проанализированы основные допущения, принятые при реализации рассмотренных математических моделей пожара и проблемы их применения. Интегральная и зонная математическая модель пожара не учитывают влияние функционирования вентиляционных систем, изменения скорости газификации, изменения отношения теплового потока в ограждения к скорости тепловыделения в очаге горения на интервалах до и после срабатывания систем пожарной сигнализации.

Для совершенствования рассмотренных математических моделей пожара необходимо получить новые зависимости входных параметров задачи с учетом работы инженерных и противопожарных систем. Для этого необходимы дополнительные экспериментальные исследования с использованием физического моделирования частных случаев, где проблемным представляется составление критериального уравнения с учетом турбулентных процессов, присущих пожару в помещении.

Библиографический список

1. **Методика** определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. – Введ. 2009-06-30. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 71 с.
2. **Кошмаров, Ю.А.** Развитие пожара в помещении. Горение и проблемы тушения пожаров / Ю.А. Кошмаров // Сб. науч. тр. ВНИИПО МВД СССР. – Вып. 5. – М., 1955. – С. 31–45.
3. **Однолько, А.А.** Определение величины пожарного риска в производственном помещении с выделением горючих жидкостей и газов / А.А. Однолько, И.В. Ситников// Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2011. – № 3 (23). – С. 125–133.
4. **Кошмаров, Ю.А.** Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара / Ю.А. Кошмаров, В.В. Рубцов. – М.: МИПБ МВД России, 1999. – 89 с.
5. **Моделирование пожаров и взрывов** / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 482 с.
6. **Однолько, А.А.** Проблемы применения математических моделей, определяющих время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара при расчете пожарного риска / А.А. Однолько, И.В. Ситников // Научный журнал Инженерные системы и сооружения. Воронеж: ВГАСУ. – 2010. – № 1(2). – С. 185 – 191.

7. **Колодяжный, С.А.** Зависимость качества воздуха помещений от концентрации взрывоопасных веществ на открытых производственных площадях / С.А. Колодяжный, Н.А. Старцева // Каучук и резина. -. 2002. - № 2. – С. 33.
8. **Колодяжный, С.А.** Влияние кратности воздухообмена на распределение вредных веществ / Колодяжный С.А., Полосин И.И., Старцева Н.А. // Научный журнал Каучук и резина. Москва. – 2008. - № 2. – С. 36.
9. **Startseva, N.A.** Fire safety in designing pump stations and compressor houses / Startseva N.A., Kolodyazhny S.A. *Scientific herald of Voronezh state university of architecture and civil engineering. Construction. Architecture. Transport*, 2008, N 2, pp. 155.
10. **Волянин, Е.** Влияние конвективной колонки на распределение давления и на положение плоскости равных давлений / Е. Волянин// Противопожарная техника и безопасность. – М.: ВИПТИШ, 1981.– С. 40–46.
11. **Пузач, С.В.** Математическое моделирование газодинамики и теплообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – 150 с.

References

1. **Technique** for determination of the calculated values of fire risk in buildings, structures and buildings of various classes of functional fire hazard. Moscow, 71 pp.
2. **Koshmarov, Y.A.** The development of a fire in the room. The problems of burning and quenching of fire. *Herald of scientific issues of VNIPO MVD USSR*, Vol. 5, Moscow, 1955, pp. 31 – 45.
3. **Odnolko, A.A., I.V., Sitnikov.** Determination of the fire risk in the production room with the release of flammable liquids and gases. *Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*, 2011, N 3, pp. 125–133.
4. **Koshmarov Y.A., V.V., Rubtsov.** Processes of increase of the hazards of fire in industrial buildings and the calculation of the critical duration of fires. Moscow, 1999, 89 pp.
5. Simulation of fires and explosions / Edited by N.N. Brushlinsky and A.Y. Korolchenko. Moscow, 2000, 482 pp.
6. **Odnolko, A.A., I.V. Sitnikov.** Problems of mathematical models application that determine the time of blocking escape routes of fire hazards in the calculation of fire risk. *Engineering systems and constructions*, Voronezh, 2010, N 1, pp. 185 – 191.
7. **Kolodyazhny, S.A., N.A., Startseva.** Dependence of the indoor quality of air from concentrations of hazardous substances on open industrial platforms. *Rubber*, Moscow, 2002, N 2. pp. 33.
8. **Kolodyazhny, S.A., I.I., Polosin, N.A., Startseva.** Effect of air exchanges in the distribution of hazardous substances. *Rubber*, Moscow, 2008, N 2, pp. 36.
9. **Startseva, N.A., S.A., Kolodyazhny.** Fire safety in designing of pump stations and compressor houses. *Scientific herald of Voronezh state university of architecture and civil engineering. Construction. Architecture. Transport*, 2008, N 2, pp. 155.
10. **Volyanin, E.** The effect of the convective column on the pressure distribution and the position of the equal pressure plane. *Fire and safety equipment*, 1981, pp. 40 – 46.
11. **Puzach, S.V.** Mathematical modeling of gas dynamics and heat transfer in solving fire and explosion tasks. Moscow, 2002, 150 pp.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожарный риск, математическая модель, теплообмен, термодинамический процесс, противопожарная система, время эвакуации

Keywords: fire safety, fire risk, mathematical model, heat and mass transfer, thermal and gas dynamic process, fire protection system, the time required to escape.

УДК 699.81

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Аспирант кафедры пожарной и промышленной безопасности М.В.Паршин

Магистрант кафедры пожарной и промышленной безопасности А.П.Паршина

Студент факультета инженерных систем и сооружений А.О. Старцев

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

The Voronezh State University

of Architecture and Civil Engineering

Ph.D. student of Dept. of Fire and Industrial Safety M.V. Parshin

Master of Dept. of Fire and Industrial Safety A.P. Parshina

Student of Faculty of Engineering Systems and Constructions A.O. Startsev

Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21

e-mail: vgasupb@mail.ru

М.В. Паршин, А.П. Паршина, А.О. Старцев

АНАЛИЗ РАБОТЫ АВАРИЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В работе рассматривается целесообразность включения аварийной вентиляции при значениях концентрации вредных веществ, равных предельно допустимым, а также приведена методика расчета допустимого времени снижения концентрации вредных веществ до предельно допустимой.

M.V. Parshin, A.P. Parshina, A.O. Startsev

THE ANALYSIS OF WORK OF EMERGENCY VENTILATION ON THE MANUFACTURE

The expediency of inclusion of emergency ventilation is considered at values of concentration of harmful substances that are equal to maximum permissible. Also the design procedure of admissible time of decrease of concentration of harmful substances to maximum permissible is resulted.

Введение

Согласно справочным данным [1] противопожарными требованиями установлено, что системы аварийной вентиляции, их производительность и категория надежности электропитания должны проектироваться по технологическим требованиям для тех помещений с производствами категорий А, Б и Е, в которых возможно внезапное поступление в воздух больших количеств взрывоопасных веществ или токсичных вредных веществ в результате нарушения технологического процесса. Назначение аварийной вентиляции – предотвратить повышение концентраций взрывоопасных или токсичных вредных веществ выше предельно допустимых путем интенсивного проветривания помещений.

Для помещений, в которых могут выделяться аварийные количества взрывоопасных газов и паров, следует устанавливать автоматические газоанализаторы, которые при наличии в помещении концентрации, достигающей 20% нижнего предела взрываемости, автоматически включают системы аварийной вентиляции.

Контроль параметров, отклонение которых от нормы может привести к аварии, должен производиться сигнализирующими устройствами.

Таким образом, обеспечивается своевременное автоматическое и ручное включение аварийной вытяжной вентиляции при превышении предельно допустимых концентраций вредных веществ.

В СП 7.13130.2009 [2] отмечается, что аварийную вентиляцию следует предусматривать в соответствии с требованиями технологической части проекта, учитывая несовместимость по времени аварии технологического и вентиляционного оборудования. Если в технологических требованиях отсутствуют расчеты или указания о необходимом воздухообмене, то производительность следует назначать так, чтобы аварийная вентиляция совместно с основной обеспечивала в помещении не менее восьми обменов воздуха в 1 час по внутреннему объему помещения, за исключением насосных и компрессорных станций производств категории А, Б и Е, в которых 8-кратный аварийный воздухообмен должен быть обеспечен в дополнение к воздухообмену, создаваемому системами основной вентиляции (местной и общеобменной).

Расход воздуха для аварийной вентиляции следует принимать по данным технологической части проекта.

Определение производительности аварийной вентиляции

Расчет производительности проводится исходя из допустимого времени снижения концентрации до предельно допустимой, которое определяется по формуле [3]

$$\tau = \frac{\ln[(m-1)/(n-1)]}{0,434 \cdot K_{pa}}, \quad (1)$$

где $m = \frac{G_a}{G_n}$ - отношение количества вредных веществ, выделяющихся при аварии к количеству их при нормальном технологическом процессе;

$n = K_{pa}/K_{pn}$ - отношение суммарной кратности воздухообмена при нормальной работе и аварийной вентиляции к кратности при нормальной работе. Формула (1) применима при $n < m$.

Формула (1) может быть представлена в следующем виде [4,5]

$$\tau = \frac{V_{ном}}{L_y} \cdot \ln \frac{q_n - q_0 + \frac{G_{вр}}{L_y}}{q_n - q + \frac{G_{вр}}{L_y}}, \quad (2)$$

где $V_{ном}$ - объем помещения, м³;

L_y - производительность вытяжных систем вентиляции;

q_n - концентрация вредных веществ в приточном воздухе;

q_0 - максимальная концентрация вредных веществ в помещении при аварии;

q - предельно допустимая концентрация;

$G_{вр}$ - выделение вредных веществ в момент аварии.

Введем безразмерные параметры:

$$\bar{q} = \frac{q - q_n}{q_0 - q_n}, \quad \bar{\tau} = \frac{\tau \cdot G_{вр}}{V_{ном} \cdot (q_0 - q_n)}, \quad \bar{L} = \frac{G_{вр}}{L_y \cdot (q_0 - q_n)}.$$

Уравнение (2) можно преобразовать к виду

$$\tau = -\bar{L} \cdot \ln \frac{\bar{q} - \bar{L}}{1 - \bar{L}}, \quad (3)$$

и воспользоваться номограммой (см. рис.) [4,6] для определения производительности аварийной вытяжной вентиляции.

Анализ экспериментальных данных для определения параметров работы аварийной вентиляции

Были проведены натурные обследования ряда насосных и компрессорных цехов заводов СК с целью установления режима работы аварийной вентиляции. В ходе исследования выяснилось, что в одних случаях аварийная вентиляция работала постоянно совместно с общеобменной вентиляцией, в других не включалась практически ни разу. Установлено, что сигнализаторы включения аварийной вентиляции были настроены, как правило, на 30% нижнего предела взрываемости перекачиваемого продукта. Полученные данные приведены в таблице.

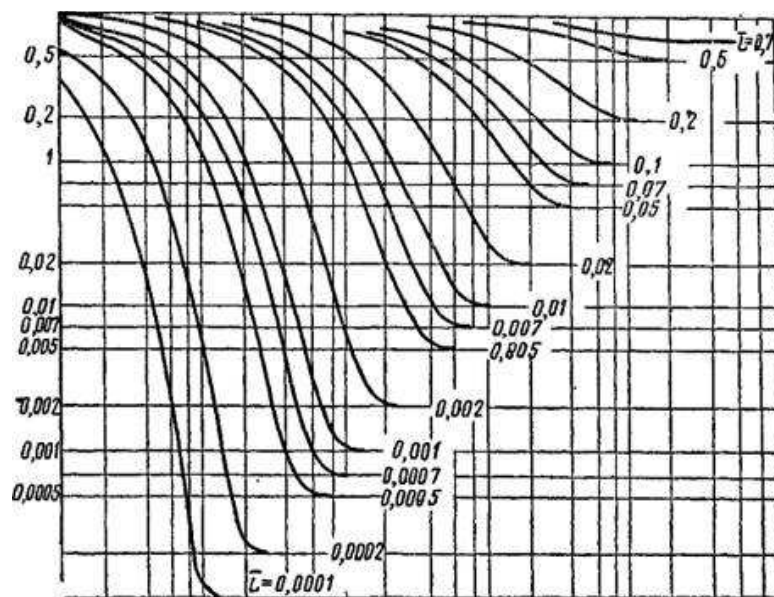


Рисунок. Номограмма для расчета воздухообмена аварийной вентиляции

Таблица

Результаты натурных обследований аварийной вентиляции

№	Производство	Цех	Работа аварийной вентиляции	Кратность воздухообмена аварийной вентиляции, в 1 ч.
1	Изопрена из изопентена	Насосная Компрессорная	Не работала Не работала	- -
2	Изопрена Стерлитамакский завод СК	Насосная Н-1 Насосная Н-2 Компрессорная	Не работала Работала постоянно Работала постоянно	- 30 18
3	Дивинила Куйбышевский завод СК	Насосная Д-1 Компрессорная Д-3-5 Насосная Д-3	Не работала Работала постоянно Работала постоянно	- 34 13,9
4	Дивинила Сумгаитский завод СК	Насосная Д-8 Насосная Д-2 Компрессорная Д-35	Не работала Не работала Работала постоянно	- - 13
5	Производство СКД Ефремовский завод СК	Насосная ДК-3 Насосная цех 62 Компрессорная цех 64	Не работала Не работала Не работала	- - -
6	Омский завод СК	Насосная Д-4 Насосная Д-8 Компрессорная Д-3-5	Работала постоянно Не работала Не работала	18 - -

Выводы

Исходя из анализа результатов исследования был сделан вывод, что представляется целесообразным предусматривать включение аварийной вентиляции при значениях концентрации вредных веществ, равных предельно допустимым. Такое решение позволит при меньшей кратности воздухообмена систем местной и общеобменной вентиляции, чем это требуется в СП 7.13130.2009 [2], добиться концентрации вредных веществ в рабочей зоне цехов, не превышающей предельно допустимых значений.

Библиографический список

1. **Богословский, В.Н.** Внутренние санитарно-технические устройств. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / В. Н. Богословский, И. А. Шепелев, В. М. Эльтерман [и др.]; отв. ред. И. Г. Староверов.- М.: Стройиздат, 1978. - 509 с.
2. **СП 7.13130.2009.** Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. – Введ. 2009-03-25. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России. – 2009. – 30 с.
3. **Эльтерман, В. М.** Вентиляция химических производств / В.М. Эльтерман. - М.: Химия, 1980. - 288 с.
4. **Богословский, В.Н.** Отопление и вентиляция. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция/ В.Н. Богословский. - М.: Стройиздат, 1976. - 439 с.
5. **Потапов, Ю.Б.** Разработка математической модели распространения дымовых газов в начальной стадии пожара / Ю.Б. Потапов, К.Н. Сотникова, К.А. Скляр, С.А. Кончаков // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2011. - №1 (21). – С. 136-143.
6. **Сушко, Е.А.** Разработка методики расчета рациональных режимов систем вентиляции производственных помещений / Е.А. Сушко, К.Н. Сотникова, С.Л. Карпов // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2011. - №2 (22). - С. 143-149.

References

1. **Bogoslovsky, V.N., I.A., Shepelev, V.M., Elterman.** Internal sanitary-engineering devices. In 2 parts. Part 2. Ventilation and air conditioning. Moscow, 1978, 509 pp.
2. **Set of rules 7.13130.2009.** Heating, ventilation and air-conditioning. Fire-prevention requirements. – Moscow, 2009, 30 pp.
3. **Elterman, V.M.** Ventilation of chemical enterprises. Moscow, 1980, 288 pp.
4. **Bogoslovsky, V.N.** Heating and ventilation. In 2 parts. Part 2. Ventilation. Moscow, 1976, 439 pp.
5. **Potapov, Ju.B., K.N., Sotnikova, K.A., Sklyarov, S.A., Konchakov.** Working out of mathematical model of distribution of smoke gases in an initial stage of a fire. *Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2011, N 1, pp. 136-143.
6. **Sushko, E.A., K.N., Sotnikova, S.L., Karpov.** Working out of a design procedure of rational modes of systems of ventilation of industrial premises. *Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture*, 2011, N 3, pp. 143-149.

Ключевые слова: противопожарные требования, аварийная вентиляция, производительность вентиляции, концентрация.

Keywords: fire-prevention requirements, emergency ventilation, productivity of ventilation, concentration.

**Проектирование и строительство дорог, метрополитенов,
аэродромов, мостов и транспортных тоннелей**

УДК 624.21.008.6

*Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
проектирования автомобильных дорог
и мостов В.Г. Ерёмин
Аспирант кафедры проектирования
автомобильных дорог и мостов
Као Ван Лам
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)276-83-91
e-mail: caolamx3@gmail.com*

*The Voronezh State University of Architecture
and Civil Engineering
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of
Design of Automobile Roads and Bridges
V.G. Eremin
Ph.D. Student of Dept. of Design of Automobile
Roads and Bridges
Cao Van Lam
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)276-83-91
e-mail: caolamx3@gmail.com*

В.Г. Ерёмин, Као Ван Лам

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ МОСТОВЫХ
СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОСТОЯННОГО МОНИТОРИНГА**

Обобщен опыт использования результатов постоянного мониторинга при эксплуатации мостовых сооружений на отдельном участке автомагистрали М-6 «Каспий». Приводятся примеры по использованию результатов мониторинга при назначении профилактических работ, при обосновании проведения планово-предупредительных работ, ремонтов, реконструкции и контроле качества подрядными организациями.

V.G. Eremin, Cao Van Lam

**PERFECTION OF MANAGEMENT OF THE CONDITION
OF BRIDGE CONSTRUCTIONS ON THE BASIS OF CONSTANT MONITORING**

Summary compiled of the results of continuous monitoring of operations on bridges in a separate section of the M-6 "Caspian". The examples of the use of monitoring results in the appointment of maintenance work, the justification for scheduled preventive work, repairs, reconstruction, maintenance and quality control of contractors.

Введение

В последние годы значительно повысилось внимание к техническому состоянию и уровню содержания мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог РФ. Важным звеном в этой работе является постоянный мониторинг технического состояния мостовых сооружений. При управлении содержанием мостовых сооружений важной задачей является перспективное планирование проведения планово-предупредительных работ (ППР), ремонтов и реконструкции. Начиная с 2006 года, управтодором «Каспий» осуществляется постоянный независимый мониторинг технического состояния за счет средств, выделяемых

на весенний и осенний осмотры мостовых сооружений. К данной работе привлечены преподаватели и аспиранты кафедры проектирования автомобильных дорог и мостов Воронежского государственного архитектурно-строительного университета (Воронежский ГАСУ).

Совершенствование управлением технического состояния мостовых сооружений рассматривается для участка км 192 + 320 – км 686 + 185 магистрали М-6 «КАСПИЙ».

Мониторинг технического состояния мостовых сооружений

Магистральная федеральная автомобильная дорога М-6 "Каспий" Москва - Волгоград-Астрахань имеет протяженность 1383 км. Дорога проходит по территории Московской, Рязанской, Тамбовской, Воронежской, Волгоградской, Астраханской области и Калмыкии. На участке км 192 + 320 – км 686 + 185 магистрали М-6 «КАСПИЙ» эксплуатируется 41 железобетонное мостовое сооружение протяженностью около 2973,39 м, в том числе 26 мостов, протяженностью 2105,06 м и 15 путепроводов, протяженностью 868,33 м. В основном это средние мосты в количестве 35 сооружений; остальные - большие мосты, имеющие длину более 100 м. В общем числе железобетонных пролетных строений большая часть представляет собой ребристые конструкции с ненапрягаемой арматурой по типовому проекту 56д. С плитными пролетными строениями 16 мостов, 2 моста рамные, остальные балочные с напрягаемой арматурой и пролетами свыше 21 м. Из рассматриваемых сооружений со сроком службы 35-40 лет 39 мостовых сооружений и только 2 моста со сроком службы 11 и 16 лет. Мосты постройки 60х – 70х годов были отремонтированы или реконструированы с целью обеспечения нормативной грузоподъемности и соответствия современным или близкими к современным требованиям по габариту. Большинство конструкций пролетных строений изменены на температурно-неразрезные пролетные строения. Опоры этих сооружений выполнены по типовым пролетам, применяемым при проектировании и строительстве мостовых сооружений в 70 годах прошлого столетия. Они представлены свайными, стоечными, столбчатыми, массивными опорами и опорами-стенками. Опоры путепроводов стоечные и свайные.

Техническое состояние мостовых сооружений, в соответствии требованиями ВСН 4-81(90) [2], оценивается по трем показателям:

- безопасности движения и пропускной способности;
- грузоподъемности;
- долговечности.

С позиции пропускной способности состояние на сегодняшний день официально оценивается только по величине габарита. В качестве требуемого (достаточного) габарита принимаются значения, приведенные в СНиП 2.05.03-84* [1] с учетом допустимого снижения ширины полосы безопасности. На период постройки начала 70 годов требуемый габарит составлял 8 м – две полосы по 3,5 м и полосы безопасности по 0,5 м. При ремонтах в 90 годах габарит большинства сооружений был доведен до 9 и 9,5 м. – 29 мостовых сооружений. Сопоставляя требуемый и фактический габариты, можно отметить следующие особенности. В настоящее время магистральная дорога М-6 относится ко II технической категории, соответственно габарит должен быть равным 11,5 м. Однако интенсивность движения на данном участке магистрали колеблется от 7000 до 9500 тыс. автомобилей в сутки, что соответствует интенсивности дорог I технической категории. Поэтому габарит 11,5 м является явно недостаточным, а сооружения с габаритом в 9-9,5 м следует отнести к сооружениям повышенной опасности.

Следует заметить, что существенную роль на безопасность движения оказывают ограждения безопасности. Большинство сооружений на данном участке имеют ограждения барьерного, парапетного и комбинированного типов высотой до 0,75 м, и только лишь менее 25 % имеют конструкцию ограждений, соответствующую современным требованиям (высота 1,1 м, шаг стоек 2,0-2,5 м).

Оценка по грузоподъемности в меньшей степени страдает субъективностью. Имеет место позитивная тенденция к уменьшению на дороге числа мостов со старыми проектными нагрузками. Большинство мостовых сооружений запроектированы и построены под нагрузки Н-30 (А11) и НК-80 и только три сооружения под нагрузки Н-18 и НК-80. Паспортизация, проводимая в 2000-2006 г., выполнялась с расчетом грузоподъемности и показала, что все мостовые сооружения отвечают требованиям пропуска нагрузок А11 и НК-80.

Оценка состояния по показателю долговечности, выполняемая в соответствии с ВСН 4-81(90) [2], также не является на сегодня объективным показателем. В частности, субъективно (на основании личного опыта обследователя) оцениваются:

- наличие дефектов, снижающих срок службы сооружений или их несущих конструкций (качественная оценка);
- количество элементов с дефектами;
- распространенность дефектов.

Оценка состояния мостовых сооружений на основе постоянного мониторинга

В настоящее время отсутствуют официально принятые на федеральном уровне критерии оценки долговечности, а оценка такая крайне необходима, поскольку без нее невозможно правильно спланировать работу на будущее. Сегодня оценку по остаточному сроку службы, то есть по долговечности, все, кто осматривают мостовые сооружения, дают, опираясь только на свой личный опыт. Такая оценка часто зависит от квалификации специалистов, осуществляющих диагностические обследования. Поэтому очень важным фактором при оценке сооружения по критерию долговечности является квалификация, независимость и объективность экспертов. Такого положения можно достичь при долговременном независимом мониторинге мостовых сооружений, выполняемых одними и теми же специалистами.

Динамика оценки состояния мостовых сооружений участке магистрали «Каспий», по результатам мониторинга представлена на диаграмме рис. 1.

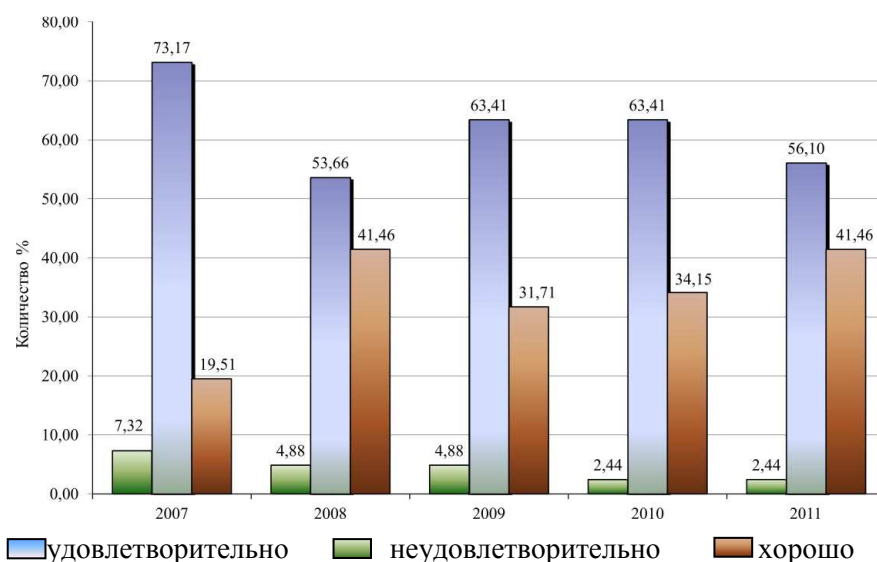
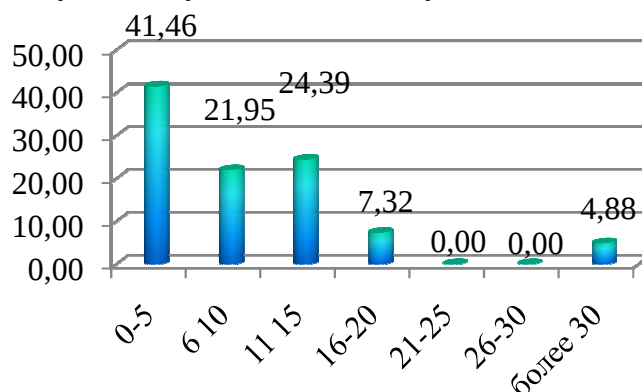


Рис. 1. Состояния мостов на М-6 (км 192 + 320 – км 686 + 185)

Видно, что на обследуемом участке с 2007 по 2011 года количество мостов с состоянием «неудовлетворительно» уменьшилось с 7,32 % до 2,44 %. Также произошло уменьшение количества мостов с оценкой «удовлетворительно» до 56 %, свыше 40 % мостовых сооружений имеют оценку «хорошо» [4].

На рис.2 приведены данные, характеризующие продолжительность эксплуатации железобетонных мостовых сооружений на участке М6 «Каспий» без текущего ремонта, ППР, капитального ремонта.

Следует отметить, что наблюдаются отдельные сооружения со сроком службы без ремонта, ППР, капитального ремонта более 20 лет (5 % от общего числа), из них половина имеет неудовлетворительную оценку по техническому состоянию.



Время эксплуатации без ремонта, ППР, капитального ремонта

Рис. 2. Количество (в процентах) эксплуатируемых мостовых сооружений в зависимости от срока службы на М-6 (км 192 + 320 – км 686 + 185)

Организация постоянного мониторинга мостовых сооружений в управтодоре «Каспий» понимается как контроль и управление состоянием сооружения с целью обеспечения надежной его эксплуатации в течение заданного срока службы [3]. В общем случае мониторинг должен быть организован на всех этапах существования мостового сооружения:

- на этапе проектирования он включает обоснованный выбор места мостового перехода, конструктивной схемы моста, выбор материалов, правильность конструктивных решений элементов, расчета напряженно-деформированного состояния, обоснованную оценку региональных геологических и климатических условий, выбор средств защиты от агрессивного воздействия среды при эксплуатации;
- на этапе изготовления сооружения он включает соблюдение проектных решений по технологии изготовления и монтажа, а при невозможности точного следования проекту - обоснованность замены одного технологического решения другим;
- на этапе эксплуатации - диагностика состояния сооружения, оценка грузоподъемности и остаточного ресурса, принятие и осуществление рекомендаций по ремонту и реконструкции или замене объекта.

Управление состоянием мостовых сооружений на основе постоянного мониторинга

Пятилетний опыт взаимодействия управтодора «Каспий» и Воронежского ГАСУ по осуществлению независимого диагностического мониторинга за состоянием мостовых сооружений позволил выработать определенную систему этой работы и сделать некоторые обобщающие выводы.

1. Отделом мостов и искусственных сооружений управтодора «Каспий» выработаны определенные организационные формы по проведению диагностического мониторинга. Работа проводится на основании договоров, заключенных между эксплуатирующими подрядными организациями (получившими подряд на содержание мостовых сооружений на основе конкурсов) и Воронежским ГАСУ. Финансирование производится за счет средств, предусмотренных на проведение периодических осмотров (весенних и осенних). Проведение диагностических обследований сотрудниками кафедры проектирования автомобильных дорог и мостов Воронежского ГАСУ осуществляется два раза в год: после окончания паводка и перед зимней эксплуатацией. Научно-технические отчеты предоставляются по группе мосто-

вых сооружений, закрепленных за эксплуатацией организацией, в мае и ноябре каждого года в трех экземплярах на бумажных носителях и один экземпляр в электронной версии.

В научно-техническом отчете на каждое мостовое сооружение представляется материал состояний из трех разделов: техническая характеристика сооружения, ведомость дефектов с указанием размеров и подтверждающими фотографиями, оценка технического состояния и рекомендации по проведению ремонтных работ и особенностям эксплуатации. В случае обнаружения дефектов, способных привести к аварийной ситуации, сотрудники Воронежским ГАСУ до составления отчета информируют об этом официальным письмом управтодор «Каспий». Научно-технические отчеты являются основой для обоснования проведения ремонтных работ на следующий год, а для порядных организаций для планирования и определения объемов работ по содержанию.

Основой мониторинга является объективность оценки технического состояния и выработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации мостового сооружения.

2. Двухразовая годичная диагностика позволяет обращать особое внимание на развитие опасных дефектов и своевременно ставить вопрос о принятии определенных мер, по устранению их, а также о проведении ремонтных работ. На основании данных мониторинга на данном участке магистрали выполнены ремонты мостов через реку Проня, Челновая, Малая Липовица, Сухой Карачан, Лопаток, путепроводов через железную дорогу на км 395 +800, км 664 +150, км 665 +900, путепроводов через автомобильные дороги км 208 +230, км 607 +745, км 628 +260. В настоящее время на основании мониторинга принимается решение о реконструкции моста через р. Лесной Воронеж, ремонте проезжей части моста через р. Хопер, ремонте путепроводов на км 192 +320, км 349 +038, км 396+780.

3. Результаты мониторинга позволяют назначать работы по текущему содержанию эксплуатирующей организации. Для управляющей организации (Управтодора) данные мониторинга позволяют планировать профилактические (сверхнормативные) ремонтные работы, а по результатам осенней диагностики давать оценку уровня содержания и учитывать деятельность эксплуатирующих организаций при проведении очередных конкурсов на подрядные работы.

4. Длительные наблюдения за объектами позволяют установить характер образования и развития дефектов для последующего долгосрочного планирования ремонтов и реконструкции.

Внедрение независимого диагностического мониторинга в управтодоре «Каспий» позволило более обоснованно планировать ремонтные работы, снизить количество мостовых сооружений, имеющих неудовлетворительную оценку, повысить уровень содержания.

Опыт проведения работ на мостовых сооружениях управтодора «Каспий» предполагает в дальнейшем развивать систему независимого диагностического мониторинга, которая должна включать:

- системный анализ условий и факторов, определяющих сопротивляемость конструкций мостового сооружения разрушению с учётом различных стадий их жизненного цикла;
- создание компьютерных банков данных по типу конструкций мостовых сооружений, по материалам и их свойствам с учётом региональных условий их эксплуатации и специфики воздействия внешней среды;
- создание регламентов мониторинга – определение периодичности диагностики материалов по исходному состоянию, по изменению свойств при эксплуатации, по оценке напряженно - деформированного состояния и грузоподъемности;
- разработку математических моделей, адекватно описывающих процессы эксплуатации мостового сооружения и позволяющих прогнозировать живучесть сооружения по показателям прочности, трещиностойкости, усталости, а также по функциональным характеристикам;
- разработку мер обеспечения надежности конструкции на основании результатов многофакторной комплексной оценки её состояния, включающей прогнозирование служебных характеристик и допустимого срока эксплуатации объекта при данном его состоянии, а также разработку ремонтно - профилактических мер и рекомендаций по повышению надежности объекта на стадии эксплуатации.

1. Постоянный независимый мониторинг позволяет совершенствовать методы управления содержанием мостовых сооружений за счет данных по реальному техническому состоянию каждого объекта, вследствие повышения уровня обоснованности проведения реконструкции или ремонта, по своевременному назначению профилактических работ, развитию системы контроля за выполнением нормативных работ содержания.

2. Диагностический мониторинг обеспечивает наблюдение за развитием наиболее опасных дефектов конструкций мостовых сооружений, позволяет своевременно реагировать на изменения в техническом состоянии, не допуская создания аварийной ситуации.

3. Постоянный диагностический мониторинг на конкретном участке автомагистрали М-6 «Каспий» способствовал повышению уровня содержания мостовых сооружений и обеспечил улучшение общего технического состояния, за счет своевременного назначения ремонтных работ.

Библиографический список

1. **СНиП 2.05.03-84***. Мосты и трубы/ Минстрой России. – М.: ГП ЦПИ, 1996. – 717с.
2. **ВСН 4-81(90)**. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах /Минавтодор РСФСР. - М.: Транспорт, 1990. – 35 с.
3. **Овчинников, И.Г.** Управление эксплуатацией мостовых сооружений/ И.Г. Овчинников, И.Д. Козлов. – Саратов: СГТУ, 1998. – 89 с.
4. **Еремин, В.Г.** Использование результатов мониторинга при управлении содержанием мостовых сооружений и оценке развития дефектов конструкций/ В.Г. Еремин, И.В. Ладыженский, А.В. Ерёмин, Као Ван Лам// Сборник «Дороги и мосты». – 2011. – Вып. 26/2. – С. 212 – 230.
5. **Концепция улучшения состояния мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России (на период 2002-2010 гг.)**. - М.: ГСДХ России (Росавтодор), 2002. – 45с.
6. **Шестериков, В.И.** Оценка и прогнозирование состояния мостов на автомобильных дорогах в системе управления их эксплуатацией : дис. ...д-ра. техн. наук/ В.И. Шестериков. - Москва, 2004. – 330 с.

References

1. **Building Norms and Rules (SNiP) 2.05.03-84***. Bridges and pipes / Ministry of Construction of Russia. - M.: GP CIPs, 1996. – 717 pp.
2. **Departmental construction norms (VSN) 4-81 (90)**. Instructions for the inspection of bridges and pipes on automotive roads. Moscow, 1990, 35 pp.
3. **Ovchinnikov, I.G., I.D., Kozlov**. Manage the operation of bridges. Saratov SACU, 1998, 89 pp.
4. **Eremin, V.G., I.V., Ladyzhenskiy, A.V., Eremin, Cao Van Lam**. Use of monitoring results for maintenance management of bridge structures and defects development evaluation in constructions, Roads and Bridges, 2011, Iss. 26/2, Vol. 4, pp. 212– 230.
5. **The concept of improving the condition of bridges in the federal automotive network of roads in Russia (2002-2010)**. Moscow, 2002, 45 pp.
6. **Shesterikov, V.I.** Evaluation and forecasting of the conditions of bridges on the automotive roads in the system of managing of their usage. D.Sc. thesis. Moscow, 2004, 45 pp.

Ключевые слова: состояния мостовых сооружений, эксплуатация, управление, мониторинг

Keywords: condition of bridges, operation, management, monitoring

Технология и организация строительства

УДК 69.001.5

*Воронежский государственный архитек-
турно-строительный университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
теплогазоснабжения и нефтегазового дела
К.Н. Сотникова*

*Ассистент кафедры теплогазоснабжения
и нефтегазового дела Н.В. Колосова*

*Магистрант кафедры теплогазоснабжения
и нефтегазового дела А.П. Толмачев*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-53-21
e-mail: kolossn@yandex.ru*

*The Voronezh State University of Architecture
and Civil Engineering*

*Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of
Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business
K.N. Sotnikova*

*Ph. D. Student of Dept. of Heat and Gas Supply
and Oil and Gas Business N.V. Kolosova*

*Master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil
and Gas Business A.P. Tolmachev*

*Russia, Voronezh, ph.: +7(473) 271-53-21
e-mail: kolossn@yandex.ru*

К.Н. Сотникова, Н.В. Колосова, А.П. Толмачев

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ «ЗЕЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

Повышение требований к качеству принимаемых решений и экономическая ответственность за результаты определяют необходимость применения консультативно - справочных и оптимизирующих систем. Анализ мирового опыта показывает, что при разработке систем поддержки принятия решений наиболее перспективным является применение технологии экспертных систем (ЭС). В рамках данной работы были сформулированы основные принципы построения ЭС «Реконструкция зданий», направленной на комплексное обследование зданий и формирование рекомендаций по их реконструкции с учетом требований, предъявляемых стандартами «зеленого строительства».

K.N. Sotnikova, N.V. Kolosova, A.P. Tolmachev

EXPERT SYSTEM OF DECISION-MAKING FOR RECONSTRUCTION OF BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT PRINCIPLES OF «GREEN BUILDING»

Increase of requirements to quality of accepted decisions and economic responsibility for results define the necessity of application of advisory-help and optimizing systems. The analysis of world experience shows that by system engineering of support of decision-making by the most perspective is application of technology of expert systems (ES). Within the limits of the given work main principles of construction of ES «Reconstruction of buildings» have been formulated, this ES is directed on complex inspection of buildings and formation of recommendations about their reconstruction taking into account the requirements shown by standards of «green building».

Введение

«Зеленое Строительство» – это комплексное знание, структурируемое стандартами проектирования и строительства. Уровень его развития напрямую зависит от достижений

науки и технологии, от активности промышленных инженеров и от сознания обществом экологических принципов.

Регламентировать устойчивый подход в строительстве, оценить степень соответствия зданий исходным принципам призваны Зеленые стандарты.

Зеленые стандарты призваны ускорить переход от традиционного проектирования и строительства зданий и сооружений к устойчивому, которое базируется на следующих принципах:

- безопасность и благоприятные здоровые условия жизнедеятельности человека;
- ограничение негативного воздействия на окружающую среду;
- учет интересов будущих поколений.

Разработка и внедрение стандартов «Зеленого Строительства» стимулирует бизнес, развитие инновационных технологий, экономику, улучшает качество жизни общества и состояние окружающей среды.

Они являются инструментом разумной экономики – сохраняют денежные средства на всех этапах и способствуют интеграции в мировой тренд, являются ключом к зарубежным инвестициям и признанию на мировом уровне.

Затраты на комплексные «Зеленые» мероприятия в рамках девелопмента и строительства не велики при довольно ощутимой экономии на последующей эксплуатации и общем повышении уровня качества зданий и внутреннего комфорта [1].

Строительство или реконструкция жилого фонда с учетом энергетических и экологических требований, а также повышение качества, надежности и снижение трудоемкости производства строительных работ является актуальной проблемой. В настоящее время основной объем по планированию строительства и контролю за состоянием зданий и сооружений составляют рутинные циклически повторяющиеся задачи с необходимостью обработки и документирования больших объемов информации. Повышение требований к качеству принимаемых решений и экономическая ответственность за результаты определяют необходимость применения консультативно-справочных и оптимизирующих систем.

Решение задач строительства является сложным процессом, состоящим из ряда последовательных шагов, и в целом включает слабо формализованные (неформализованные) и хорошо формализованные этапы сложной многоуровневой задачи поддержки принятия решений.

Анализ мирового опыта показывает, что при разработке систем поддержки принятия решений наиболее перспективным является применение технологии экспертных систем (ЭС). Все существующие ЭС ориентированы на решение определенного круга задач в узкой предметной области и не могут быть применены для решения близких, но не предусмотренных при их создании, проблем [2]. Даже для задач, входящих в "компетенцию" ЭС, точный диагноз и нахождение оптимального решения возможны только в случае, если аналогичная ситуация была предусмотрена при создании ее базы знаний [3,4]. Попытка уточнить базу знаний (БЗ) в процессе эксплуатации или расширить круг решаемых проблем приводят к изменению "логического строя" БЗ и, как следствие, к необходимости переработки всего программного комплекса.

Основы проектирования универсальных ЭС

Особенностью задач ремонтно-строительного производства является их слабая формализация. Поэтому основными составляющими разработки являются логические блоки, формализующие знания экспертов, и модули, доводящие эти знания до алгоритмических процедур.

В ЭС модули для решения слабоформализованных логических задач являются модулями высшего уровня. Результат решения задачи высшего уровня является "сигналом" к инициализации одного или нескольких модулей низшего уровня, каждый из которых решает

хорошо формализованную задачу. В то же время, не исключено, что любой из модулей низшего уровня в свою очередь может иметь двухуровневую структуру.

Таким образом, архитектура проектируемой универсальной гибридной ЭС включает в себя:

- многоуровневую информационную базу знаний;
- многоуровневую базу данных;
- многоуровневую базу фактов;
- множество модулей, которые решают логические задачи, используя соответствующие уровни баз (результаты решения задач этого уровня управляют модулями низшего уровня);
- множество программных модулей формализованных процедур (расчетные модули - низшие уровни системы);
- координацию - пакет программ для решения задач расчета элементов "конструкции решений", использующих для своей работы необходимые разделы базы знаний.

Результаты решения задач низшего уровня используются модулями высшего уровня для оценки "качества" решения (обратная связь). В процессе работы для каждого этапа процесса принятия решения выбирается конкретный метод на основании требований, предъявляемых к классу ситуаций. Конкретный алгоритм принятия решений формируется в процессе взаимодействия системы логического вывода ЭС с информацией, накапливаемой в базе знаний (в банке эвристических правил или в критериях оптимальности) и эвристики, присущей эксперту - пользователю системы. Причем пространство поиска оптимального решения зависит от степени формализации задачи: для хорошо формализованных задач пространство поиска однозначно определяется базой знаний (банком моделей или критериями оптимальности); для неформализованных (слабоформализованных) задач пространство поиска во многом зависит от степени проработки эвристических правил и "эвристики" пользователя. Предусматривается возможность взаимного "человеко-машинного" обучения: эксперт обучает систему (путем уточнения эвристических правил или критериев оптимальности); система обучает пользователей, проводя расчеты и объясняя полученные результаты.

Проектируемая ЭС является новым подходом к проблеме оценки технического состояния и оптимизации планирования капитального ремонта (реконструкции). Экспертная система разрабатывается с целью обеспечения рациональной структуры работ по технической подготовке ремонтно-строительного производства, снижения трудозатрат, уменьшения длительности и улучшения качества выполнения работ и, тем самым, повышения остаточного срока службы и надежности зданий без увеличения затрат на их ремонт или реконструкцию.

Экспертные системы - это сложные программы, которые используют накопленные знания с целью отыскания удовлетворительного решения определенной задачи в реальных условиях. Основу экспертной системы составляет база знаний (БЗ), которая закладывается во время ее разработки и может уточняться и расширяться при использовании. Главным отличием ЭС от программных комплексов и диалоговых систем является полная доступность всей информации по данной проблеме, автоматизированный ее поиск и анализ, а также решение проблемы не только по вводимым данным, но и с учетом всей имеющейся информации в БЗ и в архиве системы. Для этого ЭС содержат: компоненту решающую проблему и компоненту поддержки. Компонента поддержки помогает пользователю взаимодействовать с главной программой и включает в себя удобные для него средства ввода информации, редактирования, анализа, контроля и т.д. Эти средства позволяют решать задачи, входящие в "компетенцию" ЭС любому человеку - даже не обладающему достаточными знаниями по данной проблеме и не имеющему навыков работы с компьютером. Работа осуществляется по технологии меню и подсказок, пользуясь которыми можно провести все расчеты, проанализировать реальную ситуацию, а также осуществить модификацию и расширение БЗ и архива системы [5].

ЭС "Реконструкция зданий" - это открытая база знаний и постоянно обновляющийся справочник наилучших стратегий и методов, используемых персоналом, для решения конкретных задач по оценке реального состояния и оптимизации ремонта (реконструкции) зданий. При разработке экспертной системы принята концепция единого подхода ко всем проблемам, возникающим при оценке реального состояния, планировании и проведении ремонта (реконструкции) зданий. ЭС "Реконструкция зданий" строится по иерархической структуре независимых экспертных систем и программно - аппаратных комплексов. Каждая ЭС решает одну или несколько технологических задач, связанных с диагностикой состояния или оптимизацией реконструкции (капитального ремонта) зданий. Каждая ЭС решает свою задачу полностью. Решив задачу, ЭС запоминает результаты в архиве и по требованию пользователя или ЭС более высокого уровня выдает их в удобной для анализа форме. Общая структурная схема ЭС "Реконструкция зданий" приведена на рис.1.

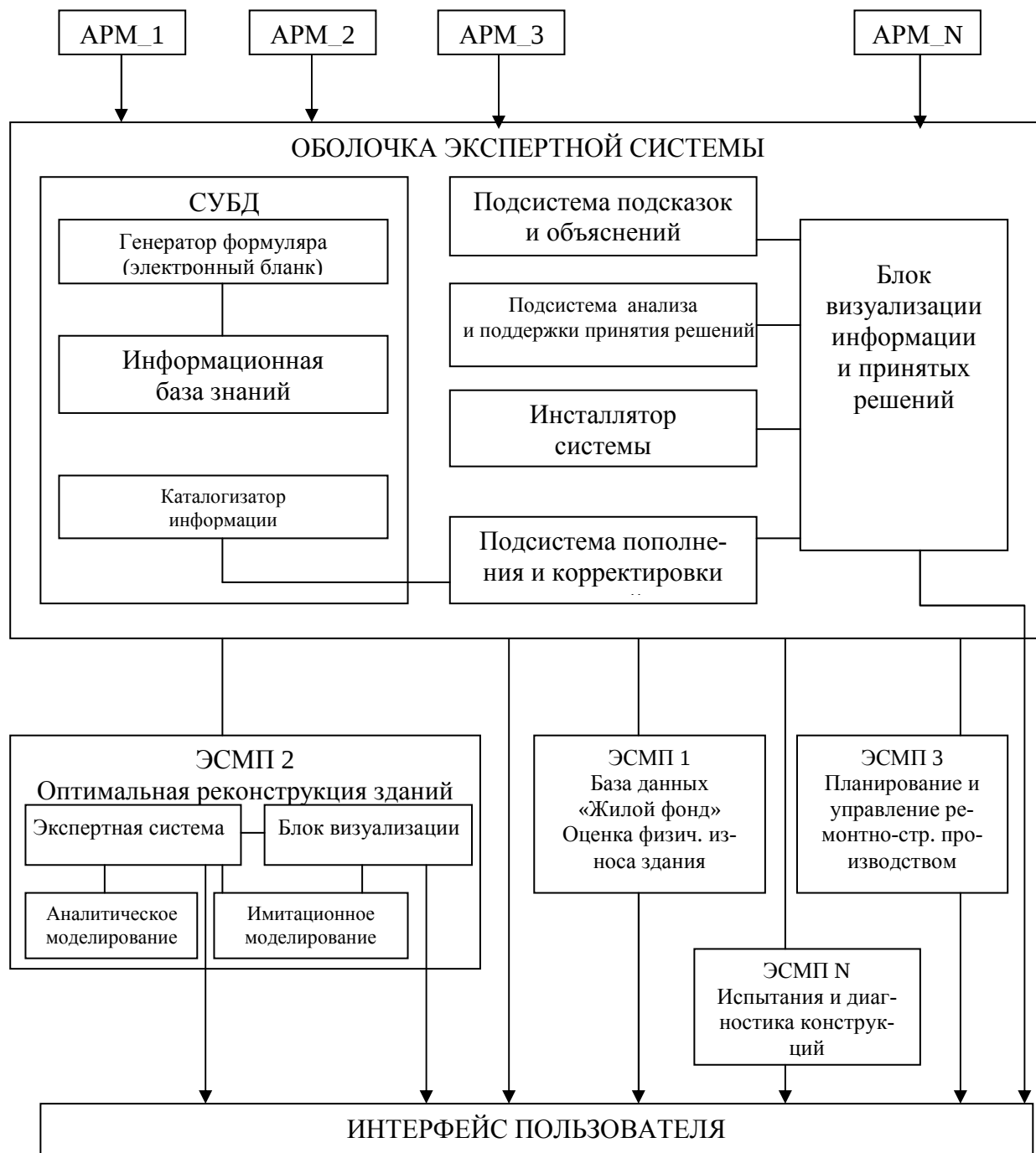


Рис.1. Структурная схема экспертной системы диагностики и ремонта (реконструкции) зданий (ЭС "Реконструкция зданий")

Интерпретирующие ЭС - нижний уровень системы

Нижним уровнем ЭС "Реконструкция зданий" являются интерпретирующие экспертные системы, которые используют информацию от датчиков или опосредованно через экспертов-операторов контролируют реальную ситуацию. Интерпретирующие ЭС имеют дело как с непосредственными реальными данными, так и с четким символьным представлением проблемной ситуации. Они сталкиваются с затруднениями, которых нет у систем других типов, потому что им приходится обрабатывать информацию неполную, ненадежную или ошибочную. Им необходимы специальные методы регистрации параметров, обеспечивающие достаточную точность и достоверность представляемой информации. При этом обычные статистические методы часто неприменимы из-за недостаточности информации.

Интерпретирующие ЭС позволяют провести предварительный анализ измеряемых параметров по заданным алгоритмам, исключить ошибочные замеры или суждения, сжать информацию и предоставить ее для дальнейшего анализа в удобной форме. При анализе достоверности и принятии решения используются знания накапливаемые в базе фактов ЭС о контролируемых процессах или специальные алгоритмы цифровой фильтрации. Анализ достоверности основан на допуск-контроле и проверке непротиворечивости информации. Для уточнения характеристик (суждений) или данных могут быть использованы методы математической статистики и алгоритмы идентификации.

Примером интерпретирующей ЭС первого уровня может служить разрабатываемый программный комплекс - База данных "Жилой фонд". База данных "Жилой фонд" предназначена для фиксации конструктивных особенностей всех систем здания и произошедших в результате эксплуатации изменений в отдельных его элементах. Дефектация проводится в диалоге с экспертом-оператором путем заполнения специальных форм и выбора требуемой информации из таблиц, входящих базу фактов ЭС. Физический износ каждого элемента здания определяется путем натурного обследования и выбора характерных признаков в соответствующих таблицах. Уточнение физического износа проводится при анализе процентного отношения дефектных участков к общей поверхности конструктивного элемента и фиксируется ЭС после диалога с экспертом.

Анализ достоверности основан на допуск-контроле. При натурном обследовании могут быть использованы сведения о ранее проведенных обследованиях с уточнением необходимой информации. Для этого предусмотрен специальный режим копирования требуемой информации.

ЭС предоставляет различные сервисные средства облегчающие работу с имеющейся информацией, например: сортировка и выбор информации по маскам, помощь к каждому разделу и т.д. Вся собираемая в базе данных информация по запросам пользователей или ЭС более высокого уровня может быть предоставлена в удобной для анализа форме.

Экспертная система оценки состояния и оптимизации реконструкции зданий. Постановка задачи и методы ее решения

Второй уровень ЭС "Реконструкция зданий" - это ЭС занятые планированием и оптимизацией проведения ремонта (реконструкции) здания. Они определяют вид и последовательность действий, которые обеспечат требуемую надежность и необходимый остаточный срок службы ремонтируемого здания с учетом реальных возможностей.

В результате работы ЭС этого уровня рассчитываются оптимальные сроки, последовательность и параметры технологических операций ремонтных работ, а также документируются и архивируются принятые решения и проведенные работы.

Основная задача ЭС этого уровня проанализировать данные по реальному состоянию отдельных элементов зданий, выявить закономерность их изменения (старения), сравнить остаточный ресурс каждого элемента с требуемыми сроками надежной эксплуатации и оптимизировать параметры реконструкции и капитального ремонта с учетом состояния и многокритериальных требований реальной ситуации (возможность отселения жильцов, финансовые возможности и т.д.).

Решение поставленной задачи сводится к разработке программного комплекса, способного наращивать свои функциональные возможности по мере накопления информации в

базе знаний ЭС. Первый этап разработки охватывает задачи определения реального физического и морального износа здания, прогнозирование его увеличения, определение остаточного срока службы с выдачей рекомендаций по его ремонту или реконструкции (рис.2).

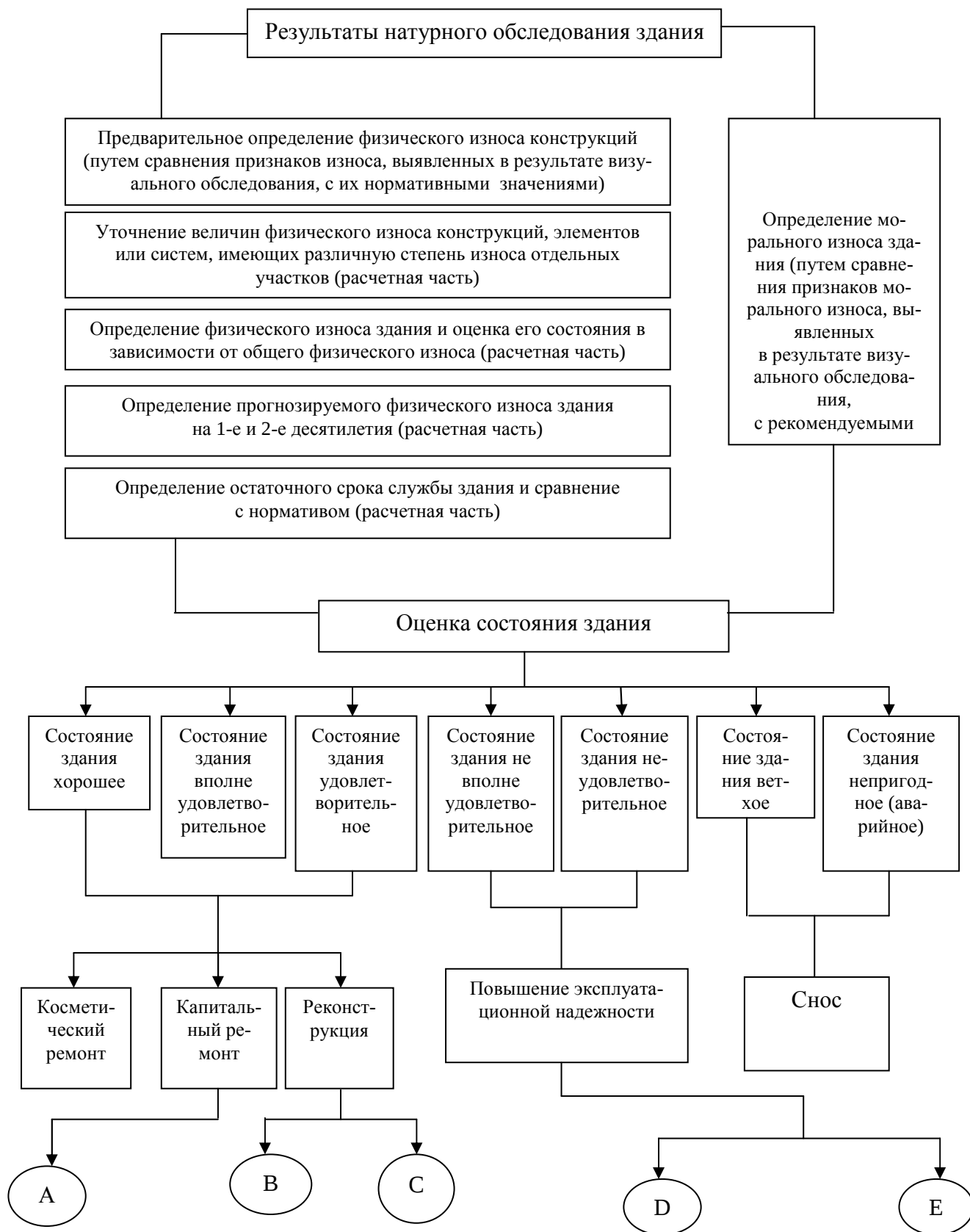


Рис. 2. Схема оценки состояния и планирования необходимых мероприятий по обеспечению эксплуатационной пригодности здания (начало)

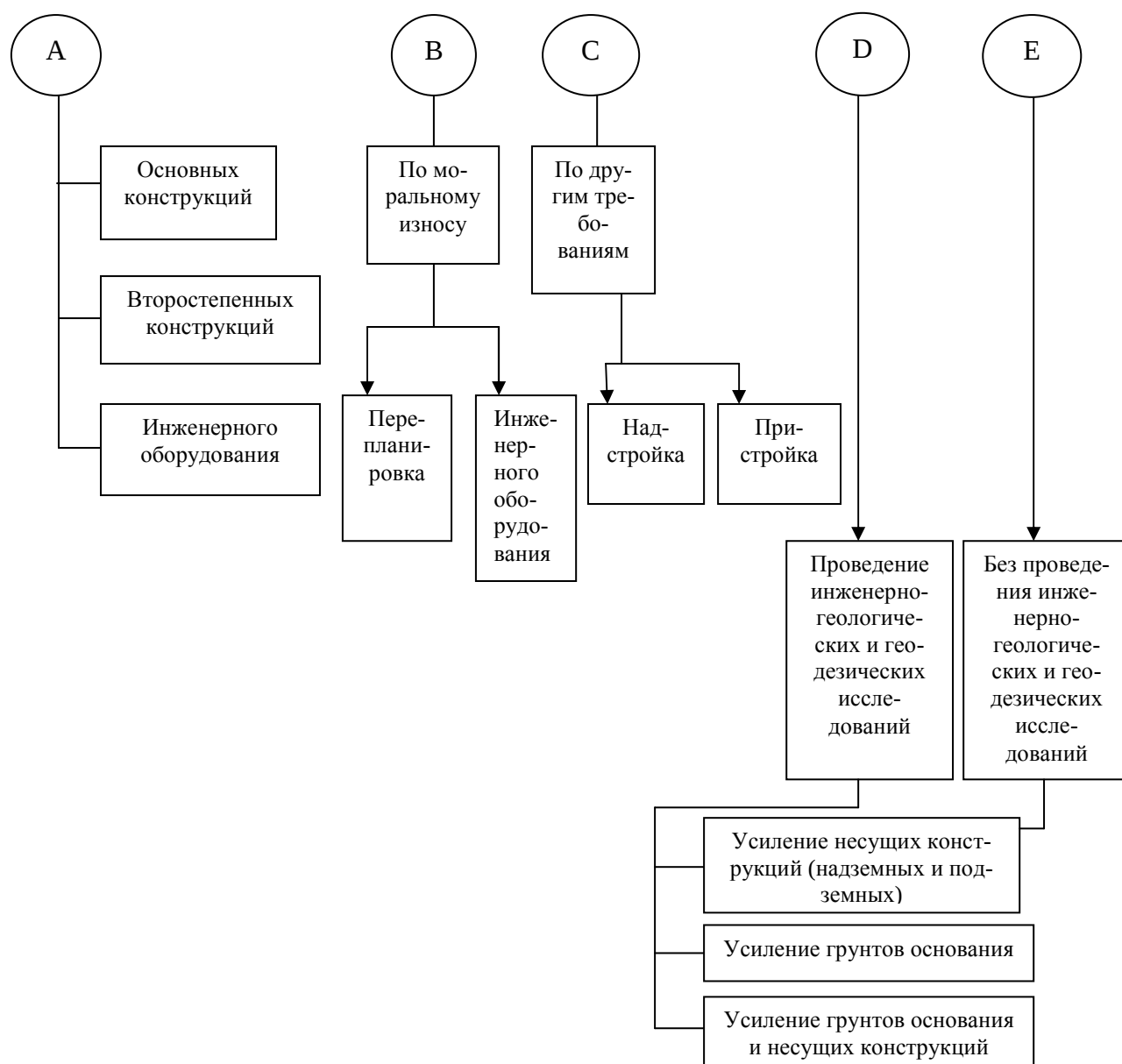


Рис. 2. Схема оценки состояния и планирования необходимых мероприятий по обеспечению эксплуатационной пригодности здания (окончание)

Второй этап - оптимизация параметров ремонта или реконструкции и многокритериальный отбор решения поставленной задачи (проведение аналитического и имитационного моделирования).

Для сохранения справочной информации о зданиях, работах, инструкциях и другой текстовой или табличной информации разработан специальный необходимый комплекс, состоящий из русифицированного редактора, системы каталогизации, архивации и просмотра информации (специализированный текстовый и табличный процессор). Результаты работы этого программного комплекса следует сохранять в подкаталогах BAZAn, где n - номер данной работы в базе, в подкаталогах запоминается вся необходимая справочная информация для данной работы (инструкции, формуляры и т.д.).

Основой ЭС служит оболочка, которая автоматизирует процесс предоставления требуемой информации, обеспечивает связь между уровнями и исключает возможность возникновения "конфликтных" ситуаций при обработке информации. Оболочка экспертной системы реализует функции "электронного помощника" и позволяет вызывать и передавать необходимую информацию между отдельными подсистемами и входящими в них задачами. Кроме того, оболочка позволяет осуществлять поэтапное развитие системы путем подключения

новых задач по мере их готовности. Оболочка обеспечивает взаимодействие с исполняемыми файлами и информационной базой знаний, автоматизирует функции поиска, накопления и представления требуемой информации по работам и зданиям. Каждая строка оболочки соответствует определенному виду работ или определенной экспертной системе. Настройка оболочки проводится на этапе инсталляции системы, параметры задаются конкретным пользователем. С помощью оболочки можно организовать удобный набор автоматизированных рабочих мест (АРМ) основных специалистов занятых ремонтом и диагностикой состояния зданий.

Выводы

На основании выполненных исследований были сформулированы основные принципы построения ЭС «Реконструкция зданий», направленной на комплексное обследование зданий и формирование рекомендаций по их реконструкции с учетом требований, предъявляемых стандартами «зеленого строительства». Проведенные теоретические исследования позволили определить подход и разработать первый уровень универсальной экспертной системы "Реконструкция зданий", предназначенный для обработки данных натурного обследования, определения физического и морального износа, оценки фактического состояния и остаточного срока службы жилых зданий.

Продолжение исследований позволит разработать второй уровень экспертной системы, предназначенный для планирования и оптимизации проведения ремонта (реконструкции) зданий. Основная задача ЭС этого уровня - проанализировать данные по реальному состоянию отдельных элементов зданий, выявить закономерность их изменения (старения), сравнить остаточный ресурс каждого элемента с требуемыми сроками надежной эксплуатации, назначить комплекс необходимых мероприятий (капитальный ремонт, реконструкция и т.д.) и оптимизировать его параметры с учетом фактического состояния и многокритериальных требований стандартов «зеленого строительства».

Библиографический список

1. **Сотникова, О.А.** «Зеленое строительство». Методология. Стандарты. Рекомендации / О.А. Сотникова, Ю.М. Борисов, В.Н. Мелькумов и др. – Воронеж: ВГАСУ, 2011. – 72 с.
2. **Месарович, М.** Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такаха. - М.: Мир, 1973. - 344 с.
3. **Балакришнан, А.В.** Теория фильтрации Калмана / А.В. Балакришнан. - М.: Мир, 1988. - 166 с.
4. **Ермольев, Ю.М.** Методы стохастического программирования / Ю.М. Ермольев. - М.: Наука, 1976. – 239с.
5. **Шагин, А.Л.** Реконструкция зданий и сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко. - М.: Высшая школа, 1991. - 352 с.

References

1. **Sotnikova, O.A., Yu.M., Borisov, V.N., Melkumov.** «Green building». Methodology. Standards. Recommendations. Voronezh, 2011, 72 pp.
2. **Mesarovich, M, D., Mako, I., Takahara.** Theory of hierarchical multilevel systems. - Moscow, 1973, 344 pp.
3. **Balakrishnan, A.V.** Theory of a filtration of Kalman. - Moscow, 1988, 166 pp.
4. **Ermoliev, Yu.M.** Method of stochastic programming. - Moscow, 1976, 239 pp.
5. **Shagin, A.L., Yu.V., Bondarenko, D.F., Goncharenko.** Reconstruction of buildings and constructions. - Moscow, 1991, 352 pp.

Ключевые слова: зеленое строительство, экспертная система, реконструкция зданий, база данных, база знаний

Keywords: green building, expert system, reconstruction of buildings, database, the knowledge base

Информационный раздел

Правила оформления статей в журнале «Инженерные системы и сооружения»

Уважаемые авторы, пожалуйста, следуйте правилам оформления статей для опубликования в журнале.

Создавайте заголовки и подзаголовки, текст статьи, таблицы, подписи и библиографический список, используя соответствующие стили.

УДК (Указать номер УДК шрифтом 12 пунктов Times New Roman, без отступа)

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

И.И.Иванов

Ассистент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела В.В.Петров

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21;
e-mail:*

(12 шрифт Times New Roman, курсив, в скрытой таблице)

The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

D.Sc. in Engineering, Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business I.I.Ivanov

Assistant of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business V.V. Petrov

*Russia, Voronezh, ph.: +7(473)271-53-21
e-mail:*

И.И. Иванов, В.Ю. Петров

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК

(12 шрифт Times New Roman, полужирный, заглавными, по центру, без переноса)

Рассматриваются положения методики расчета технико-экономического обоснования предложенных схем теплогенерирующих установок, оборудованных двухступенчатыми конденсационными теплообменниками, использующими теплоту конденсации водяных паров дымовых газов при температуре выше точки росы.

(10 шрифт Times New Roman, красная строка 1см, поля по 2см., по ширине объемом не более 8 строк)

I.I. Ivanov, V.Yu. Petrov

PROCEDURE FOR TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF DIAGRAMS OF HEAT-GENERATING PLANTS THIS PRESSURIZED UTILIZERS

The present paper deals with the first stage of pressurized heatutilizer forming non-stationary heat fields in condensing vapours from the steam-gas media. Integration of the differential equations obtained makes it possible to get heat and structural parameters for calculating pressurized heat-utilizers.

(Авторы, название статьи, аннотация статьи все на английском языке.

Приводится точный перевод аннотации на русском языке).

Статьи представляются в отпечатанном виде и электронном (на диске или флэш-карте). Бумажный вариант должен быть подписан автором (авторами). Объем статей – от 4 до 10 **полных** страниц формата А4. Поля слева и справа по 2 см, снизу и сверху - по 2,5 см. Не допускается для оформления статьи использовать Office Open. Для основного текста используйте только шрифт Times New Roman высотой 12 пунктов с одинарным интервалом. Не используйте какой-либо другой шрифт. Для обеспечения однородности стиля не используйте курсив, а также не подчеркивайте текст. Отступ первой строки абзаца – 1,25 см.

В нижнем колонтитуле первой страницы с выравниванием по левому краю должен быть приведен авторский знак © с указанием фамилий и инициалов всех авторов и года публикации. Пример:

© Иванов И.И., Петров В.Ю., 2011.

Сложные формулы выполняются при помощи встроенного в WinWord редактора формул MS Equation 3.0. Выравнивание по центру колонки без отступа, порядковый номер формулы в круглых скобках размещается строго по правому краю колонки (страницы). Единственная в статье формула не нумеруется. Сверху и снизу формулы не отделяются от текста интервалом.

Для ссылок на формулы в тексте используете следующий стиль: выражение (1) или (1).

Пример:

$$\eta(a) = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta)e^{-\frac{a}{g}}, \quad (1)$$

где η_0 и η - начальные и конечные значения коэффициентов вязкости; a - ускорение колебаний грунта; g - ускорение свободного падения.

Иллюстрации выполняются в векторном формате в графическом редакторе Corel Draw 7.0, 8.0 или 9.0 либо в любом из графических приложений MS Office 97, 98 или 2000. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них в удобном для автора виде. Название иллюстраций (10 пт, обычный) дается под ними по центру после слова **Рис.** с порядковым номером (10 пт, полужирный). Если рисунок в тексте один, номер не ставится, пишется только **Рис.**, без номера и далее – название рисунка. Точка после подписи названия рисунка не ставится. Между подписью к рисунку и текстом - 1 интервал. Все рисунки и фотографии должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Все графики, рисунки и фотографии можно представлять как в черно-белом, так и в цветном варианте. Избегайте тонких линий в графиках (толщина линий должна быть не менее 0,2 мм).

Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

Размещайте подписи к рисункам непосредственно под рисунками. Оставьте один пробел между подписью к рисунку и нижележащим текстом. Название рисунка дается без переносов. Иллюстрации обязательно должны быть прокомментированы, комментарии приводятся непосредственно под иллюстрациями, после подрисуночных подписей (в приведенном ниже примере комментарии к **Рис. 1** опущены).

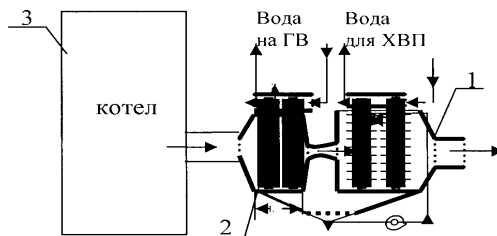


Рис. 1. Комбинированная схема использования двухступенчатого конденсационного теплообменника

Слово **Таблица** с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Содержание таблицы (10 пт), форматирование по левому краю. После таблицы - пробел в

1 интервал. Единственная в статье таблица не нумеруется, над ней только приводится по центру название, без переносов. Ссылка на нее по тексту – слово Таблица (полностью).

Для создания таблиц используйте образец, приведенный ниже. Оставьте один пробел между таблицей и нижележащим текстом.

Материалы статьи обязательно должны иметь логическое заключение, выделенное по тексту заголовком Выводы, по центру страницы обычным шрифтом (12пт). После слов Выводы точка или двоеточие не ставятся. Слово Выводы с обеих сторон отделяются от текста пробелами в один интервал.

Аннотации должны полностью отражать основное содержание статьи: краткое обоснование актуальности темы и цели написания статьи; задач, поставленных в рамках статьи для решения обозначенной цели, и трактовка основных выводов.

Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. В тексте приводятся ссылки не более, чем на 5 источников информации.

Библиографический список приводится после текста статьи на русском и английском языках. После слов Библиографический список точка или двоеточие не ставятся. Затем следует пробел в 1 интервал и приводится список источников по порядку их упоминания в тексте. Шрифт 12 пт обычный, выравнивание по ширине страницы, красная строка 1 см..

Используйте данный стиль для библиографического списка в конце статьи. Несколько статей одного автора должны быть приведены в хронологическом порядке.

Максимальное количество авторов в статье – 4, в т.ч. не более 2-х преподавателей (допускается еще один аспирант/магистрант и один студент).

После списка литературы указываются ключевые слова на русском и английском языках (шрифт 10 пт, по ширине).

Таблица 1

Технико-экономическая характеристика применения комбинированной схемы использования двухступенчатого конденсационного теплообменника

Величина	Обозначение	Размерность	Формула	Значение

Библиографический список

1. **Иванов, И.И.** Разработка математической модели тепломассообмена в напорных теплоутилизаторах / И.И. Иванов, В.В. Петров, М.М. Васильев // Вестник ВГТУ. - 2005. - Т.1. - №6. - С.79-82.

2. **Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования:** утв. Мин-вом экономики РФ мин-вом финансов РФ, Госкомпромом России, Госстроем России 31.03.94, №7-12\47. - М., 1994. - 80 с.

References

1. **Ivanov, I.I., V.V., Petrov, M.M., Vasilyev.** Development of mathematical model in pressure heat device. *Bulletin of Voronezh State Technical University*, 2005, Vol. 1, N 6, pp.79 - 82.

2. **Methodical recommendations according to efficiency of investment projects and to their selection for financing.** Moscow, 1994, 80 p.

Ключевые слова: теплогенерирующие установки, двухступенчатый конденсационный теплообменник, теплота конденсации, водяные пары, дымовые газы, точка росы

Keywords: condensing vapours, installations, two-level, heat of condensation, water pairs, smoke gases, a dew-point

По вопросам размещения рекламы и статей просьба обращаться по адресу:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, Корпус 2, а.2133

или по адресам электронной почты редакции: e-mail: ksenija.sotnikova@yandex.ru

Главный редактор журнала, д-р техн. наук, профессор **Сотникова Ольга Анатольевна**,

тел. +7(473)271-53-21

Заместитель главного редактора журнала, канд. техн. наук, доцент **Петрикеева Наталья Александровна**, тел. +7(473)271-53-21

Выпускающий редактор журнала, канд. техн. наук **Сотникова Ксения Николаевна**, тел. +7(473)271-53-21

Ответственный секретарь журнала, канд. техн. наук, доцент **Чудинов Дмитрий Михайлович**, тел. +7(473)271-53-21

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Выпуск №1(6), 2012

Издатель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Факультет инженерных систем и сооружений
Воронежского государственного
архитектурно-строительного университета

Главный редактор: Сотникова О.А.

Подписано в печать 20.03.2012. Формат 60*84 1/8. Бумага писчая.

Тираж 500 экз. Заказ № 578.

Отпечатано: Бизнес-Полиграфия (г. Воронеж)



Журнал входит в базу данных e-Library (ООО «РУНЭБ»),

Россия, г. Москва

ISSN 2074-188X

