

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

В.И. Лысёв

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Учебно-методическое пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2015

УДК 697.94

Лысёв В.И. Инженерные системы зданий и сооружений: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 32 с.

Приведены темы дисциплины, рекомендации по изучению отдельных тем. В конце работы дан список литературы.

Методические рекомендации и контрольные задания предназначены для самостоятельной работы магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения всех форм обучения.

Рецензент: кандидат техн. наук, проф. А.Ю. Баранов

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Лысёв В.И., 2015

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Инженерные системы зданий и сооружений» входит в учебный план направления подготовки магистров 16.04.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения».

В соответствии с рабочей программой дисциплины в данном курсе рассматриваются следующие группы вопросов:

Раздел 1. Общие сведения об инженерном обеспечении зданий, сооружений и автономных объектов

Дидактическая единица 1.1. Краткая характеристика объектов (назначение, характер деятельности, архитектурно-планировочные особенности и т.д.).

Дидактическая единица 1.2. Назначение и состав систем жизнеобеспечения в зданиях, сооружениях и автономных объектах.

Раздел 2. Теплотехнические свойства ограждающих конструкций зданий и сооружений

Дидактическая единица 2.1. Процессы передачи теплоты через строительные ограждающие конструкции.

Дидактическая единица 2.2. Общее термическое сопротивление теплопередаче строительной ограждающей конструкции.

Дидактическая единица 2.3. Энергетический паспорт здания.

Раздел 3. Системы обеспечения микроклимата в зданиях, сооружениях и автономных объектах

Дидактическая единица 3.1. Системы отопления в зданиях, сооружениях и автономных объектах.

Дидактическая единица 3.2. Системы вентиляции и кондиционирования в зданиях, сооружениях и автономных объектах.

Дидактическая единица 3.3. Теплоснабжение зданий, сооружений и автономных объектов.

Раздел 4. Системы водоснабжения и водоотведения в зданиях, сооружениях и автономных объектах

Дидактическая единица 4.1. Системы водоснабжения (включая горячее водоснабжение) зданий, сооружений и автономных объектов.

Дидактическая единица 4.2. Системы водоотведения в зданиях, сооружениях и автономных объектах.

Инженерные системы зданий и сооружений предназначены для обеспечения жизнедеятельности (комфортного пребывания людей и ведения технологических процессов) в различных объектах.

Здания и сооружения, как правило, оборудуются инженерными системами, которые являются потребителями энергии (тепловой, электрической и т.д.) и различных ресурсов, необходимых для жизнедеятельности людей и производственных процессов [1, 4].

К ним относятся системы, потребляющие *теплоту* (системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения), *электроэнергию* (освещение, электроприводы агрегатов, механизмов и т.п.) и различные *ресурсы* (вода, газ, разные виды топлива).

Инженерные системы, потребляющие тепловую энергию (системы теплоснабжения), электрическую энергию (системы электроснабжения), воду (системы водоснабжения и водоотведения), газ и топливо (системы газоснабжения и т. п.) изучаются в соответствующих учебных дисциплинах при подготовке бакалавров и специалистов.

В данном курсе основное внимание уделено инженерным системам, потребляющим теплоту (прежде всего системам отопления, вентиляции и горячего водоснабжения), а также системам внутреннего водоснабжения. Изучению систем электропотребления посвящен *отдельный курс* данной программы (профиля) подготовки магистров.

Общие сведения об инженерном обеспечении зданий и сооружений (раздел 1) достаточно подробно освещены в учебной и справочной литературе [6, 8].

К одной из важнейших энергетических характеристик здания относится его *энергетический паспорт*. Поэтому раздел 2 программы курса посвящён рассмотрению теплотехнических свойств ограждающих строительных конструкций зданий и *методике* формирования энергетического паспорта здания в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [2, 3].

Описанию систем обеспечения микроклимата как потребителей тепловой энергии посвящен раздел 3 данного курса.

В разделе 4 приводятся необходимые сведения о системах внутреннего водоснабжения и водоотведения, которыми оборудуются здания и сооружения.

Ниже приводятся необходимые пояснения для *самостоятельного* изучения основных положений, составляющих основу данного курса.

1. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Энергетическую эффективность жилых и общественных зданий следует устанавливать в соответствии с классификацией по таблице 3 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Нормами установлены три *показателя тепловой защиты* здания [2, 3]:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» либо «б» и «в». В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей «а» и «б» [2, 3].

Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания следует принимать не менее нормируемых значений, определяемых по таблице 4 СНиП 23-02 в зависимости от величины *градусо-суток отопительного периода*. Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) определяются по формуле [2, 3]:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н.ср}})z_{\text{оп}},$$

где: $t_{\text{в}}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания; $t_{\text{н.ср}}$, $z_{\text{оп}}$ – средняя температура наружного воздуха и продолжительность отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01 для условий географического пункта, в котором находится здание.

Расчетный *температурный перепад* между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции *не должен превышать* нормируемых величин, установленных в таблице 5 СНиП 23-02-2003.

Расчетный *удельный расход тепловой энергии* на отопление здания $q_{\text{зд}}$ определяется по формуле [2, 3]:

$$q_{\text{зд}} = Q_{\text{зд}} / (V_{\text{зд}} \text{ ГСОП}),$$

где: $Q_{\text{зд}}$ – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода; $V_{\text{зд}}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания;

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода $Q_{\text{зд}}$, равный общим потерям теплоты (*теплопотерям*) здания определяется по следующей зависимости [2, 3]:

$$Q_{\text{зд}} = k_{\text{общ}} F_{\text{огр}} \text{ ГСОП},$$

где: $k_{\text{общ}}$ – общий коэффициент теплопередачи здания; $F_{\text{огр}}$ – суммарная площадь наружных ограждений.

Общий коэффициент теплопередачи здания вычисляется по уравнению [2, 3]:

$$k_{\text{общ}} = k_{\text{пр}} + k_{\text{усл}},$$

где: $k_{\text{пр}}$ – приведенный (*трансмиссионный*) коэффициент теплопередачи, определяемый по формуле [2, 3]:

$$k_{\text{пр}} = (k_{\text{огр}} \cdot F_{\text{огр}}) / S_{\text{огр}},$$

где: $k_{\text{огр}}$ и $F_{\text{огр}}$ – соответственно коэффициент теплопередачи и площадь внутренней поверхности *отдельного* наружного ограждения; $S_{\text{огр}}$ – общая (суммарная) площадь внутренних поверхностей наружных ограждений.

Условный коэффициент теплопередачи $k_{\text{усл}}$, учитывающий дополнительные теплотери за счет инфильтрации и вентиляции, определяется по зависимости [2, 3]:

$$k_{\text{усл}} = c_{\text{в}} G_{\text{инф}} / S_{\text{огр}},$$

где: $c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воздуха; $G_{\text{инф}}$ – расход инфильтрационного воздуха, определяемый по таблице 11 СНиП 23-02 из расчета на 1 кв.м остекления.

В состав энергетического паспорта здания входят величины расчетного показателя компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.

Расчетный *показатель компактности здания $k_{\text{комп}}$* следует определять по формуле [2, 3]:

$$k_{\text{комп}} = S_{\text{огр}} / V_{\text{зд}},$$

где: $S_{\text{огр}}$ – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения; $V_{\text{зд}}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания.

Коэффициент остекленности фасада здания $k_{\text{ост}}$ определяют по формуле [2, 3]:

$$k_{\text{ост}} = S_{\text{ост}} / S_{\text{огр}},$$

где: $S_{\text{ост}}$ – общая площадь поверхностей световых проемов наружных ограждающих конструкций (остекления); $S_{\text{огр}}$ – суммарная площадь наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая световые проемы.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания *не должен превышать нормативного значения*, определяемого по данным таблицы 9 СНиП 23-02.

Контроль нормируемых показателей тепловой защиты и ее отдельных элементов *эксплуатируемых* зданий и оценку их энергетической эффективности следует выполнять путем *натурных испытаний*, и полученные результаты следует фиксировать в энергетическом паспорте.

Энергетический паспорт жилых и общественных зданий предназначен для *подтверждения соответствия* показателей энергетиче-

ческой эффективности и теплотехнических показателей здания показателям, установленным в настоящих нормах [2, 3].

Энергетический паспорт следует заполнять при разработке проектов новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий, при приемке зданий в эксплуатацию, а также в процессе эксплуатации *построенных* зданий.

В *приложении 1* приводится расчет показателей энергетической эффективности и теплотехнических показателей зданий учебных корпусов *Института холода и биотехнологий*, расположенных в Санкт-Петербурге по адресу: ул. Ломоносова, дом 9.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Для нейтрализации (компенсации) потерь теплоты здания и сооружения оборудуются системами отопления. Системы отопления предназначены для *возмещения потерь теплоты*, как правило, через наружные ограждающие конструкции здания в холодный период года и обеспечения необходимой (нормируемой) *температуры воздуха в помещениях*.

На мощность системы отопления существенное влияние оказывает величина теплового потока, который направлен из отапливаемого помещения через ограждающие строительные конструкции. Тепловой поток $Q_{\text{огр}}$ между двумя средами, разделенными ограждением, вычисляется по *уравнению теплопередачи*:

$$Q_{\text{огр}} = (F_{\text{огр}}/R_{\text{огр}}) (t_1 - t_2),$$

где: $F_{\text{огр}}$ – площадь ограждающей конструкции; $R_{\text{огр}}$ – сопротивление теплопередаче ограждения; t_1, t_2 – температуры воздуха по обе стороны ограждения.

Значения площадей ограждающих конструкций устанавливаются по строительным чертежам или результатам натурных измерений, температур – по нормативной и справочной литературе [2, 3]. Для определения сопротивления теплопередаче строительного ограждения, которое характеризует его теплозащитные свойства, производится специальный расчет.

Расчету подлежат те ограждающие конструкции, у которых перепад температур воздуха по обе стороны ограждения *превышает* три градуса [2, 3], так как при *меньшем* перепаде температур тепловой поток будет оказывать незначительное влияние на тепловую производительность (мощность) системы отопления.

Тепловая мощность системы отопления определяется как максимальная разность между потерями теплоты и теплопоступлениями в отапливаемые помещения.

Потери теплоты в помещениях в общем случае зависят от теплопотерь через ограждающие конструкции и затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через неплотности в ограждениях (инфильтрация) и подогрев наружного воздуха, компенсирующего работу вытяжной вентиляции.

Теплопоступления в помещения, согласно [2, 3], необходимо учитывать от технологического оборудования, коммуникаций, электрических приборов, освещения, людей и других источников.

Выбор *конструктивных элементов* систем центрального отопления зависит от назначения здания, его архитектурно-строительных особенностей, источника теплоснабжения (вида и параметров теплоносителя и т.д.) и производится в соответствии с рекомендациями нормативных и справочных материалов [2, 3].

Отопительные приборы размещают, как правило, в местах наибольшего охлаждения: под оконными проемами, у наружных стен, вблизи наружных дверей. В лестничных клетках отопительные приборы размещают, как правило, на первом этаже.

При *тепловом расчете* отопительных приборов необходимо подобрать число секций или типоразмер прибора для каждого конкретного помещения. Тепловая нагрузка отопительных приборов должна быть достаточной для возмещения (компенсации) потерь теплоты помещением.

Число секций или типоразмер прибора зависят от величины *поверхности нагрева* отопительного прибора $F_{оп}$, которая может быть определена из уравнения теплопередачи:

$$F_{оп} = Q_{оп} / [k_{оп}(t_{оп} - t_{в})],$$

где: $Q_{оп}$ – тепловая нагрузка отопительного прибора; $k_{оп}$ – коэффициент теплопередачи прибора; $t_{оп}$ – средняя температура теплоносителя в приборе; $t_{в}$ – расчетная температура воздуха в помещении.

Для обеспечения необходимого расхода теплоты в отопительный прибор должен поступать расчетный *расход теплоносителя*, величина которого $G_{\text{оп}}$ вычисляется из уравнения теплового баланса:

$$G_{\text{оп}} = Q_{\text{оп}}/[c(t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})],$$

где: c – удельная теплоемкость воды; $t_{\text{вх}}$ – температура теплоносителя, поступающего в отопительный прибор; $t_{\text{вых}}$ – температура теплоносителя, выходящего из прибора.

Годовое потребление теплоты на отопление здания можно определить по следующей формуле:

$$Q_{\text{год}} = [Q_{\text{со}}/(t_{\text{в}} - t_{\text{н.р}})](t_{\text{в}} - t_{\text{н.ср}})z_{\text{оп}},$$

где: $Q_{\text{со}}$ – тепловая мощность системы отопления; $t_{\text{в}}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания; $t_{\text{н.р}}$ – расчетная температура наружного воздуха; $t_{\text{н.ср}}$, $z_{\text{оп}}$ – средняя температура наружного воздуха и продолжительность отопительного периода.

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха (СВ и КВ) предназначены для обеспечения необходимого состояния *воздушной среды* в помещениях зданий и сооружений.

Состояние воздушной среды характеризуется рядом параметров, определяющих *микроклимат* в помещении [5, 6]. Значения основных параметров микроклимата (температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха) задаются нормативами [5, 6], в зависимости от назначения помещения и периода года: теплого или холодного [9].

На формирование температурно-влажностного режима в помещении влияют различные *воздействия*: поступления (потери) теплоты и испаряющейся влаги. Для нейтрализации воздействий, нарушающих необходимый температурно-влажностный режим, в помещении устанавливают приборы охлаждения (или нагрева) или подают приточный воздух, который ассимилирует поступления теплоты и испаряющейся влаги.

Расход воздуха, необходимый для *ассимиляции* поступлений теплоты и влаги, в установившемся режиме (стационарных условиях) определяется из уравнения соответственно *теплового* и *влажностного* (материального) баланса:

$$G_{\Pi} = Q_{\text{пом}}/c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\Pi}),$$

$$G_{\Pi} = G_{\text{пом}}/(d_{\text{в}} - d_{\Pi}),$$

где: G_{Π} – массовый расход приточного воздуха; $Q_{\text{пом}}$ – суммарные (от различных источников) поступления теплоты; $G_{\text{пом}}$ – суммарные (от различных источников) поступления влаги; $t_{\text{в}}$, t_{Π} – температура воздуха в помещении и приточного; $d_{\text{в}}$, d_{Π} – влагосодержание воздуха в помещении и приточного.

Для обеспечения газового состава (определяемого концентрацией вредных веществ) воздуха в помещения необходимо подавать *наружный* воздух.

Наружный воздух также необходим для компенсации местных вытяжных устройств (зонты, шкафы и т.п.) и создания необходимого избыточного давления в помещении.

Расход приточного и удаляемого (вытяжного) воздуха называют *воздухообменом* соответственно по притоку и вытяжке. Отношение объемного часового расхода к объему помещения характеризует число смен воздуха в объеме помещения в течение часа и называется *кратностью воздухообмена* (по притоку или по вытяжке). Для некоторых помещений воздухообмен вычисляется по кратности [5, 6].

Поступления теплоты и влаги в помещения определяются по общепринятым методикам [5, 6], согласно которым их необходимо учитывать от технологического оборудования, коммуникаций, электрических приборов, освещения, людей и других источников, а также поступления теплоты от солнечной радиации и за счет теплопередачи через наружные строительные ограждения.

Формирование технического решения системы обеспечения микроклимата (СОМ) начинается с разработки *принципиальной схемы*, определяющей структуру системы. Для этого необходимо проанализировать условия сооружения и функционирования объекта, что, в первую очередь, определяется его архитектурно-планировочными особенностями и назначением отдельных помещений, наличием имеющегося оборудования, необходимых ресурсов (теплоносители-

ля, холодильного агента, воды или пара и т. д.), а также различными ограничениями.

Выбор *конструктивных элементов* систем осуществляется в соответствии с рекомендациями нормативных и справочных материалов [5, 6].

К наиболее характерным принципиальным схемам СОМ относятся следующие:

- центральные (с центральными узлами тепловлажностной обработки воздуха) одно- и многозональные, с центральными и концевыми (зональными) доводчиками;
- местные (с местными узлами тепловлажностной обработки воздуха), обслуживающими отдельные помещения;
- комбинированные, представляющие сочетание центральных и местных систем.

Состав функциональных элементов, необходимых для тепловлажностной обработки воздуха и образующих *технологическую схему* (ТС), зависит от режимов функционирования системы.

Так, например, для центральной однозональной системы, работающей без рециркуляции (когда ассимиляционная способность минимального расхода наружного воздуха достаточна), могут быть следующие *режимы функционирования*:

- режим функционирования с потреблением теплоты и влаги, когда энтальпия наружного воздуха *ниже* энтальпии приточного воздуха;
- режим функционирования без потребления теплоты и холода, когда энтальпия наружного воздуха *равна* энтальпии воздуха приточного;
- режим функционирования с потреблением холода, когда энтальпия наружного воздуха *выше* энтальпии приточного воздуха.

Для реализации перечисленных режимов функционирования необходимы следующие функциональные элементы, составляющие технологическую схему системы обеспечения микроклимата:

- воздухозаборное устройство (приемный блок);
- воздушный фильтр;
- поверхностный воздухонагреватель для повышения температуры и энтальпии воздуха;
- водяной (адиабатный испарительный) или паровой увлажнитель для повышения влагосодержания воздуха;
- воздухоохладитель (контактного или поверхностного типа)

для снижения энтальпии, а также увеличения или снижения влагосодержания воздуха;

– приточный вентагрегат (вентиляторная секция) для перемещения наружного воздуха через аппараты и подачи в помещение;

– вытяжной вентагрегат для удаления воздуха из помещения и выброса в атмосферу.

Для режимов функционирования системы, указанных выше, *расчетная производительность* по теплоте Q_T и холоду Q_X определяется при *расчетных* параметрах наружного воздуха:

$$Q_T = G(h_{кх} - h_{нх}),$$

$$Q_X = G(h_{нт} - h_{кт}),$$

где: $h_{кх}$ и $h_{кт}$ – энтальпия воздуха соответственно после нагревателя и охладителя; $h_{нх}$ и $h_{нт}$ – расчетная энтальпия наружного воздуха соответственно в холодный и теплый периоды года.

Расчетная производительность по воздуху, теплоте и холоду используется для подбора основного оборудования: вентагрегатов, узлов нагрева и охлаждения воздуха.

Схема организации воздухообмена (воздухораспределения) предопределяет места расположения приточных и вытяжных устройств, к которым подводятся воздуховоды для подачи и удаления воздуха.

В соответствии с требуемыми режимами функционирования наружный воздух необходимо нагревать в холодный и охлаждать в теплый период года. Для этого в технологической схеме предусмотрен поверхностный воздухонагреватель и воздухоохладитель. Кроме того, наружный воздух необходимо очищать от наружных загрязнений.

Для подбора теплообменных аппаратов и расчета процессов нагрева и охлаждения воздуха в них обычно используют программы расчета на ЭВМ и номограммы производителей теплообменного оборудования.

Аэродинамический расчет сети воздуховодов производится после того, как выбрана схема организации воздухообмена в помещении, определены места подачи и удаления воздуха, выполнен расчет воздухораспределения и выбраны воздухораспределительные устройства. Цель расчета состоит в выборе сечений (диаметров для

круглых воздуховодов) отдельных участков сети и определении ее аэродинамического сопротивления.

Аэродинамический расчет сети воздуховодов носит многофакторный характер в зависимости от целей и задач, которые ставятся. Если ставятся оптимизационные задачи, то их решение необходимо выполнять с помощью ЭВМ по специальным программам.

Аэродинамическое сопротивление сети воздуховодов используется для выбора вентиляторной установки, которая выбирается по максимальному объемному расходу воздуха и полному аэродинамическому сопротивлению всей системы. Сопротивление системы при номинальной производительности определяется суммой аэродинамических сопротивлений *последовательных* элементов, установленных в соответствии с технологической схемой.

Источниками шума в системах кондиционирования и вентиляции являются вентиляционные и насосные установки, компрессоры холодильных машин. Задача сводится к тому, чтобы не допустить распространения шума выше допустимых норм от этих источников в обслуживаемые помещения.

В *приложении 2* приводятся отдельные фрагменты примера расчета системы обеспечения микроклимата.

4. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Системы *внутреннего водопровода* (хозяйственно-питьевого, противопожарного, производственного) устраивают с целью обеспечения водой зданий и сооружений, оборудуемых системами *водоотведения* (канализации) [7, 8].

В состав систем внутреннего водопровода входят: вводы, водомерные узлы, стояки, магистральная и разводящая сеть с подводками к санитарным приборам или технологическим установкам, водоразборная и регулирующая арматура. В зависимости от конкретных местных условий в систему внутреннего водопровода могут входить насосные установки и водопроводные баки, резервуары и другие сооружения, расположенные как внутри здания, так и около него.

Выбор системы внутреннего водопровода производится в зависимости технико-экономической целесообразности, санитарно-

гигиенических и противопожарных требований, а также с учетом принятой системы *наружного* водопровода и требований технологии производства.

Вода, подаваемая для хозяйственно-питьевых нужд потребителей различных зданий и сооружений, по качеству должна удовлетворять требованиям нормативных документов [7, 8].

Вода в системе *холодного* водоснабжения, подаваемая на хозяйственно-питьевые нужды, должна быть *питьевого* качества, а её температура должна быть в пределах от 5 до 30 градусов.

Системы холодного, горячего водоснабжения и водоотведения должны обеспечивать подачу воды и отведение сточных вод, соответствующие расчетному числу *водопотребителей* или установленных санитарно-технических приборов.

Для расчета *расхода воды* системы в целом или на расчетном участке необходимо [7, 8]:

- определить потребителей воды и их число;
- принять или рассчитать секундный и часовой расход воды;
- определить число санитарных приборов (умывальники, раковины, ванны, души, унитаза, писсуары и т. д.);
- рассчитать вероятность действия приборов.

Для учета расхода воды (водопотребления) на *вводах* в здания или ответвлениях сети, подводящих воду потребителям, устанавливаются *счетчики* расхода воды. При расположении счетчиков на вводах с целью учета с требуемой точностью всех расходов воды разность между максимальным и минимальным расходами должна быть допустимой для счетчика принятого типа и калибра.

В зданиях могут быть следующие системы *внутреннего* водопровода:

- единый водопровод для подачи воды питьевого качества на все нужды;
- отдельные системы водопровода (хозяйственно-питьевой и производственный);
- хозяйственно-противопожарный и производственный;
- хозяйственно-питьевой и производственно-противопожарный.

Не допускается соединение сетей хозяйственно-питьевого водопровода с сетями, подающими воду не питьевого качества.

Прямоточные системы по типу сетей разделяются на два вида [7, 8]: тупиковые и кольцевые.

Тупиковые сети применяют:

- в хозяйственно-питьевых водопроводах при устройстве только одного ввода;
- в производственных водопроводах в том случае, когда допускается перерыв в подаче воды на производственные нужды.

Кольцевые сети проектируют при необходимости бесперебойного обеспечения потребителей водой (в том числе на нужды пожаротушения).

Для обеспечения непрерывности подачи воды может применяться кольцевая сеть с увеличенным числом вводов и установкой дополнительных задвижек или запорных вентилей.

При *недостатке* напора (постоянном или периодическом) в наружной водопроводной сети для повышения напора во внутренних сетях зданий и сооружений необходимо предусматривать *насосные установки* для одного или нескольких зданий.

Горячее водоснабжение (ГВС) обеспечивает потребителей водой с температурой от 50 до 75 градусов. Такой водой, часто называемой «бытовой», снабжаются здания с проживанием людей (жилые здания, гостиницы и т.п.), большинство общественно-коммунальных зданий (больницы, столовые и т.п.), а также промышленные здания и сооружения с гигиеническим (в бытовках) потреблением горячей воды.

По своему качеству горячая вода должна соответствовать ГОСТ «Вода питьевая». Это требование не распространяется на специальные системы горячего водоснабжения для технологических нужд.

Системы горячего водоснабжения подразделяются на централизованные и местные (децентрализованные) [7, 8].

В *централизованных* системах одна нагревательная установка (тепловой пункт) обслуживает одно или несколько зданий в пределах жилого квартала. Источником теплоты в таких системах обычно служат тепловые сети централизованного теплоснабжения.

Местные систем, как правило, имеют ограниченный радиус действия. Приготовление горячей воды в таких системах происходит в мелких генераторах теплоты (газовые водонагреватели, малометражные котлы и т.п.). Часто такой генератор теплоты является общим и для системы отопления и для системы ГВС.

Все здания, оборудуемые хозяйственно-питьевым водопроводом, должны иметь внутреннюю систему *бытовой канализации* (водоотведения) [7, 8].

В зависимости от назначения здания и предъявляемых требований к отводу сточных вод предусматриваются следующие системы внутренней канализации:

- бытовая, для отведения сточных вод от санитарных приборов (раковин, умывальников, ванн, моек, душей, унитазов и др.);
- производственная, для отведения производственных сточных вод (одна или несколько в зависимости от состава сбрасываемых сточных вод);
- объединенная, для отведения бытовых и производственных сточных вод при возможности их совместной очистки;
- сеть внутренних водостоков, для удаления атмосферных осадков.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Энергетические показатели учебных корпусов Института холода и биотехнологий

В соответствии с требованиями Федерального закона № 261 «Об энергосбережении ...» для определения *потенциала теплопотребления* объекта необходимо иметь объективную информацию о его энергетических показателях.

В рамках отработки *методики энергетического обследования* общественных зданий были проведены натурные обследования и необходимые расчеты, позволившие определить энергетические показатели зданий учебных корпусов института холода и биотехнологий (ИХ и БТ). Здания были построены в разное время и имеют различные архитектурно-строительные решения.

Отсутствие необходимой технической документации потребовало проведения *натурных обследований* с целью получения необходимой расчетной информации о геометрических характеристиках фрагментов зданий и теплотехнических параметрах строительных ограждающих конструкций: светопрозрачных (окнах) и непрозрачных (стенах, покрытиях и т.д.).

Работы проводились в следующей последовательности:

- проведение натурных измерений *архитектурно-строительных элементов* всех зданий и сооружений с целью определения их

геометрических размеров и теплотехнических свойств ограждающих конструкций;

– определение теплотехнических характеристик (общих термических сопротивлений теплопередаче) наружных ограждений;

– вычисление энергетических характеристик каждого здания или сооружения по методикам, представленным в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

В табл. 1 представлены результаты инструментальных измерений и расчетов для учебных корпусов ИХ и БТ.

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов

№№ учебных корпусов	Площадь ограждений, м ²					Объем здания, м ³
	Стены	Покрытия	Окна	Стеклопакеты	Общая площадь	
1	4820	5000	332	150	10302	71500
2	5114	4215	421	465	10215	66955
3	2927	1426	357	172	4882	20376
4	2730	1556	414	86	4784	26500

Термические сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, светопрозрачных элементов – окон) определялись по методикам, представленным в СНиП 23-02-2003 и Своде правил (СП 23-101-2003).

Коэффициенты теплопередачи наружных массивных ограждений (наружных стен и покрытий) составили величину не более 1,0 (Вт/м²·°С).

По данным СП термические сопротивления окон в деревянных переплетах и стеклопакетов составляют соответственно 0,33 (м²·°С/Вт) и 0,5 (м²·°С/Вт). При этом значения коэффициентов теплопередачи будут равны соответственно 3 (Вт/м²·°С) и 2 (Вт/м²·°С).

Используя данные, представленные в табл. 1, выполним расчет энергетической эффективности для корпуса № 1.

Приведенный (трансмиссионный) коэффициент теплопередачи:

$$k_{\text{пр}} = (k_{\text{огр}} \cdot F_{\text{огр}}) / S_{\text{огр}} = (1 \cdot 9820 + 3 \cdot 332 + 2 \cdot 150) / 10302 = 1,08 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Условный коэффициент теплопередачи:

$$k_{\text{усл}} = \text{св } G_{\text{инф}}/S_{\text{огр}} = 0,28(1,0 \cdot 6 \cdot 482)/10302 = 0,08 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Общий коэффициент теплопередачи здания:

$$k_{\text{общ}} = k_{\text{пр}} + k_{\text{усл}} = 1,08 + 0,08 = 1,16 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для условий Санкт-Петербурга составляют:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н.ср}})z_{\text{оп}} = [20 - (-1,8)] 220 = 4800.$$

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода $Q_{\text{зд}}$, равный общим потерям теплоты (теплопотерям) здания:

$$Q_{\text{зд}} = k_{\text{общ}} F_{\text{огр}} \text{ГСОП} = 0,0864 (1,16 \cdot 10302 \cdot 4800) = 5,5 \text{ ГДж}.$$

Расчетный *удельный* расход тепловой энергии на отопление здания $q_{\text{зд}}$ равен:

$$q_{\text{зд}} = Q_{\text{зд}}/(V_{\text{зд}} \text{ГСОП}) = 1000(5,5)/(71500 \cdot 4800) = 16 \text{ (кДж/м}^3 \cdot \text{ГСОП)}.$$

Нормативное значение удельного расхода тепловой энергии $q_{\text{норм}}$ на отопление здания, по данным таблицы 9 СНиП 23-01, составляет $q_{\text{норм}} = 31 \text{ (кДж/м}^3 \cdot \text{ГСОП)}$, что превышает расчетное значение почти в два раза.

Кроме того, согласно предписаниям энергетического паспорта здания [2], необходимо определить расчетный показатель компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.

Расчетный *показатель компактности* здания:

$$k_{\text{комп}} = S_{\text{огр}}/V_{\text{зд}} = 10302/71500 = 0,14 \text{ (1/м)}.$$

Коэффициент остекленности фасада здания:

$$k_{\text{ост}} = S_{\text{ост}}/S_{\text{огр}} = (332 + 150)/10302 = 0,05.$$

Итоговые результаты расчетов для всех зданий (корпусов) представлены в табл. 2.

Сводные данные по всем зданиям

№№ учебных корпусов	Общий коэффициент теплопередачи (Вт/м ² ·град)	Годовой расход теплоты (ГДж)	Удельный расход теплоты (кДж/м ³ ГСОП)	Коэффициент компактности (1/м)	Коэффициент остекленности
1	1,16	5,5	16,0	0,14	0,05
2	1,28	6,0	18,7	0,15	0,09
3	1,34	3,0	30,8	0,24	0,11
4	1,40	3,0	24,0	0,18	0,10

Таким образом, комплексный *показатель* энергетической эффективности зданий учебных корпусов – удельный расход тепловой энергии на отопление за отопительный период – *соответствует* нормативным значениям.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

1.1. Пример расчета установки кондиционирования

Цель данной работы состоит в разработке технических решений системы кондиционирования воздуха (далее СКВ), обеспечивающей нормируемые метеорологические условия, чистоту и газовый состав воздуха в обслуживаемой зоне помещений офиса.

Для этого по заданным исходным данным производится расчёт внутренних и внешних составляющих тепловлажностных нагрузок и расхода наружного воздуха. Затем формируются принципиальные схемы вариантов технических решений СКВ и производится их сопоставление.

Для каждого варианта технического решения СКВ осуществляется подбор основного оборудования отдельных подсистем и оцениваются их технико-экономические показатели.

Исходная информация

Краткая характеристика объекта

Объектом является офис, состоящий из четырех одинаковых помещений, расположенных на промежуточном этаже многоэтажного здания. Здание находится в городе Санкт-Петербурге. Окна помещений выходят на запад.

Длина помещения: 6 м;
 ширина помещения: 5 м;
 высота помещения: 3,3 м;
 площадь оконного проема: $(1,5 \cdot 2,0) \text{ м}^2$;
 коэффициент теплопередачи наружных стен: $1,0 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{град)}$;
 коэффициент теплопередачи наружных окон: $2,0 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{град)}$;
 количество людей в каждом помещении 5 (из них 4 человека – работники офиса, 1 человек – посетитель);
 количество компьютеров: 4.
 Время работы офиса: с 10.00 до 19.00.

1.2. Расчетные параметры внутреннего воздуха

Согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», *параметры микроклимата* в административно-бытовых помещениях, следует принимать по ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении» [4].

В соответствии с ГОСТ 30494-96 помещение офиса относится ко второй категории, т. к. люди заняты умственным трудом. Параметры микроклимата представлены в табл. 3.

Таблица 3

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость, м/с	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Теплый	23–28	18–28	60–30	65	0,3	0,5
Холодный	19–23	18–23	45–30	60	0,2	0,3

В качестве расчетных параметров в *обслуживаемой зоне* принимаем:

Температуру воздуха: 20 °С;

Относительную влажность воздуха: 55 %.

Этим значениям соответствуют следующие расчётные данные:

– энтальпия воздуха в обслуживаемой зоне: 40 (кДж/кг);

– влагосодержание воздуха в обслуживаемой зоне: 8 (г/кг).

Информация о наружном воздухе

В соответствии с п.5.10 СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» заданные параметры микроклимата следует обеспечивать в *пределах расчётных параметров наружного воздуха* для соответствующих регионов строительства по СНиП 23 -01-99* «Строительная климатология» [9].

Параметры А – для систем вентиляции в тёплый период года;

Параметры Б – для систем отопления и систем вентиляции в холодный период года, а также для систем кондиционирования для тёплого и холодного периода года. Расчётные параметры наружного воздуха представлены в табл. 4.

Таблица 4

Расчётные параметры наружного воздуха

Расчетный градус широты (град. с.ш.)	Период года	Параметры А		Параметры Б		Среднесуточная амплитуда (°С)
		Температура (°С)	Удельная энтальпия (кДж/кг)	Температура (°С)	Удельная энтальпия (кДж/кг)	
60	Теплый	20,6	48,1	24,8	51,5	8,7
	Холодный	-11,0	-8,0	-26,0	-25,3	

1.3. Дополнительные условия

В здании функционирует центральная система отопления, которая компенсирует потери теплоты через наружные ограждающие конструкции в холодный период года и обеспечивает нормируемое значение температуры воздуха в помещениях объекта.

Кроме того, объект обеспечен всеми необходимыми ресурсами для работы систем обеспечения микроклимата: теплотой, холодом, влагой (и паром для увлажнения воздуха) и электроэнергией.

Варианты технических решений системы кондиционирования

Для реализации поставленных целей для данного объекта можно предусмотреть следующие варианты технического решения системы кондиционирования воздуха:

1. Центральная приточная многозональная система кондиционирования воздуха.

2. Центральная система кондиционирования воздуха с рециркуляцией.

3. Система кондиционирования воздуха с использованием местных охладителей, установленных в помещениях.

Используя уравнения теплового и влажностного балансов, можно определить параметры подаваемого в помещение воздуха, при минимально необходимом расходе наружного воздуха, а также воздухообмен для ассимиляции избытков теплоты и испаряющейся влаги в обслуживаемой зоне помещения.

Кроме того, для каждого варианта технического решения определяются расчетные величины потребляемых ресурсов: расходы теплоты и холода.

Производительность системы по воздуху составит:

$$L_{\text{п}} = 4 \cdot 600 = 2400 \text{ (м}^3\text{/ч)}.$$

Расчетный расход теплоты определяется по уравнению

$$Q_{\text{т}} = \text{св} G_{\text{п}} (t_{\text{п}} - t_{\text{н}}) = 1 \cdot 0,8 [10 - (-26)] = 28,8 \text{ (кВт)}.$$

Расчетный расход холода определяется по зависимости

$$Q_{\text{х}} = G (h_{\text{нт}} - h_{\text{кт}}) = 0,8 (51,5 - 29) = 18 \text{ (кВт)}.$$

Для подбора оборудования установки необходимо знать ее расчетную производительность по воздуху $L_{\text{п}}$ и технологическую схему.

Выбор типоразмера приточной установки зависит от скорости движения воздуха в ней. При рекомендуемой скорости движения воздуха в поперечном сечении приточной установки, равной 3 м/с, расчетной площади поперечного сечения соответствуют следующие габариты (типоразмер) установки: (60×35) см. Используя каталог оборудования фирмы «Remak», можно составить спецификацию оборудования приточной установки (табл. 5).

Спецификация оборудования приточной установки

№ п/п	Наименование оборудования	Условное обозначение	Количество
1	Заслонка регулирующая	ZR 60-35	1
2	Фильтр канальный карманный с фильтрующей вставкой	FKU 60-35 WFU 60-35	1
3	Воздухонагреватель водяной	WWN 60-35/2	1
4	Воздухоохладитель водяной	WLO 60 - 35	1
5	Вставка гибкая	WG 60 - 35	2
6	Вентилятор канальный радиальный	WRW60– 35/31.4 D	1
7	Шумоглушитель канальный пластинчатый	SG 60 - 35	1

Акустический расчет приточной установки проводится по методике, изложенной в справочнике [8].

Основным источником аэродинамического шума является вентилятор. Снижение уровня звукового давления (УЗД) происходит при движении воздуха в элементах сети воздуховодов, а также в помещении.

Для коротких (малопротяженных) сетей воздуховодов снижением УЗД (заглушением шума) можно пренебречь. Уровни звукового давления (УЗД) для вентилятора представлены в п. 2 табл. 6.

Снижение УЗД (заглушение шума) в помещении зависит от архитектурно-строительных особенностей конкретного помещения и определяется в соответствии с рекомендациями [8].

Ожидаемые УЗД в октавных полосах частот в *расчетной точке* представлены в п. 5 табл. 6, а нормативные значения УЗД – в п. 1.

Сопоставление этих величин приводит к выводу о необходимости принятия мер по снижению аэродинамического шума. Для этого в приточной установке необходимо установить пластинчатый шумоглушитель (SG 60-35).

Данные о том, насколько шумоглушитель уменьшает уровень шума, представлены в п. 6 табл. 6.

УЗД в расчетной точке, с учётом снижения шума шумоглушителем, указан в п. 7 табл. 6.

Таблица 6

Результаты акустического расчета

№ п/п	Расчетные величины	Октавные полосы частот, (Гц)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Нормируемые УЗД	63	52	45	39	35	32	30	28
2	УЗД источника шума	68	81	73	64	73	69	70	65
3	Значения частотного множителя	0,8	0,7	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
4	Снижение УЗД в помещении	9	9	9	9	10	11,5	12,6	14
5	УЗД в расчетной точке	65	78	70	61	69	63,5	63,4	57
6	Снижение УЗД в шумоглушителе	17	15	14	25	38	49	42	42
7	УЗД в расчетной точке после установки шумоглушителя	48	63	56	36	31	14,5	21,4	15

Сопоставление полученных результатов расчета с нормативными величинами показывает, что установка шумоглушителя позволяет достигнуть необходимого уровня шума практически во всем диапазоне частотных полос.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Основные термины и определения

Объект – совокупность (зданий, строений, сооружений) и автономных объектов, принадлежащих организациям (предприятиям) любой формы собственности.

Ресурс – энергия (тепловая, электрическая и т.д.) и вещество (топливо, газ, вода), необходимые для обеспечения жизнедеятельности (работы систем жизнеобеспечения) объекта.

Принципиальная схема (технической системы) – наглядное изображение узла ввода потребляемого ресурса от внешнего источника, его доставку к местам потребления и места установки приборов учета используемого ресурса.

Прибор учета (используемого ресурса) – совокупность технических средств, осуществляющих измерение и документированный учет используемого ресурса.

Обследование (энергетическое) объекта – комплекс мероприятий, проводимых с целью определения *фактических* (по приборам учета) и *ожидаемых* (рассчитанных по нормативным методикам) *объемов потребляемых ресурсов* и формирование мероприятий по ресурсосбережению и повышению энергетической эффективности объекта.

Потребление ресурсов объектом:

Теплопотребление (Гкал).

Электропотребление (кВт/ч).

Водопотребление и водоотведение (м³).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Перечень экзаменационных вопросов

1. Назначение и состав инженерных систем зданий и сооружений.
2. Системы отопления как потребители тепловой энергии.
3. Системы вентиляции и кондиционирования как потребители энергоресурсов.
4. Системы водоснабжения и водоотведения как потребители ресурсов.
5. Потребители электрической энергии в зданиях и сооружениях.
6. Потребители газа и иных ресурсов в зданиях и сооружениях.
7. Приведенное (требуемое) сопротивление теплопередачи наружной ограждающей конструкции здания или сооружения.
8. Приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции зданий.
9. Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции.
10. Общий коэффициент теплопередачи здания, отапливаемый объем, показатель компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.
11. Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период.

12. Расход (потребность) тепловой энергии на отопление здания за отопительный период.

13. Расчетный и нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания.

14. Энергетический паспорт здания.

15. Основные положения нормативных документов по энергосбережению в зданиях, сооружениях и автономных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. СНиП 23-02–2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2004.
3. Свод правил СП 23-101–2003. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: Госстрой России, 2004.
4. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
5. СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2004.
6. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Кн. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха/Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992.
7. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 2. Водопровод и канализация/Под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990.
8. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Госстрой России, 2004.
9. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России, 2003.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	5
2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	8
3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ.....	10
4. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	28

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологий является преемником Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011г.) в январе 2012 года был присоединен к Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики.

Созданный 31 мая 1931года институт стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение;

машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-и массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов, разработанных учеными и преподавателями института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издаются научно-теоретический журнал «Вестник Международной академии холода» и Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

www.ifmo.ru

ihbt.ifmo.ru

Лысёв Владимир Иванович

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Титульный редактор
Р.А. Сафарова

Компьютерная верстка
Д.Е. Мышковский

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

*Печатается
в авторской редакции*

Подписано в печать 12.03.2015. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 1,86. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,88
Тираж 30 экз. Заказ № С 19

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9