

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

СиТБ №4(56) – 2016

Сборник научных трудов академии строительства и архитектуры ФГАОУ ВО
«Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

Симферополь

2016

Сборник научных трудов академии
строительства и архитектуры
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный
университет им. В.И. Вернадского»

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС77-61830 от 18.05.2015 г.

Техническая редакция:

Янушковский К.А.

Корректор:

Курочкина Т.Е.

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 13,0.
Тираж 100 экз.

Отпечатано с оригинал-макета в
типографии ИП Бражников Д.А.
295053, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Оленчука, 63,
тел. +7 978 71 72 902,
e-mail: braznikov@mail.ru

Редакционный совет:

Председатель: Федоркин С.И., д.т.н., проф., КФУ
им.В.И. Вернадского

Заместитель председателя: Николенко И.В., д.т.н.,
проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Заместитель председателя: Любомирский Н.В., д.т.н.,
проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Руководители редакционных комиссий:

– *Градостроительство* – **Нагаева З.С., д.арх., проф.,**
КФУ им.В.И. Вернадского

– *Строительные науки* – **Шаленный В.Т., д.т.н., проф.,**
КФУ им.В.И. Вернадского

– *Инженерное обеспечение* – **Зайцев О.Н., д.т.н., проф.,**
КФУ им.В.И. Вернадского

– *Экологическая безопасность* – **Ветрова Н.М., д.т.н.,**
проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Члены редакционного совета:

Андронов А.В., к.ф.-м.н., доц., КФУ им.В.И. Вернадского

Абдулгазис У.А., д.т.н., проф., ГБОУ ВО РК «КИПУ»

Бекиров Э.А., д.т.н., проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Беспалов В.И., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Боровский Б.И., д.т.н., проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Горбатюк Н.В., к.г.н., доц., КФУ им.В.И. Вернадского

Графкина М.В., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «МГМУ»

Дворецкий А.Т., д.т.н., проф., КФУ им. В.И. Вернадского

Дьяков И.М., к.т.н., доц., КФУ им. В.И. Вернадского

Кукунаев В.С., д.т.н., с.н.с., КФУ им. В.И. Вернадского

Линченко Ю.П., к.т.н., доц., КФУ им. В.И. Вернадского

Лукьянченко М.А., к.т.н., доц., КФУ им.В.И. Вернадского

Любомирский Н.В., д.т.н., проф., КФУ

им. В.И. Вернадского

Морозов А.Д., к. т. н., проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Маилян Д.Р., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Несветаев Г.В., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Пищулина В.В., д.арх., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Родин С.В., к.т.н., доц., КФУ им.В.И. Вернадского

Рыжаков А.Н., к.ф.-м.н., доц., КФУ им.В.И. Вернадского

Сироджа И.Б., д.т.н., проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Серпокрылов Н.С., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Толстой М.Ю., к.т.н., доцент, ИРНТУ

Цопа Н.В., д.э.н., проф., КФУ им. В.И. Вернадского

Чемодуров В.Т., д.т.н., проф., КФУ им.В.И. Вернадского

Чеботарев В.И., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Шейна С.Г., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «РГСУ»

Ячменева В.М., д.э.н., проф., КФУ им.В.И. Вернадского

*Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета АСА ФГАОУ ВО «КФУ*

им. В.И. Вернадского» № 6 от 30.08.2016.

*Адрес редакции: 95006, г. Симферополь, ул. Павленко, 3,
АСА, корпус 2, к.410, E-mail: rio@napks.ru*

**©Академия строительства и
архитектуры, 2016**

МАТЕРИАЛЫ
ТРЕТЬЕЙ КРЫМСКОЙ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



26 сентября – 30 сентября 2016 г.

Республика КРЫМ, г. СИМФЕРОПОЛЬ – г. СУДАК

ОРГАНИЗАТОРЫ И СОУЧРЕДИТЕЛИ КОНФЕРЕНЦИИ:

- *МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*
- *РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК (РААСН)*
- *АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО*
- *ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ЮЗГУ), КУРСК*
- *НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ РААСН (НИИСФ РААСН)*
- *СОЮЗ СТРОИТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ*

Председатели конференции:

Федоркин С.И., советник РААСН, директор АСА КФУ
Дворецкий А.Т., советник РААСН, проф. АСА КФУ

Сопредседатели конференции:

Ильичёв В.А., РААСН, Москва
Емельянов С.Г., ректор ЮЗГУ
Шубин И.Л., директор НИИСФ РААСН
Любомирский Н.В., проректор АСА КФУ

Программный комитет:

Бакаева Н.В. , ЮЗГУ, Курск	Несторович М. , Сербия, г. Белград
Бок Томас , Германия, Мюнхен	Нигст Петер , Клагенфурт, Австрия
Булгаков А.Г. Германия, Дрезден	Николенко И.В. , АСА КФУ, Симферополь
Волков А.А. ректор МГСУ, Москва	Сергейчук О.В. , КНУСА, Киев
Гагарин В.Г. , НИИСФ РААСН, Москва	Теличенко В.И. президент МГСУ, Москва
Зайцев О.Н. , АСА КФУ, Симферополь	Умнякова Н.П. , НИИСФ РААСН, Москва
Клюева Н.В. , ЮЗГУ, Курск	Фёдоров В.С. МИИТ, Москва
Колчунов В.И. , ЮЗГУ, Курск	Чемодуров В.Т. АСА КФУ, Симферополь
Нагаева З.С. , АСА КФУ, Симферополь	Шаленный В.Т. АСА КФУ, Симферополь

Организационный комитет:

Дворецкий А.Т. , АСА КФУ, Симферополь
Денисова Т.В. , АСА КФУ, Симферополь
Клевец К.Н. , АСА КФУ, Симферополь
Максименко А.Е. , АСА КФУ, Симферополь
Митрофанова С.А. , АСА КФУ, Симферополь
Беломестнова В. , АСА КФУ, Симферополь

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Биосферная совместимость городов и экологическая безопасность	
<i>Бессарабова Е.В.</i> Особенности формирования свето-цветовой городской среды.....	6
<i>Борсук О.Ю.</i> Преодоление кадрового кризиса в ЖКХ за счет использования интерактивных методов обучения.....	11
<i>Дворецкий А.Т., Денисова Т.В., Клевец К.Н.</i> Карта изолиний градусо-суток отопительного периода для территории Российской Федерации.....	14
<i>Максименко А.Е., Стехина Л.А.</i> Закономерности пропорций в пластической анатомии человека и их влияние на проектирование архитектурно-природной среды	19
<i>Митрофанова С.А.</i> Влияние вида отражающих элементов плоских солнечных коллекторов на облученность приемника	25
<i>Ницын А. Ю.</i> Снежная хижина «иглу» – энергосберегающий дом аборигенов крайнего севера.....	28
<i>Огородников И.А.</i> Дом 21 века.....	33
<i>Сергейчук О.В.</i> Особенности учёта и регулирования теплопоступлений от солнечной радиации при помощи солнечных карт.....	39
<i>Холотцев А. В.</i> Экстремально низкие зимние температуры воздуха на европейской территории России и атлантическая мультидекадная осцилляция	46
Раздел 2. Современные энергоэффективные конструкции и материалы зданий	
<i>Белов В.В, Гамаюнов С.</i> Пеновак – поризованный бетон с пустотелым наполнителем	55
<i>Бузало Н.А., Алексеев С.А., Царитова Н.Г.</i> Конструктивные решения узлов пространственных покрытий быстровозводимых зданий и сооружений	59
<i>Гузненков В.Н., Журбенко П.А.</i> Компьютерное моделирование как основа геометро-графической подготовки в техническом университете.....	63
<i>Калафатов Д.А.</i> Результаты исследований численных моделей двухслойных железобетонных плитных фундаментов каркасных зданий	66
<i>Козлова И.А., Славин Б.М., Харах М.М., Славин Р.Б.</i> Выполнение в компас-3D строительных чертежей различного вида	70
<i>Колчунов В.И., Кацавцев А.А., Андросова Н.Б.</i> Исследование деформирования и разрушения составных железобетонных балок в запредельных состояниях	76
<i>Морозова Е.В., Морозов В.В.</i> Перспективные направления реконструкции зданий средней этажности с обеспечением заданного уровня сейсмостойкости.....	79
Раздел 3. Экологическая безопасность и энергоэффективность инженерных систем зданий	
<i>Владимиров М.Ю., Клименкова О.И., Калашикова Н.К., Чеботарев И.П.</i> Структурный шум от насосов отопления и проблемы его снижения в жилых и общественных зданиях	87
<i>Дихтярь Т.В., Илаев Г.А., Зайцев О.Н.</i> Тепловой режим помещений при аккумуляции тепла ограждающими конструкциями.....	92
<i>Завалий А.А.</i> Численное моделирование тепловых систем с источниками инфракрасного излучения.....	97
<i>Николенко И.В., Котовская Е.Е.</i> Оценка энергетической эффективности работы агрегатов насосных станций подкачки с учетом условий эксплуатации	103

Раздел 1. Биосферная совместимость городов и экологическая безопасность

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВЕТО-ЦВЕТОВОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Бессарабова Елена

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
e-mail: elsev1980@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматриваются объективные и субъективные факторы, влияющие на формирование свето-цветовой городской среды. Проанализированы все компоненты, формирующие окраску объектов, помещенных как в условия искусственной так и естественной освещенности с учетом ландшафта, времени суток и сезонности.

Ключевые слова: освещенность, альbedo, колористика, свето-цветовая среда, пространство погружения.

Введение.

Недостаточная изученность факторов, влияющих на колористическое решение городской среды зачастую приводит к нежелательным эффектам, а иногда и к серьезным просчетам, которые в свою очередь формируют негативное впечатление у человека, попадающего в эту среду. Всестороннее исследование и изучение физических параметров не только цвета в который выкрашивается объект, но так же, и цвета фона, внешней и внутренней освещенности, влияния сезонности на цветовую гамму приведет к обоснованному выбору цветовой палитры для городской среды.

Анализ публикаций, материалов, методов.

Цветовые решения, которые используются в архитектуре, имеют гораздо большее значение, чем это может показаться на первый взгляд. Иногда цвет вызывает иллюзорные эффекты [5]. Иногда цвет очень сильно влияет на психику, особенно ярко это проявляется если происходит резкое дисгармоничное сочетание цветов [6]. Причем это влияние начинается на психологическом уровне, а продолжается на физическом. Поэтому грамотное гармоничное сочетание цветов в архитектуре является важным для создания благоприятной атмосферы жизни и деятельности социально активной личности.

В современной науке все чаще предпринимаются попытки разрешить проблему колористики в городской среде. Одна из самых значительных работ по этой тематике – труд А.В. Ефимова «Колористика города» [7]. Так все более актуальной задачей при формировании городской среды становится изучение не только взаимодействия цветов самих архитектурных объектов, но так же и той световой и цветовой среды в которую они помещены [8].

Цель и постановка задачи исследования.

Целью работы является изучение всех факторов, как объективных, так и субъективных на гармоничное формирование свето-цветовой среды города. Задачи:

- 1) Изучить совокупность всех факторов, влияющих на колористику архитектурных объектов.
- 2) Разделить всю совокупность факторов на объективные и субъективные.
- 3) Оценить влияние каждой группы факторов на совокупное впечатление от воспринимаемого объекта.

Основной раздел с результатами и их анализом.

Зрительное восприятие любых объектов, в том числе архитектурных, – это симбиоз физического, геометрического и физиологического процессов. Удовлетворенность либо дисгармоничность ощущений при восприятии такого объекта формируется в виде реакции нервной системы на возникающее возбуждение [4]. Процесс возбуждения вызывается попадающим на сетчатку глаза световым лучом. Качество и параметры светового луча будут определять формируемое впечатление от рассматриваемого объекта. Световой луч воспринимается двояко:

- в качестве источника уровня естественной или искусственной освещенности;
- в качестве переносчика, создателя и трансформатора цвета воспринимаемого объекта, от которого этот луч отражается.

Все колористические параметры, формирующие общее цветовое впечатление от объекта представлены на схеме рисунка 1.

Уровень и интенсивность освещенности в совокупности с колористической окраской самого освещения формируют цвет объекта. Помимо объективных факторов, влияющих на формирование цвета объекта существует ряд субъективных факторов, определяющих эмоциональное впечатление – схема рисунка 2.



Рисунок 1. Схема колористических параметров, на которые влияет луч света

Рассматривая свето-цветовую городскую среду следует учесть, что природно-климатические факторы являются основополагающими при формировании комплексной цветовой оценки. Это обусловлено тем, что совокупность таких факторов формирует как фон на котором воспринимается объект, так и множество отражающих поверхностей, обладающих собственными альbedo коэффициентами.

Таким образом совокупность природно-климатических факторов можно назвать средой погружения, то есть совокупностью природных, климатических, фоновых и искусственных факторов, которые оказывают влияние на формирование зрительного образа воспринимаемого объекта.

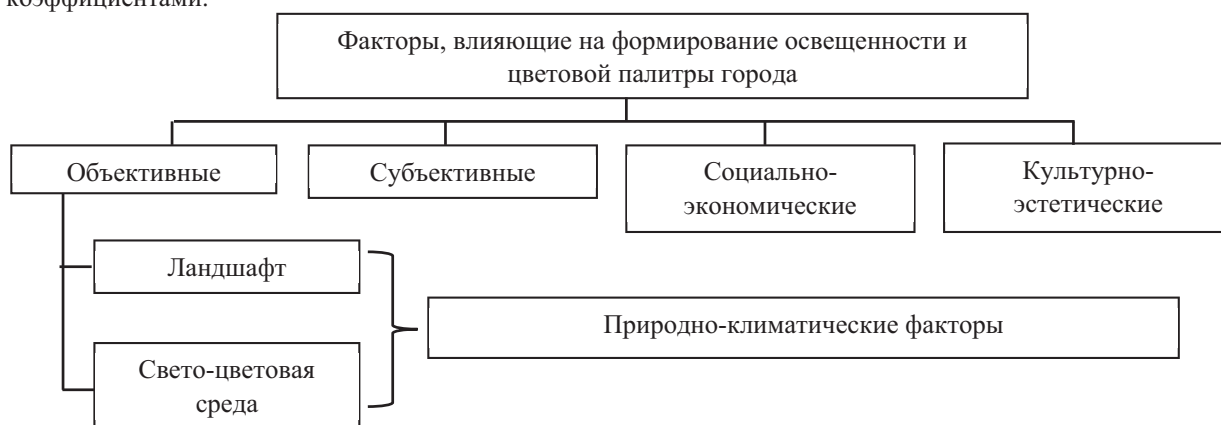


Рисунок 2. Факторы, влияющие на формирование освещенности и колористического решения архитектурных объектов

К субъективным факторам относятся: этнические, религиозные, национальные, социально-экономические, культурно-исторические.

На субъективную оценку свето-цветовой среды города оказывает влияние:

1. эмоциональность и психофизиологический тип воспринимающего;
2. принадлежность к культурной, национальной и религиозной группе.

Влиять на формирование субъективных факторов на коротком участке времени не предоставляется возможным, поэтому наиболее

эффективным представляется рассмотрение и разносторонний анализ среды погружения архитектурного объекта.

Воспринимая любой объект в том числе и архитектурный нервной системой формируется сигнал. Этот сигнал, обладающий определенными параметрами, обрабатывается физиологической системой человека, передавая импульс нервной системе, которая в свою очередь сравнивает полученный сигнал с витальным и ментальным опытом. Данная схема поэтапного процесса восприятия представлена на рисунке 3.

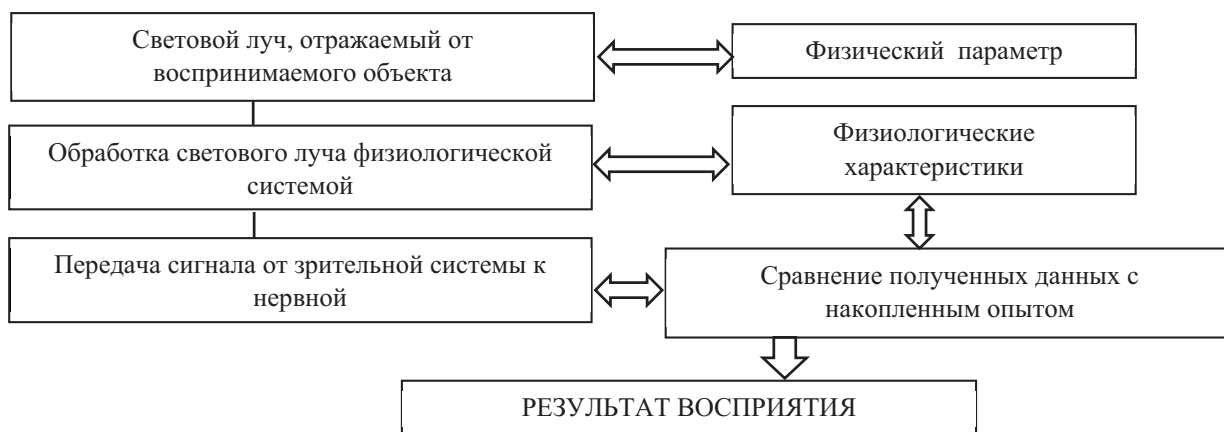


Рисунок 3. Схема процесса восприятия с делением на физическую и физиологическую составляющие

Таким образом, осуществляется связь между физическими параметрами, физиологией зрения человека и нервной системой. В зависимости от того каков по своей природе и физическим характеристикам световой луч, отраженный от воспринимаемого объекта, зависит дальнейшее формируемое впечатление.

Стоит уточнить, что восприятие архитектурного объекта формируется в двух различных типах условий:

1. естественного светового ландшафта;

2. искусственного освещения, используемое в ночное или сумеречное время – архитектурное освещение (световой дизайн).

Рассматривая световой луч, как объективный фактор, влияющий на формирование освещенности и цветовой палитры города необходимо выделить две его составляющие: параметры луча, падающего на объект, и параметры луча отраженного от объекта и попадающего на сетчатку. Разница между параметрами падающего и отраженного луча формируют цвет и его колориметрические параметры объекта – рисунок 4.

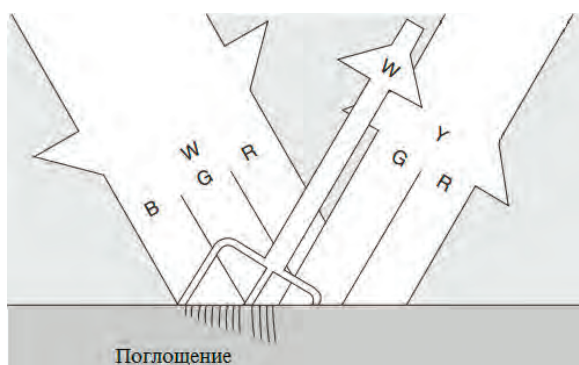


Рисунок 4. Формирование цвета у воспринимаемого объекта

W – белый дневной свет или искусственная его имитация; B – сине-фиолетовая часть спектра; G – желто-зеленая часть спектра; R – красно-желтая часть спектра.

Из рисунка 4 видно, что попадая на поверхность белый дневной свет W или его искусственная имитация, которая так же может формировать свет другого цвета, частично поглощается поверхностью, а частично отражается. Падающий свет полностью отражающийся от объекта вызывает у зрителя ощущение цвета полностью идентичного самому свету. Как только часть спектра падающего света начинает поглощаться материалом объекта, у воспринимающего возникают цветовые ощущения.

Пример попадания белого света на поверхность имеющую определенную цветовую окраску представленный на рисунке 4 имеет

идеальную природу [1, 3]. Это обусловлено тем, что идеально белого света не существует. А свет, который попадает в дневное время суток на архитектурные объекты как правило окрашен или имеет примеси других цветов, то есть отличен от белого. Это происходит по причине того, что лучи попадающие на здание или другой объект исходят не только непосредственно от Солнца, но часть лучей попадает отражаясь от других соседствующих объектов, которые уже имеют свою окраску. Чем интенсивнее эта окраска, тем больше освещение отличается от белого, так называемые отраженные блики.

Это приводит к тому, что рассматривая освещенность объекта следует учесть факторы, которые влияют на цветность самой освещенности:

ландшафт и его отражающая способность; цветность окружающего фона [2, 6]. Составляющие ландшафта приведены на рисунке 5.



Рисунок 5. Составляющие ландшафта

Ландшафт в совокупности со всеми составляющими формирует:
 – отражающую способность поверхности, зависящую от рельефа;

– отражающую способность, зависящую от подстилающей поверхности или наличия водоемов в непосредственной близости;
 – цветовой фон с учетом биоценоза и изменения по сезонам.

Составляющие свето-цветовой среды представлены на рисунке 6.



Рисунок 6. Составляющие свето-цветовой среды

Свето-цветовая среда формирует:
 – уровень искусственного или естественного освещения;
 – яркость воспринимаемого объекта, формирующаяся в зависимости от уровня освещенности;
 – продолжительность дневного освещения;
 – цветность фона при искусственном освещении.

Так на рисунке 7 представлены составляющие ландшафта и свето-цветовой среды, которые связаны между собой и формируют совокупность физико-геометро-физиологических условий, которые в свою очередь приводят к влиянию сначала на психологическое состояние, а впоследствии на физиологическое.

Любая городская среда воспринимается человеком либо как комфортная, либо как дисгармонирующая и негативно сказывающаяся на

наблюдающем [9]. Результат восприятия должен быть всегда позитивным – в таком случае архитектурная среда будет гармоничной, но для этого при проектировании следует учитывать то пространство погружения, то есть ландшафт и свето-цветовую среду, в которой находится объекта архитектуры или малые архитектурные формы [10].

В любом городе происходят процессы, которые не зависят от желания его жителей. Сменяются: свето-цветовая среда с течением времени суток и сменой сезонов; колористика подстилающей поверхности как единица биоценоза. Все это образует совокупность объективных факторов, которые своими цветовыми проявлениями, так или иначе, влияют на освещенность объекта и восприятие колористического решения и как результат воздействие на эмоциональное состояние человека.

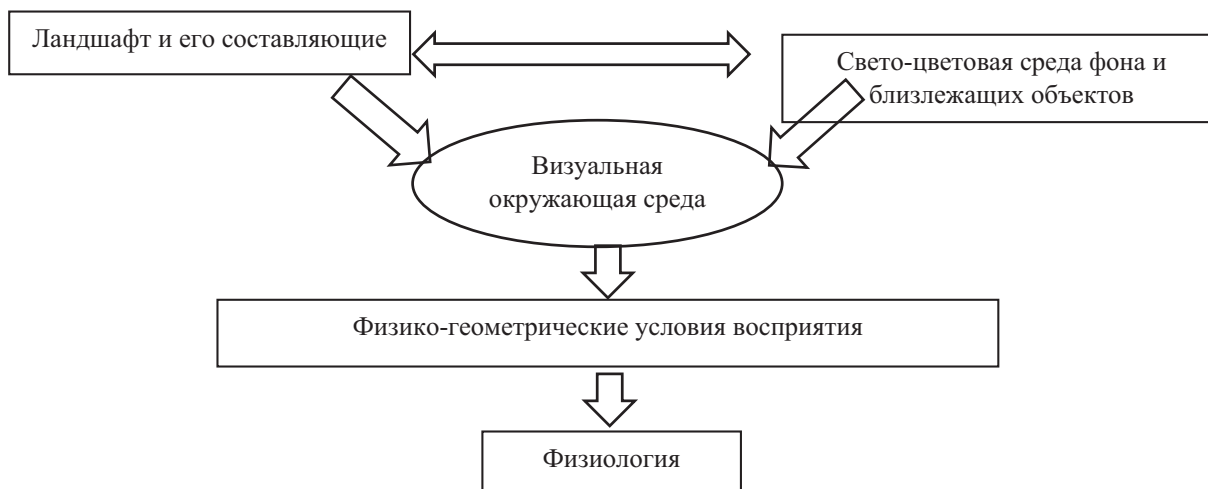


Рисунок 7. Связь между средой погружения и физиологической реакцией на воспринимаемый объект

Воздействие всех выше перечисленных и проанализированных факторов оказывает влияние на любую городскую среду. Грамотное колористическое решение позволяет усилить эффект от самого ландшафта и его колористического решения. Так же должны быть учтены уровни освещенности (искусственной и естественной), цветовое решение фона и других объектов городской среды, причем с учетом как близлежащих, так и отдаленных. Цветовые решения близлежащих объектов непосредственно влияют на рассматриваемый объект, тогда как цветовые решения отдаленных объектов влияют на совокупную гармоничность всего городского образования, а не только его отдельной части.

Выводы. В результате проведенного исследования выявлены факторы которые непосредственно влияют на колористическое оформление объекта. Факторы распределены на: 1) объективные – объединяющие все физические параметры не только светового луча, но окружающего фона и подстилающей поверхности с ее отражающей способностью; 2) субъективные – те, которые меньше поддаются внешней корректировке и формируются на протяжении длительного периода времени – этнические, культурные, религиозные, возрастные, социальные и т.д. Представлены пути по которым возможно влиять на психофизиологическое состояние через управление светоцветовой средой города.

Литература

1. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне / Ж. Агостон; [перевод с англ. канд. физ.-мат.-наук И.В. Пеневой]. – М.: «Мир», 1982. – 184 с.
2. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / Г.Г. Азгальдов. – М.: Стройиздат, 1989. – 272 с.

3. Базыма, Б. А. Цвет и психика: монография / Б. А. Базыма. - Харьков: ХГАК, 2001. — 172 с.
4. Бессарабова Е.В. Анализ факторов, влияющих на формирование впечатления о воспринимаемом объекте // Universum: Филология и искусствоведение. – 2014. - № 8(10). – Режим доступа: <http://7universum.com/en/philology/archive/item/1534>.
5. Воробьев, Г., Иванова, Е. Колористика и экология / Г. Воробьев, Е. Иванова // Колористика города: мат-лы междунар. семинара. – М., 1990. – Т. II. – С. 26.
6. Габайдулина, С. Цвет как психологическая характеристика городской среды / С. Габайдулина // Колористика города: мат-лы междунар. семинара: – М., 1990. – Т. I. – С. 175 – 160.
7. Ефимов, А.В. Цвет в архитектуре и градостроительстве/ А.В. Ефимов. – М., 1981. – С. 170.
8. Елизаров, В. Региональные факторы формирования колористики города / В. Елизаров // Колористика города: мат-лы междунар. семинара. – М., 1990.– Т. II.– С. 260 – 270.
9. Педхем Ч. Восприятие света и цвета / Ч. Педхем, Дж. Сондерс. – М.: Мир, 1978. – 324 с.
10. Шаронов В.В. Свет и цвет / В.В. Шаронов. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 311 с.

ПРЕОДОЛЕНИЕ КАДРОВОГО КРИЗИСА В ЖКХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

Оксана Борсук

Майкопский государственный технологический университет, borsuk.oxana@yandex.ru

The article suggests ways to overcome human resource crisis in the sphere of housing and communal services. The methods including interactive training methods. Social interactive game "ZHEKA" trains online adults and children in resource-saving of the apartment house, popularizes professions housing communal services, increases quality of technical operation of apartment

Жилищно коммунальное хозяйство, интерактивные методы, эксплуатация жилых зданий

В сфере ЖКХ - острейший кадровый кризис! Кадровый кризис коснулся всех уровней в сфере ЖКХ - катастрофически не хватает как простых рабочих, так и компетентных бухгалтеров, технических специалистов, инженеров и управленцев. В Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих нет раздела "Квалификационные характеристики должностей руководителей, специалистов и служащих организации жилищно-коммунального хозяйства". Нет перечня должностей в ЖКХ. Сейчас вся подготовка осуществляется в рамках смежных направлений, таких как строительство, энергетика и тому подобное. То есть профессия в сфере ЖКХ не сформирована даже институционально. Сфера есть, а профессии нет. Отрасль до сих пор не имеет системы профессиональных стандартов.

Для сравнения: в той же строительной отрасли наше государство имеет 16 профильных университетов и более 80 факультетов промышленного и гражданского строительства.

Раньше считали, что тот, кто строит, тот и эксплуатирует. Сейчас этого уже недостаточно - изменилась сама система эксплуатации и управления жилищным фондом.

«В ЖКХ очень много случайных людей - тех, кто попадает в эту отрасль по стечению обстоятельств. Например, когда кризис поразил строительную сферу, многие строители перешли работать в сферу ЖКХ. В первую очередь сокращение коснулось более квалифицированных кадров. В настоящее время дефицит профессионально подготовленных руководителей и специалистов в жилищно-коммунальной сфере превышает 65 процентов, а доля работников этой сферы, имеющих высшее профильное профессиональное образование, составляет всего 7 процентов. При этом для многих специалистов работа в тех же ЖКС или УК не очень привлекательна. Они предпочитают уходить в строительные компании или в крупные ресурсоснабжающие компании, где оплата труда, как правило, выше.

Средний коэффициент образования работников ЖКХ традиционно (в силу остаточного принципа финансирования при плановом развитии экономики) был одним из самых низких. По данным выборочных

обследований Сибирского отделения РАН, в конце 1980-х гг. в ЖКХ доля работников, имеющих высшее и среднее специальное образование, составила 5,9%; общее среднее – 6,6; неполное среднее – 53,5%. Когда начались сокращения в армии, в ЖКХ пришло большое количество бывших военных, которые решили попробовать себя на новом поприще».

Майкопский государственный технологический университет готовит бакалавров по направлению подготовки «Строительство». По условиям обучения на втором курсе студент должен выбрать один из профилей подготовки «Промышленное и гражданское строительство» либо «Городское строительство и хозяйство». В течении последних пяти лет профиль «Городское строительство и хозяйство» остается невостребованным. Среди молодежи, специальность, в названии которой есть слово жилищное хозяйство, считается неперспективной. Сказывается негативный настрой общества на проходящую реформу ЖКХ и низкий заработок в данной сфере.

Чтобы привлечь специалистов в данную сферу необходимо:

- формировать жилищно - коммунальное мышление со школьной скамьи;
- внедрять интерактивные методы обучения;
- обучать председателей ТСЖ современным способам управления жилыми домами.

Четыре года назад, действующая на базе МГТУ молодежная общественная организация Адыгейского республиканского отделения Межрегиональной общественной организации содействию реформирования ЖКХ «ВСЕ ДОМА», запустила проект «Коммунальный Ликбез», который расширился за годы и в 2015 году перерос в «I ВСЕРОССИЙСКУЮ ШКОЛУ ЖЭКА». За годы действия проекта в него было вовлечено более 1800 старшеклассников и студентов, 23 председателя ТСЖ, работники министерства и строительства, эксперты фонда реформирования ЖКХ.

В 2012 году проект стал лауреатом Всероссийского конкурса «Моя страна - моя Россия» и был отмечен в Государственной Думе РФ, в 2013 году стал победителем конкурса всероссийских грантов организации «Росмолодежь», в 2015 году победителем грантов Министерства образования и науки республики Адыгея.

Суть проекта очень проста - студенты, активисты организации «ВСЕ ДОМА» проводили классные часы в старших классах на тему: «Азбука ресурсосбережения». Занятие проходило в виде игры викторины, на которой задавались вопросы, связанные с ресурсосбережением в быту. В конце игры определялся победитель, вручался приз и присутствующим, раздавались брошюры об экономии воды, газа, электроэнергии. Параллельно рассказывалось о специальностях коммунальной сферы.

За время реализации проекта возникла потребность в переходе от пассивных методов обучения к интерактивным методам обучения. Поэтому в марте 2014 года на базе МГТУ Государственная корпорация – Фонда содействия реформированию ЖКХ и МОО РА «ВСЕ ДОМА» совместно провели чемпионат по социальной интерактивной игре «ЖЭКА» среди школьников и студентов. В игре приняло участие более 300 старшеклассников и 200 студентов республики Адыгея. Ребята показали самые высокие результаты по России, набрав 620 тысяч баллов.

Игра, приближенная к действительности состоит из трёх уровней: квартира, дом, квартал. Проходя уровни, игрок обустривает и преобразует свое жилище в современный ресурсосберегающий, экологичный дом, узнает основные законы Жилищного кодекса РФ.

«ЖЭКА» - позволяет в увлекательной форме осваивать современные технологии энергосбережения и узнавать о способах уменьшения платежей за жилищно-коммунальные услуги. Игра повышает правовую грамотность граждан Российской Федерации в сфере жилищно-коммунальных услуг, способствует быстрому изучению основ управления многоквартирными домами и применению энергосберегающих технологий в повседневной жизни.

«ЖЭКА» - это игра с простыми правилами, которые понятны как детям, так и взрослым ее можно рассматривать и как тест на эрудицию.

В 2015 году проект «Коммунальный Ликбез» стал победителем конкурса программ развития деятельности студенческих объединений образовательных организаций высшего образования Министерства образования и науки Российской Федерации, что позволило на базе МГТУ провести «I ВСЕРОССИЙСКУЮ ШКОЛУ ЖЭКА». Основными целями Школы было создание условий для развития социально-активной, профессионально-компетентной молодежи в сфере ЖКХ и взаимодействие молодежи с представителями структур ЖКХ.

20 июля 2016 года на базе МГТУ начались занятия «I Всероссийской школы «ЖЭКА», участие в которой приняли более 60 студентов вузов Центрального, Северо-Кавказского и Южного федеральных округов России, представители ТСЖ Майкопа, специалисты Государственной корпорации

– Фонда содействия реформированию ЖКХ, Министерства строительства, транспорта, жилищно-коммунального и дорожного хозяйства РА, эксперты.

В первый день занятий лекции слушателям Школы на темы «Что нужно знать о ЖКХ» и «Молодёжные проекты в сфере ЖКХ» прочитали: начальник отдела реформирования ЖКХ Министерства строительства, транспорта, жилищно-коммунального и дорожного хозяйства РА, председатель совета Адыгейского республиканского отделения Межрегиональной общественной организации содействию реформирования ЖКХ «ВСЕ ДОМА».



Рис.1.Открытие I Всероссийской школы ЖЭКА

В программу занятий I Всероссийской школы «ЖЭКА» были включены тренинги на тему «Что нужно знать о ЖКХ», воркшопы: «Жильцы и жилищное законодательство», «Использование общего имущества в многоквартирном доме», «Коммунальные услуги: просто о сложном», «Капитальный ремонт многоквартирного дома»; «Диктант ЖКХ»; рабочие сессии по направлениям: «Как грамотно управлять своим домом», «Расчёт платы за жилое помещение и коммунальные услуги» и другие мероприятия.

Отдельная программа Школы была предусмотрена для председателей ТСЖ Майкопа, в которую вошли: тренинг-блок «Эффективное взаимодействие собственников в ТСЖ», «Диктант ЖКХ», игра «ЖЭКА», встреча с экспертами и дискуссия по обсуждаемым темам.



Рис. 2.Обучение председателей ТСЖ и старших домов

Завершились занятия в школе соревнованиями в популярной компьютерной онлайн-игре по

энергосберегающим технологиям «ЖЭКА» и написанием диктанта на тему ЖКХ.

В диктанте и онлайн игре принимали участие - как студенты, так и старшие домов, председатели ТСЖ. В таблице приведены результаты диктанта, которые показали студенты и старшие домов до прохождения игры и после прохождения игры.

Таблица 1. Результаты тестирования онлайн диктанта ЖКХ.

Группа	Средний балл за диктант до игры ЖЭКА	Средний баллы за диктант после игры ЖЭКА
Студенты	9	15
Председатели ТСЖ	12	17



Рис.3 Студенты играют в игру ЖЭКа

Лучший результат среди руководителей ТСЖ показала Т.Л. Ковальчук – председатель Товарищества собственников жилья «Чкалова, 86/3». Этот дом в апреле 2016 года был признан домом образцового содержания и награждён знаком отличия «Знак качества ЖКХ».



Рис. 4. Вручение призов победителям

В 2016 году проект был представлен на XV международной выставке «Славянское содружество». По результатам работы выставки было заключено 5 договоров о намерениях, о совместной реализации проекта, включенных в единый информационный банк студенческих программ и проектов Международного молодежного

лагеря «Славянское содружество». Два вуза из Курска, Комитеты по делам молодежи городов Тамбова и Белгорода будут реализовывать проект МГТУ «I Всероссийская школа ЖЭКА».

Надеемся, что нестандартный подход и опыт Майкопского государственного технологического университета и МОО «ВСЕ ДОМА» к кадровым проблемам в ЖКХ позволит улучшить ситуацию в данной сфере.

Литература.

1. <http://www.gkh.ru/article/83904-voprosy-i-problemy-obrazovaniya-v-jilishchnom-hozyaystve>
2. Журнал Руководителя и главного бухгалтера ЖКХ №6 2016г

КАРТА ИЗОЛИНИЙ ГРАДУСО-СУТОК ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дворецкий А.Т., Денисова Т.В., Клевещ К.Н.

ФГАОУ «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры
Адрес: Российская Федерация, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 181
e-mail: erces_crimea@mail.ru,

Аннотация. В статье представлена разработка карты территории Российской Федерации с нанесением линий равных значений (изолиний) градусо-суток отопительного периода, которая может служить основой для вынесения рекомендаций по выбору материалов ограждающих конструкций, утеплителя и светопрозрачных конструкций при проектировании энергоэффективных зданий, а также для оценки затрат на отопление и вентиляцию.

Ключевые слова. Градусо-сутки отопительного периода, энергоэффективное проектирование, тепловая защита зданий

Введение

Отопительный период - период года, когда устойчивая среднесуточная температура наружного воздуха меньше или равна $+8^{\circ}\text{C}$. Климатическое районирование территории для целей строительства в СССР было заложено в строительных нормах и правилах [5], на основе которых была разработана вся методология типового проектирования в стране. Данные о градусо-сутках отопительного периода конкретной местности являются одной из основных характеристик климата, влияющих на архитектуру здания при энергоэффективном проектировании.

Анализ публикаций

В своде правил по проектированию тепловой защиты зданий [7] сказано, что продолжительность отопительного периода и среднюю температуру наружного воздуха в течение отопительного периода следует принимать согласно СНиП 23-01-99 [5] (таблица 1, графы 13,14 – для медицинских и детских учреждений, графы 11 и 12 – в остальных случаях) для соответствующего города или населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчётные параметры отопительного периода следует принимать для ближайшего пункта, который указан в СНиП 23-01-99. Величину градусо-суток в течение отопительного периода следует вычислять по формуле 1:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{от.пер.}}) \times z_{\text{от.пер.}} \quad (1)$$

где $t_{\text{вн}}$ - температура внутреннего воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$ (для частного дома принимаем равной 20°C по о ГОСТ 12.1.005-88);

$t_{\text{от.пер.}}$ - средняя температура отопительного периода, $^{\circ}\text{C}$;

$z_{\text{от.пер.}}$ - продолжительность отопительного периода, сут.

Последние два показателя принимаются по СНиП 23-01-99 [7].

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) — условная единица измерения суровости климатических условий, в виде повышения среднесуточной температуры над заданным минимумом («базовой температурой»). Показатель градусо-суток отопительного периода соотносится с нормируемым расходом топлива (энергии) для поддержания заданной температуры в жилых помещениях.

Величина градусо-суток отопительного периода используется при проектировании зданий в следующих случаях:

1. При выборе нормируемых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (таблица 1).
2. При выборе уровня теплозащиты окон, (таблица 2).
3. При определении класса энергетической эффективности проектируемого здания, (таблица 3).

При отсутствии данных для конкретного пункта расчётные параметры отопительного периода удобно было бы иметь карту градусо-суток отопительного периода Российской Федерации.

При проектировании энергоэффективных зданий необходим учёт пассивного солнечного нагрева. Из всего многообразия систем пассивного солнечного нагрева в отопительный период наиболее распространённым является прямой солнечный нагрев через окна с двойным остеклением с воздушным заполнением [3]. Это связано с тем, что такой стеклопакет одинаково эффективно работает и зимой и летом при наличии рационально спроектированных солнцезащитных устройств [11].

Климатическими параметрами, обеспечивающими работу систем пассивного солнечного нагрева зданий, являются:

1. Солнечная радиация, прошедшая через вертикальную светопрозрачную конструкцию, южной ориентации, с двойным остеклением, за отопительный период – $I_{П2}$, которая определяется по формуле 2:

$$I_{П2} = I_{ОП} \times \zeta \times \varepsilon, \quad (2)$$

где $I_{ОП}$ - суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на вертикальную плоскость южной ориентации при средней облачности, за отопительный период;

ζ – коэффициент затенения светового приёма,
 ε – коэффициент относительного проникновения солнечной радиации.

2. Градусо-сутки отопительного периода, в течении которого целесообразно осуществлять пассивный солнечный нагрев здания.

Таблица 1(Таблица 4 по [5]). Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий соответствуют градусо – суткам отопительного периода ($^{\circ}\text{C}$ сут/год) при температуре внутреннего воздуха 20°C

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода D_d , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req} , $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4

Таблица 2 (Таблица 5 по [6]). Уровни теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и пластмассовых переплетах

Заполнение светопроемов	Сопротивление теплопередаче (R , $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$) и область применения (D_d , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$) по типам окон		
	из обычного стекла	с твердым селективным покрытием	с мягким селективным покрытием
Однокамерный пакет в одинарном переплете	0,38/3067	0,51/4800	0,56/5467
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4/3333	0,55/5333	-
Двойное остекление в отдельных переплетах	0,44/3867	0,57/5600	-

Таблица 3 (Таблица А1 по [3]). Базовый и нормируемый строительный удельный годовой расход тепловой энергии для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения многоквартирных жилых зданий, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, устанавливаемый с 1 января 2016 г.

Удельный показатель расхода тепловой энергии	Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Удельный годовой расход тепловой энергии, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, в зависимости от этажности здания, эт.					
		2	4	6	8	10	12
На отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение,	2000	151	141	139	137	135	134
	3000	164	149	146	143	141	139
	4000	179	160	157	153	151	149
	5000	190	169	165	161	158	157

$Q_{от+вент+гв}^{год\ норм}$	6000	209	184	179	175	171	169
	8000	249	216	210	204	199	196
	10000	288	246	238	230	224	221
В том числе на отопление, вентиляцию отдельно, $Q_{от+вент}^{год\ норм}$	2000	46	36	34	32	31	30
	3000	69	78	55	48	46	45
	4000	84	66	62	59	56	55
	5000	96	75	71	67	64	62
	6000	115	90	85	81	76	74
	8000	153	120	113	107	102	99
	10000	191	150	141	134	127	124

Цель и задачи исследований

Цель исследований - получить карту линий равных значений (изолиний) градусо-суток отопительного периода для территории Российской Федерации, которая позволит дать рекомендации по выбору материала ограждающих конструкций, утеплителя, заполнения светопрозрачных конструкций и оценить расходы на отопление для каждой области и района страны.

Результаты исследований

Для получения карты изолиний возьмем выборку городов России и составим таблицу 4 из координат x, y, z , в которой x - долгота города, y - широта города, z - значение градусо-суток в городе.

Отправим полученные значения в программу SURFER, которая поможет получить карту изолиний градусо-суток всей территории России (рис.1).

Таблица 4 (по [4]). Данные городов РФ – долгота, широта и ГСОП.

Город	Долгота (x)	Широта (y)	ГСОП (z)
Владикавказ	44,67	43,02	3261,70
Сочи	39,73	43,60	1259,60
Краснодар	38,99	45,04	2537,50
Волгоград	44,51	48,71	3924,80
Ростов-на-Дону	39,70	47,24	3336,60
Самара	50,22	53,24	5115,60
Уфа	55,97	54,73	5434,00
Белгород	36,60	50,60	4182,90
Курск	36,16	51,71	4326,20
Симферополь	34,10	44,95	2662,20
Ялта	34,17	44,50	1773,10
Смоленск	32,05	54,80	4598,00
Тула	37,62	54,20	4761,00
Нижний Новгород	43,94	56,30	5181,50
Ульяновск	48,38	54,32	5384,80
Москва	37,62	55,75	4551,00

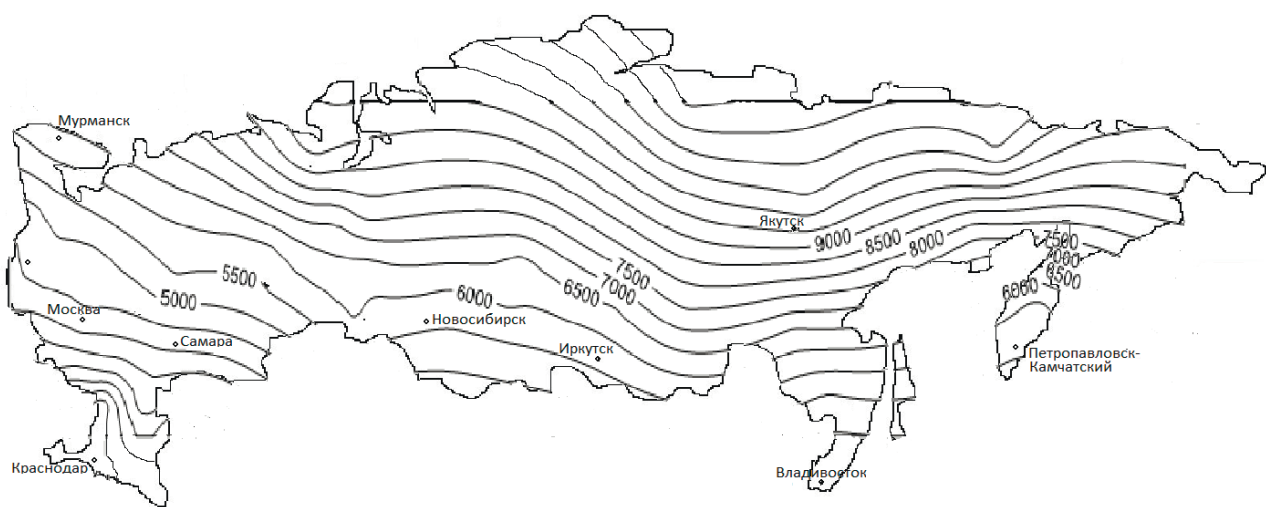


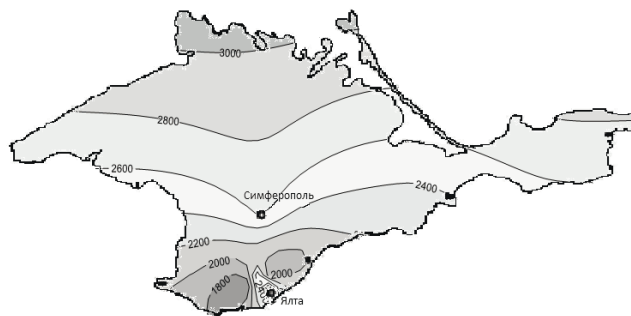
Рис. 1. Карта изолиний градусо-суток отопительного периода (ГСОП) Российской Федерации, °С·сут

В связи с тем, что рекомендации по проектированию энергоэффективных зданий могут быть предложены для регионов с похожими климатическими условиями, были разработаны более подробные карты изолиний градусо-суток отопительного периода для Южного Федерального Округа (рис.2) и Крымской Республики (рис. 3). Благодаря им, например, можно увидеть, что количество градусосуток отопительного периода в г. Краснодар и юго-

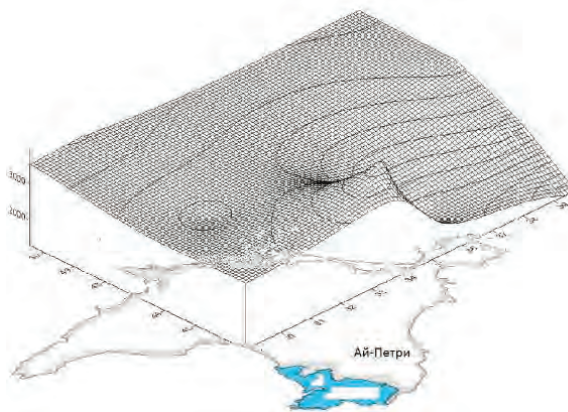
восточном берегу Крыма (г. Феодосия, г.Судак) совпадает. Следовательно, при проектировании зданий в этом регионе Крыма можно воспользоваться существующими нормами и рекомендациями по тепловой защите зданий, которые были разработаны для такого крупного города, как Краснодар.



Рис. 2. Карта изолиний градусо-суток отопительного периода (ГСОП) Южного Федерального Округа, °С·сут



а)



б)

Рис. 3. а) карта изолиний градусо-суток отопительного периода (ГСОП) Крымской Республики, °С·сут
б) поверхность, образованная изолиниями ГСОП) Крымской Республики, °С·сут

Используя данные об интенсивности солнечной радиации, можно количественно определить показатели пассивного солнечного нагрева, составляющего основную долю возмещения энергозатрат на отопление здания в холодный период года. А также, при проектировании солнцезащитных устройств, определить уровень снижения теплопотуплений.

На основе исследований [1, 2, 9, 10, 11] можно сделать вывод, что при проектировании энергоэффективных зданий с использованием пассивного солнечного нагрева, наиболее важной является информация о количестве суммарной солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность южной ориентации. Необходимо отметить, что в российских строительных нормах показателям солнечной радиации уделяют мало внимания, несмотря на то, что солнечная энергия является экологически чистым источником тепла в отопительный период, служащим для пассивного нагрева, а в южных регионах страны существует угроза перегрева помещений в жаркий период года, и требуется проектирование солнцезащитных устройств.

Выводы

Карта изолиний градусо-суток отопительного периода для такой большой страны как Российская Федерация, может существенно облегчить использование строительных норм при определении тепловой защиты зданий. Особенно удобно применять карту при отсутствии данных для какого-то конкретного населенного пункта.

Для проектирования энергоэффективных зданий с пассивным солнечным нагревом необходимо разработать карту интенсивности солнечной радиации на южном фасаде за отопительный период.

Список литературы

1. Сергейчук О.В. Климатическое районирование Украины как основа для проектирования биосферосовместимых поселений/ О.В.Сергейчук, Е.Н. Щербакова, М. Диб// *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. Курск, ЮЗГУ. 2013. № 2. С. 9 - 16.
2. Мартинов В. Л. Оптимальне розташування вікон в огорожувальних конструкціях енергоефективних будвель для пяти кліматичних районів України/ Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Випуск № 6, Київ 2014. С. 192-197.
3. Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания/ СТО НОП 2.1-2014. Москва 2014.
4. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. Госстрой СССР. М. : Стройиздат, 1983. 136с.
5. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. Строительные нормы и правила России, 2003.
6. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. Свод правил по проектированию и строительству, 2004
7. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий, М: Минрегион России, 2012
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27~2010 «Строительная климатология», Киев, Минрегионбуд Украины, 2011
9. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н. Пассивный солнечный нагрев здания // науч.-тех. журнал – Курск: Изд-во ФГБОУ ВО ЮЗГУ, 2015 – Вып. 3(11) – С.85-91
10. Клевец К.Н. Влияние тепловых поступлений через окна южного фасада на создание комфортных условий в помещении // сб. науч. работ. – Симферополь: Изд-во НАПКС, 2013. – С. 88-92
11. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н., Дворецкий Д.А. Энергоэффективная архитектура зданий в смешанном климате // науч.-тех. журнал – М: РИФ «Стройматериалы», журнал «Жилищное строительство», 2015 – Вып. 3'2015 – С.14-18

CONTOUR MAP OF HEATING DEGREE DAY PERIOD FOR THE RUSSIAN FEDERATION

Alexander Dvoretzky, Tatyana Denisova, Ksenia Klevets

The article presents the development the Russian Federation territory map with the application of equal values lines (contours) of degree-days, which can serve as a basis for making recommendations on the selection of building envelope materials, insulation and glass constructions in the design of energy efficient buildings, and to assess the heating costs and ventilation

Keywords. heating degree day period, energy-efficient design, thermal protection of buildings

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОПОРЦИЙ В ПЛАСТИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ ЧЕЛОВЕКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Максименко А. Е., к.т.н., доцент, Стехина Л.А., ст. преподаватель
(e-mail: Maksimenko_alexs@mail.ru)

Аннотация. Работа раскрывает значимость знаний пластической анатомии для архитектора, закономерности крепления мышц предплечья в зависимости от их функций. Мерой всего созданного является сам человек. Системность знаний – залог успешного их усвоения.

Ключевые слова: мышцы, пластика, форма, движение, ритм, изучение, красота, гармония.

Постановка проблемы. Анатомия – наука о строении и форме человеческого тела. Владея знаниями о пластической анатомии, архитектор может сознательно наблюдать разновидности телосложения, соотношения пропорций отдельных частей со всем телом, пластикой движения человека, разнообразные выражения чувств и т.п.

Для архитектора, скульптора, тело человека является, прежде всего предметом внимательного изучения не как врача, а как художника. Кости и мышцы человеческого тела образуют сложную систему, в которой самое незначительное движение влияет на все строение в целом, изменяя картину движений, равновесия, игру форм.

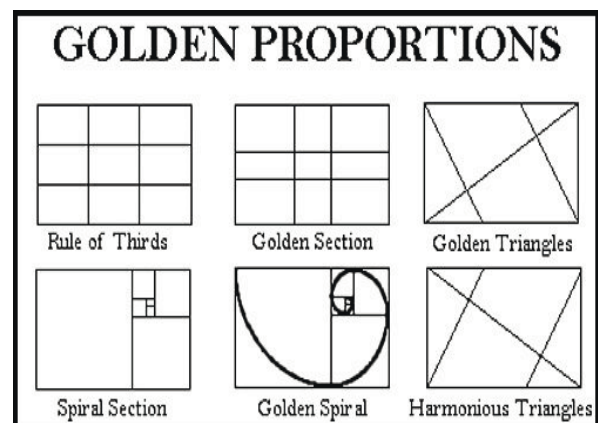
Поиск рациональных пластических форм ландшафтно-архитектурных решений начала прошлого века подчеркивает главное: всем управляет точность пропорций, направленная на достижение определенного эмоционального воздействия пространства.

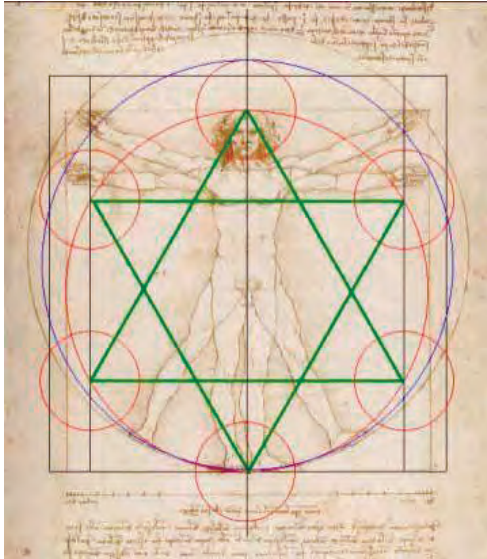
Анализ основных исследований и публикации. Все, что сооружено, построено, имеет длину, ширину и объем. Построено человеком и для себя. Человек создан уникальным образцом, равного которому не существует в природе.[1]



Для архитектурного пропорционирования не существует единой формулы, которую можно легко применить во всех случаях.

Это дело вдохновения, подлинного творчества. Но есть определенный геометрический закон, который служит основой композиции, определяет и упорядочивает ее, возникает в нужный момент в уме человека и объединяет все[2]. Автор додумывает некоторые изменения, чтобы во всей композиции восторжествовала полная гармония. «Только тот познает истинную красоту, кто мысленно добавляет недосказанное» - говорили древние[3]. « ...Более того, все средства лучших решений безгранично богаты и тонки, потому что вытекают из геометрической закономерности человеческого тела – геометрии грандиозной, четкой и определенной, основанной на гармонии, которая нас восхищает, красоте, оцененной глазом человека и его восприятием. И действительно, мы не знаем и не можем представить себе лучшего критерия». – говорил Ле Корбюзье – автор «Модулора» - этой теории измерений, опирающейся на геометрию и построенную по принципу человеческого масштаба [4].





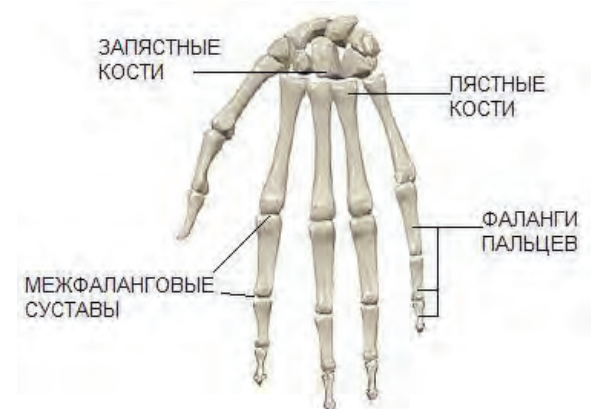
«Художник – труженик созерцания» - древнее изречение. смотреть и уметь видеть то, на что смотришь – всегда представляет собой элемент исследования, изучения, т.е. созерцания, направленного и от того углубленного, заинтересованного и увлеченного[5].

Оригинальная часть. Рука – одна из сложнейших и выразительных форм человеческого тела. По силе выражения она уступает только лицу, а по пластике формы не имеет аналогий. Рука во многом определяет характер и портрет человека. По форме руки, ее структуре можно ярко представить характер деятельности человека, его душевное состояние. Для того, чтобы передать в пластике рук выраженные ими душевные намерения, необходимо изучить их строение, точно знать форму и свободно распоряжаться ею. Для этого нужно знать анатомическое строение рук, так как все поверхностные формы связаны с внутренним строением – строением костей и мышц.

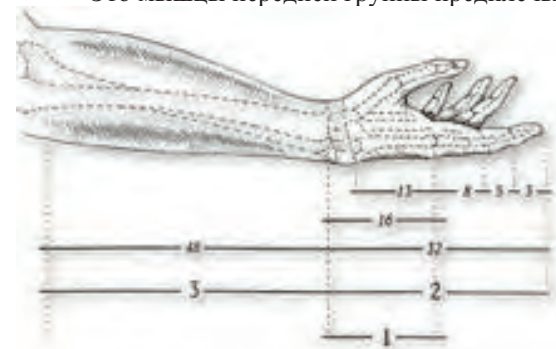


Целесообразно вначале рассмотреть, какие движения выполняют мышцы предплечья, понять их функцию. Кисть двигают в основном мышцы верхней части предплечья, их функции заключаются в следующем: они сгибают и разгибают пальцы, кисть, поворачивают, т.е. отводят и приводят кисть. Движения сгибателей и разгибателей характерны для всех существ, обладающих конечностями. Но люди – единственные живые существа, которым доступна *пронация и супинация*.

Одной из закономерностей крепления мышц предплечья является то, что почти все мышцы – сгибатели берут начало от *внутреннего надмыщелка* плечевой кости.



Это мышцы передней группы предплечья.



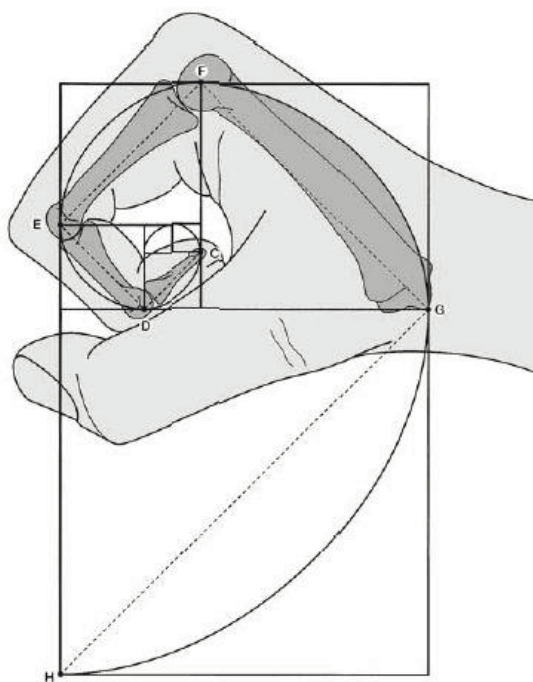
Вторая закономерность состоит в том, что все сгибатели и разгибатели *пальцев* крепятся у основания фаланг пальцев, а сгибатели и разгибатели *кисти* – у основания пястных костей.

Третья закономерность заключается в последовательном начале крепления мышц в верхней части предплечья и теком же последовательном прикреплении их в нижней части руки при соблюдении параллельности волокон этих мышц.

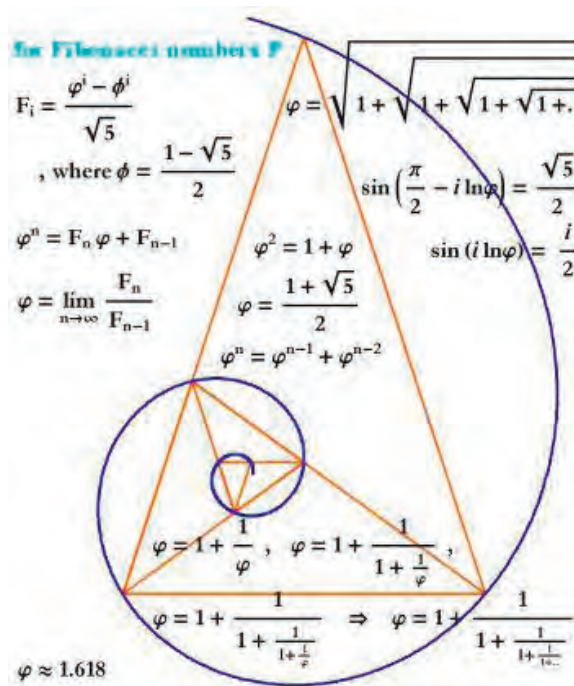
Эти закономерности являются опорными точками при изучении мышц предплечья, так как обучающийся, даже не освоив особенности отдельных мышц, будет уже знать принцип рас положения и крепления этих групп мышц.



Таким образом, знания об отдельных мышцах руки закладываются посредством видения целого. Если обучающийся поймет принцип крепления отдельных групп мышц через функции, то он в дальнейшем сможет самостоятельно изучить и отдельные мышцы.

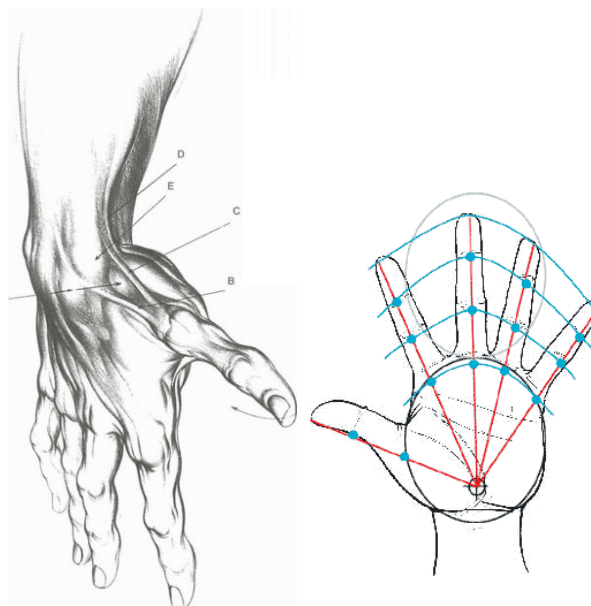


Нас всегда восхищает простота решений. И если источником этой красоты является большая сложность, подлинное величие, - все идет хорошо. Появляются «Божественные пропорции» или «Золотое сечение», выделенное в человеческом знании из интуитивной и опытной категории.



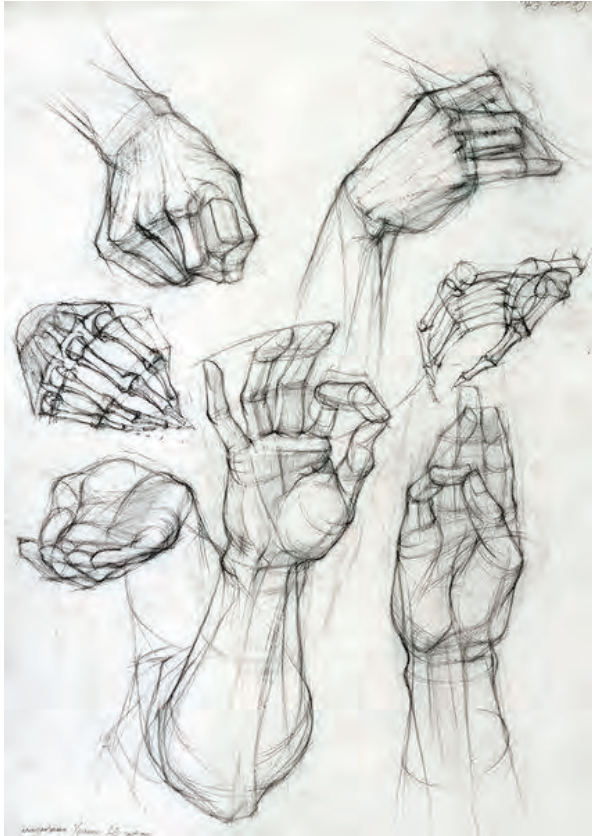
Приведем несколько примеров.

Показательными могут быть четыре мышцы (группа разгибателей), относящихся к работе *большого и указательного пальца*.



Последовательность крепления мышц на локтевой кости сверху вниз:

1. Длинная отводящая большой палец;
2. Короткий разгибатель большого пальца;
3. Длинный разгибатель большого пальца;
4. Собственный разгибатель указательного пальца.



Последовательность крепления этих мышц на кости:

1. Основание пястной кости большого пальца;
2. Основание основной фаланги большого пальца;
3. Основание ногтевой фаланги большого пальца;
4. Основание ногтевой и второй фаланги указательного пальца.

Волокна мышц везде проходят параллельно.

Второй пример из группы разгибателей кисти. Последовательность крепления мышц на плечевой кости, положение – *полупронация*.

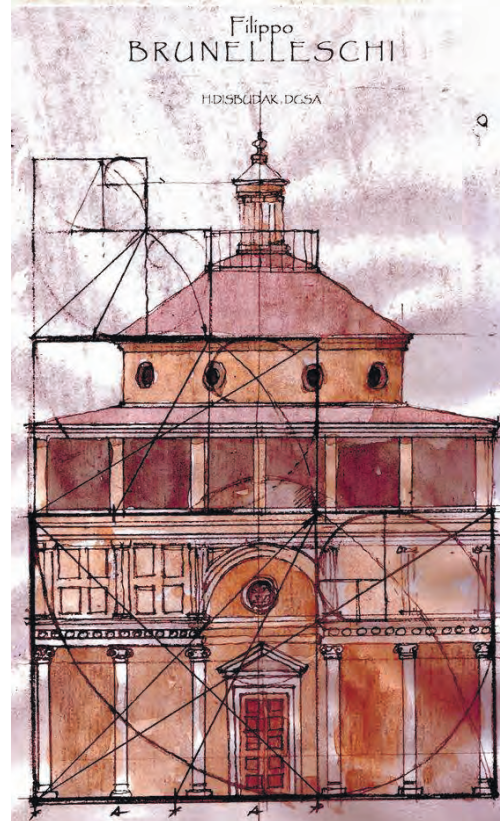
1. Плечелучевая (выше надмыщелка на 8-10 см.);
2. Длинный лучевой разгибатель кисти (выше надмыщелка на 3-4 см.);
3. Короткий лучевой разгибатель кисти (мышцелок плечевой кости);

Последовательность крепления этих мышц на кости:

1. Шиловидный отросток лучевой кости (вне кисти);
2. Основание второй пястной кости;
3. Основание третьей пястной кости.



Для профессионального архитектора, скульптора, художника знания пластической анатомии ценны тогда, когда есть внутренние знания этого предмета. Как правила правописания естественным образом проявляются при написании текста, так знания пластической анатомии без нажима, без доказательств, без выхода на поверхность должны проявляться архитектором при изображении человека, создании проекта здания или ландшафтной среды.



В любом проекте – все детали объединены, части сочетаются с целым, фрагменты согласуются

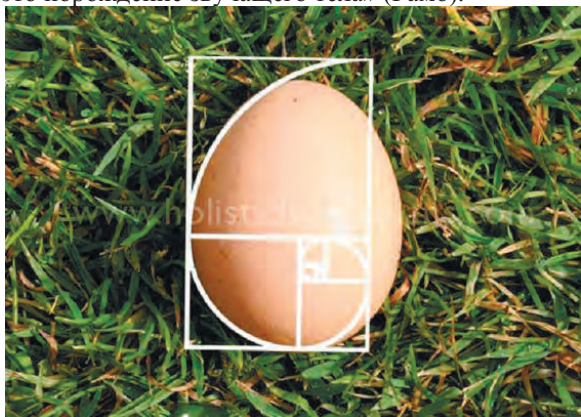
между собой, а математика одушевляет все эти элементы, т.е. устанавливает пропорции.

Исходя из этих моментов в планировке ландшафтных ансамблей, четко просматриваются решения пространств с совокупностью растений, увеселительных строений, ландшафта, дорожек, малых архитектурных и скульптурных форм и т.д., а также намечаются четкие зависимости объемов с выкладками и схемами Ле Корбюзье.



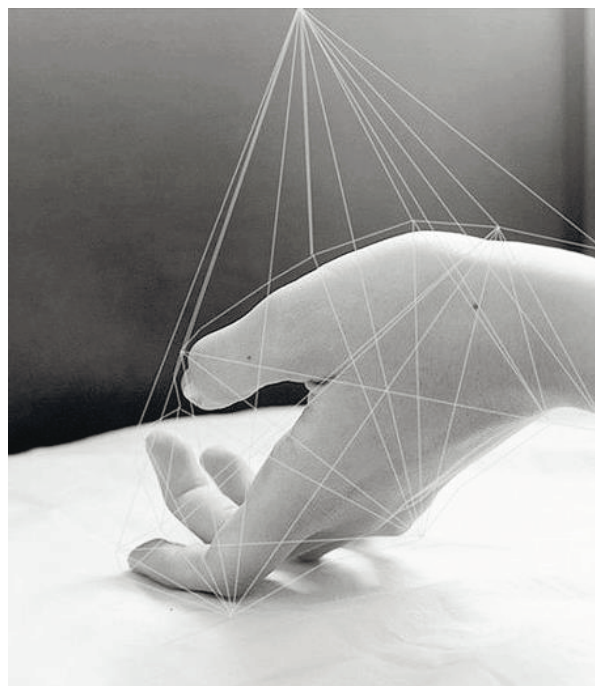
Пропорционально размеру участка на плане, учитывая варианты, можно определить, например, размер фонтана. Решение плана определяет возможности габаритных размеров объекта в натуре. Деление по вертикали тоже попадают в систему геометрических выкладок конструктивной схемы.

Выводы. Таким образом, в проекте закладывается алфавит гармонии пропорции, «...а пропорции – это порождение звучащего тела» (Рамо).



Невозможно в определенную схему вложить земное чудо природы, место раздумий и наконец, место, где существует красота, дающая уму спокойствие, которое ему необходимо.

Все, что касается раздумий, духа красоты, порядка, который господствует (и служит поддержкой этой красоте), - все это АРХИТЕКТУРА.



Архитектура не добавляется. Она заключается в особом свойстве того строя, которым автор проекта придает группировке пластических объемов определенное место.

Грамотно сконструированное пространство с ритмическими интервалами, которым подчинены биоритмические процессы человеческого организма, реализуются на уровне комфорта – «человек – среда».



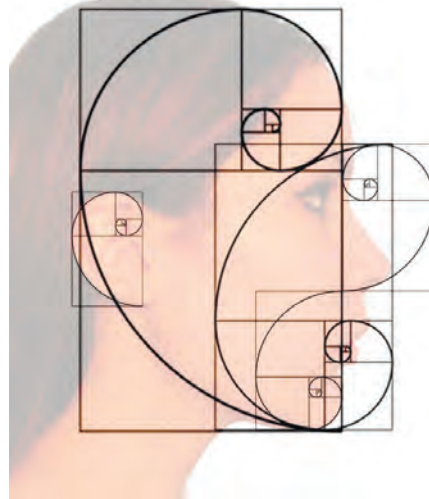
Перспективы дальнейшего исследования. В решении визуального эмоционального воздействия огромную роль играет гармония в пропорциональности объемов (масс) архитектурно – природной среды.



Любая ландшафтная или архитектурная композиция несет важное и действенное средство психологической терапии. Наряду с фазами расслабления (релаксации) отрабатываются и фазы концентрации (усиления) мысленных функций, развивающие способность сосредоточения умственного процесса.



Парк, сквер, зеленый уголок, усадьба, все элементы, которых сочленены единым ритмическим «узором» и подчинены одной и той же пропорции, способствуют усилению концентрации внимания, если пропорциональный ритмический каркас подходит биоритмическому каркасу человека.



А это в свою очередь расширяет:

1. Биотерапевтический эффект;
2. Интеллектуально творческий потенциал.

Первое способствует физиологическому оздоровлению тела, а второе – укрепляет жизненный тонус и повышает трудовую активность.

«... создавая состояние психологической комфортности, мы вступаем в резонансный контакт с пространством архитектурного объекта, проникаемся ожиданием чего-то желанного, чего-то очень нужного, важного, заветного...» (И.П.Шмелев).

Список литературы:

1. Павлов Г.М. Пластическая анатомия/ Г.М. Павлов, В.П. Павлова. – М. Искусство. 1967 – 240с.
2. Максименко А.Е. «Геометрические вопросы проектирования садово-паркового пространства на основе «Модулора» Ле Корбюзье». Сборник научных трудов «SED-05», Киев – 2005г.
3. Механик Н. С. Основы пластической анатомии \ Н.С. Механик. – М. Искусство, 1958 -349с.
4. Ле Корбюзье. «Архитектура XX века» -Москва: «Прогресс», 1977г.
5. Барчай Г. Анатомия для художников \ Г. Барчай – Будапешт. Корвина. 1959 – 343с.

LAWS PROPORTIONS IN PLASTIC ANATOMY HUMAN AND THEIR IMPACT ON ARCHITECTURE - PLASTIC MEDIUM .

Abstract. *The work reveals the importance of knowledge of plastic anatomy for the architect , attachment patterns forearm muscles depending on their functions. The measure of all creation is man himself . Systematic knowledge - the key to the success of their assimilation .*

Keywords: *muscles , plastic , shape, movement , rhythm , learning, beauty, harmony .*

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОТРАЖАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОБЛУЧЕННОСТЬ ПРИЕМНИКА

С.А. Митрофанова

Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского
Академия строительства и архитектуры
mitrofanova_67@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ облученности приемника для различных отражающих элементов, применяемых в плоских солнечных коллекторах с целью определения вида отражающего элемента дающего наиболее продолжительную облученность приемника. За образующую отражающих элементов принята как монотонная кривая, так и составные кривые с регулярной и иррегулярной вершинами. В основе проведенного анализа лежит метод применения аппарата плоской картины отражения, поскольку в нормальном сечении отражающих цилиндрических поверхностей нормаль в любой точке отражающей поверхности принадлежит секущей плоскости.

Ключевые слова: аппарат отражения, зона облученности приемника, отражающая поверхность, составная кривая с регулярной вершиной, составная кривая с иррегулярной вершиной, плоский солнечный коллектор.

Постановка проблемы.

При использовании не следящих плоских коллекторов с отражающими элементами возникает вопрос геометрического моделирования концентрирующей поверхности с целью получения наибольшей рабочей зоны приемника, в дальнейшем зоны облучения, при различном наклоне солнечных лучей. В основе геометрического моделирования отражающих поверхностей лежит изучение геометрии и свойств отраженного потока и геометрии карстовой области конгруэнции отраженных лучей. Проводящиеся исследования имеют целью конструирование наиболее эффективных не следящих плоских коллекторов с концентрирующими элементами.

Анализ предыдущих исследований.

Решение поставленной цели базируется на использовании алгоритма определения положения основных кривых плоской картины аппарата отражения предложенного в работе [1]. В нормальном сечении отражающей поверхности нормаль в каждой точке образующей принадлежит секущей плоскости. В этом случае проекции углов падения и отражения солнечных лучей на плоскость сечения равны. В плоских коллекторах отражающая поверхность является цилиндрической. Поэтому к ним применимо решение плоской задачи аппарата отражения. Исследование изменения положений линий каустики – границы карстовой области и огибающей отраженных лучей для отражающей поверхности, за образующую которой принята составная кривая с регулярной вершиной, рассмотрена в работе [2] и для составной кривой с иррегулярной вершиной в работе [3]. Применение их в плоских коллекторах анализировалось в работе [4]. Дальнейшие исследования базируются на ранее проведенных.

Цель и задачи исследования.

Сравнить получаемые зоны облученности приемника отражающей поверхностью образующей, которой является монотонная кривая или составные кривые с регулярной и иррегулярной вершинами.

Основная часть.

Для решения поставленной задачи использовалась компьютерная визуализация зоны облучения приемника и схемы отражения солнечных лучей для разных видов отражающих поверхностей применяемых в плоских коллекторах при изменении наклона солнечных лучей в течение суток.

Основное применение в виде отражающих элементов плоских солнечных коллекторов получили полуцилиндры, образующая которых в нормальном сечении есть полуокружность. Для следящих плоских коллекторов с концентрирующими элементами в виде цилиндриды положение приемника определяется однозначно, в фокальной точке. Для не следящих коллекторов поверхность каустики в течение суток изменяется. Пространственное решение задачи базируется на решении плоской задачи аппарата отражения.

Рассмотрим зону облученности цилиндрического приемника при различном направлении солнечных лучей для отражающей поверхности в виде полуцилиндра. Диаметр приемника принят 10 мм. Радиус образующей дуги отражающего полуцилиндра принят 6 мм. Центр дуги отражающего полуцилиндра совпадает с центром приемника в нормальном сечении. На рис. 1 показана схема отражения солнечных лучей поступающих на отражаемую поверхность параллельно оптической оси отражающей системы. Представленная схема показывает, что облучена только верхняя половина приемника и отделенные отраженные лучи точечно попадают на нижнюю часть поверхности приемника. Остальные лучи после многократного отражения выходят из оптической системы.

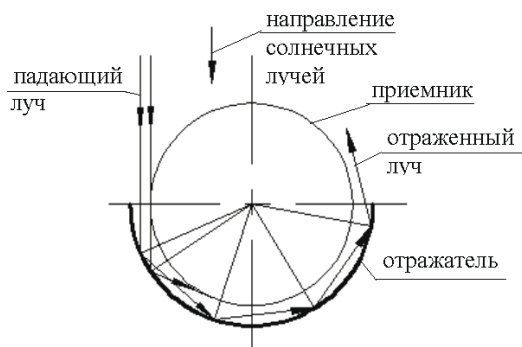


Рис. 1. Схема отражения полуцилиндрического отражателя (падающие солнечные лучи параллельны оптической оси)

Если коллектор располагается под углом к поверхности Земли равном широте данной местности, то максимальным отклонением солнечных лучей от направления оптической оси есть угол между максимальной высотой подъема солнца и широтой местности. В Крыму для широты 45° максимальная высота подъема солнца составляет 68° (значение углов округлено до градусов). Следовательно, максимальное отклонение поступающих солнечных лучей относительно оптической оси составит 22° - 23° . На рис. 2 показана схема отражения солнечных лучей от отражающей поверхности в виде полуцилиндра при наклоне падающих лучей к оптической оси 22° .

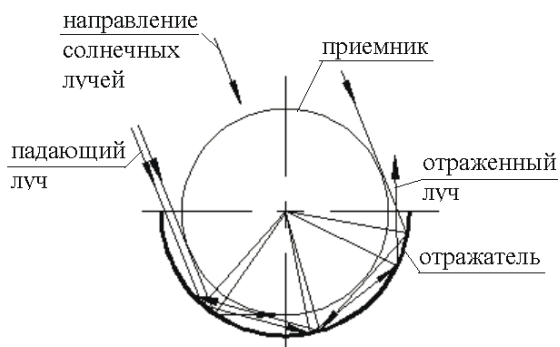


Рис. 2. Схема отражения полуцилиндрического отражателя (наклон падающих солнечных лучей с оптической осью составляет 22°)

Схема показывает, что и в этом случае облучается только верхняя часть приемника, смещенная в сторону поступления солнечных лучей на 22° .

Рассмотрим схемы отражения солнечных лучей, если за отражающую поверхность принята составная кривая представляет собой сочетание сторон – парабола и окружность. Составная кривая, состоящая из двух монотонных кривых имеющих, в одном случае, в вершине общий радиус кривизны представляет собой регулярную кривую. При различных радиусах кривизны в вершине монотонные кривые образуют иррегулярную кривую.

Для составной кривой с регулярной вершиной (рис. 3), при совпадении направления поступающих солнечных лучей с направлением оптической оси системы облучается не только верхняя часть приемника, но и его нижние стороны. Не облученной остается только самая нижняя часть приемника.

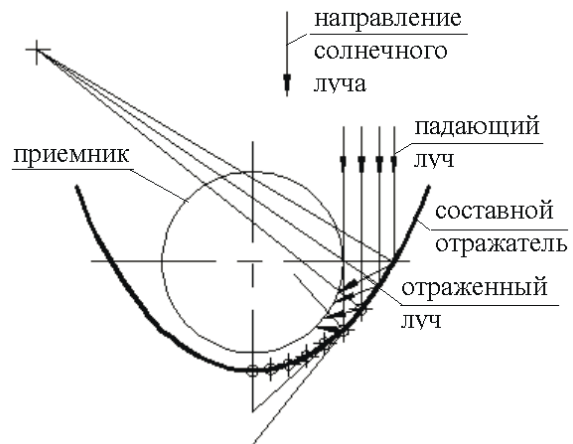


Рис. 3. Схема отражения солнечных лучей полуцилиндрического отражателя образующей которого является составная кривая с регулярной вершиной (падающие солнечные лучи параллельны оптической оси)

При изменении угла наклона падающих лучей до максимального положения наблюдается смещение облученности приемника в сторону наклона лучей (рис. 4).

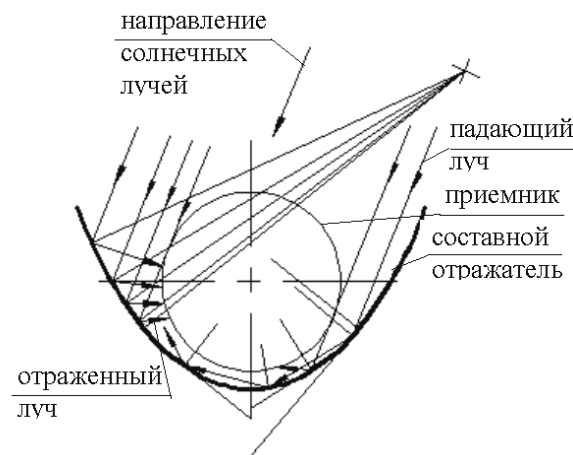


Рис. 4. Схема отражения солнечных лучей полуцилиндрического отражателя образующей которого является составная кривая с регулярной вершиной (наклон падающих солнечных лучей с оптической осью составляет 22°)

Зона облученности приемника остается прежней, но появляется зона отражающей поверхности, у которой отраженные лучи уходят из системы, не попадая на приемник.

Если в качестве образующей отражающей поверхности принята составная кривая с иррегулярной вершиной то результаты исследования показывают,

что при направлении солнечных лучей параллельно оптической оси системы зона облучения приемника такая же как и в случае, если образующей отражающей поверхности является составная кривая с регулярной вершиной (рис. 5).

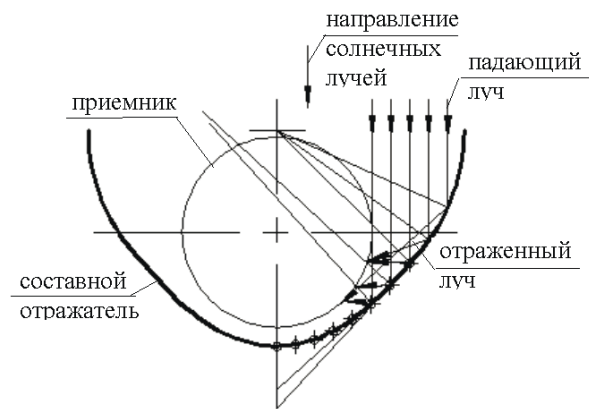


Рис. 5. Схема отражения солнечных лучей полуцилиндрического отражателя образующей которого является составная кривая с иррегулярной вершиной (падающие солнечные лучи параллельны оптической оси)

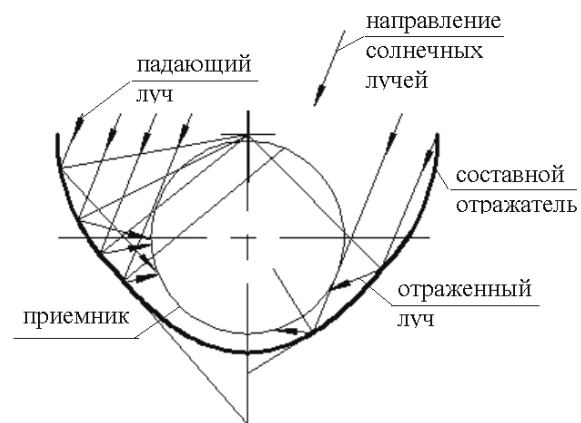


Рис. 6. Схема отражения солнечных лучей полуцилиндрического отражателя образующей которого является составная кривая с иррегулярной вершиной (наклон падающих солнечных лучей с оптической осью составляет 22°)

При изменении наклона солнечных лучей зона облученности приемника в количественном измерении не меняется, и все отраженные лучи попадают на поверхность приемника (рис. 6).

Выводы.

При сравнении полученных схем определения зоны облученности цилиндрического приемника для разных видов отражающих поверхностей можно отметить что наибольшая зона облученности достигается когда за образующую отражающей поверхности принята составная кривая.

Карстовая область отраженных лучей для этого случая находится внутри приемника, При сравнении двух вариантов составных кривых вариант с регулярной вершиной геометрически меньше чем с иррегулярной вершиной, что является не маловажным фактором при конструировании коллекторов с концентрирующими элементами. Таким образом, он является предпочтительнее несмотря на то, что при некоторых углах наклона падающих солнечных лучей небольшая часть отраженных лучей выходит из системы. Для всех вариантов нижняя часть отражающей поверхности закрыта приемником и не выполняет своей функции. При более точных исследованиях нерабочая часть отражающей поверхности может быть заменена металлической в целях экономии.

Список литературы

1. Дворецкий А.Т. Автоматизация расчетов для плоской отражающей системы с источником в несобственной точке /А.Т. Дворецкий, С.А. Миннтрофанова //Прикладна геометрія та інженерна графіка — К.: КНУБА — 2003 — вип. 73 — С. 77 — 81.
2. Митрофанова С.А. Определение линии кастрики для составных отражающих плоских кривых /С.А. Митрофанова //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету /Прикладна геометрія та інженерна графіка — вип. 4- т. 54 — 2012 — Мелтополь: ТДАТА — С. 96-100.
- 3, Митрофанова С.А. Определение линии кастрики для составной кривой с иррегулярной вершиной /С.А. Митрофанова //Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность» - вып. 41 — 2012 — Симферополь, НАПКС — С.125-129.
4. Митрофанова С.А. Применение составной кривой в плоских коллекторах с концентрирующими элементами/ С.А. Митрофанова // Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность» - вып. 50 - 2014. —Симферополь, НАПКС — С. 126-129.

IMPACT TYPE REFLECTING ELEMENTS OF FLOT SOLER COLLECTORES IRRADIANCE OF THE RECEIVER

S. Mitrofanova

In the article the analysis of irradiance receiver for various reflecting elements used in flat solar collectors to determine the most effective form of a reflective element of giving the most long lasting illumination of the receiver. For forming the reflecting elements is taken as a monotonic curve, and the compound curves with regular and irregular top. The basis of the conducted analysis is the method of application of the apparatus of the flat pattern of the reflection, as in a normal cross section of the cylindrical reflecting surface normal at any point on the reflecting surface belongs to the section plane.

Key words: reflection device, the reflecting surface, the composite curve with a regular top, composite curve with an irregular top, flat solar collector.

СНЕЖНАЯ ХИЖИНА «ИГЛУ» – ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ДОМ АБОРИГЕНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А. Ю. Ницын

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21, ukrmoda@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена снежной хижине «иглу», которая является непревзойдённым образцом жилища, приспособленного к природным условиям Крайнего Севера. Это обусловлено тем, что снежная хижина «иглу» обеспечивает достаточно комфортные условия проживания при крайне низких температурах окружающего воздуха и в то же время требует минимальных затрат энергии для её обогрева и освещения. Показано, что энергосбережение и экологическая безопасность снежной хижины «иглу» достигается за счёт её геометрической формы, строительного материала и системы вентиляции.

Ключевые слова: иглу, энергосбережение, экологическая безопасность.

Введение

Чтобы построить современный дом, в котором можно жить удобно, безопасно и в согласии с природой, надо обладать многими знаниями и прежде всего, – знаниями химии, физики и математики. Проблема состоит в том, что, пожалуй, нет такой современной технологии энергосбережения и экологической безопасности, которая не была бы известна древним строителям, жившим задолго до зарождения письменности и первых очагов цивилизации. Возьмём, например, снежные хижины «иглу», которые начали строить 30000 лет тому назад, – именно тогда, по мнению антропологов и этнографов, на Крайнем Севере поселились предки современных эскимосов [1, 2]. Разумеется, ещё ни один археолог не раскопал снежной хижины «иглу», сложенной в те далёкие времена, но, если бы наши первобытные предки не умели их возводить, сейчас Крайний Север был бы необитаемым.

Анализ публикаций

Несмотря на необычный вид снежных хижин «иглу», как будто сошедших со страниц научно-фантастических романов, их изучению посвящено не слишком много литературы. В Российской империи не было ни одной известной нам публикации, посвящённой снежным хижинам «иглу». В Советской России была издана одна-единственная брошюра, в которой раскрываются способы их строительства [3], и несколько книг зарубежных исследователей Арктики с краткими упоминаниями о том, какими удивительными свойствами обладают постройки из снега, в которых живут эскимосы [4, 5]. Кроме того, в одном из руководств по организации детского туризма была выделена целая глава, посвящённая постройкам из снега [6]. Однако работ, которые рассказывали бы о том, какими знаниями химии, физики и математики должны были обладать древние строители, чтобы построить снежную хижину «иглу», до сих пор не опубликовано.

Цель и постановка задачи

Таким образом, цель настоящей работы – дать научное объяснение технологиям энергосбережения и экологической безопасности, первооткрывателями которых были люди каменного века, поселившиеся на Крайнем Севере 30000 лет тому назад.

Результаты и их анализ

Рассмотрим конструкцию снежной хижины «иглу». Зимнее жилище эскимосов представляет собой полусферический купол, сложенный из снежных блоков. Блоки вырезаются из снега, уплотнённого ветром. Плотность снега выражается отношением его веса к весу такого же объёма воды. Эта величина составляет для пушистого свежеснежного снега величину от 0,01 до 0,03, а для многолетнего слежавшегося снега (фирна) – от 0,40 до 0,65 [7]. Наилучшим для постройки хижины является сухой снег, обладающий плотностью от 0,25 до 0,30, с равномерной мелкозернистой структурой [3]. Это значит, что снежные блоки, используемые эскимосами для строительства хижины, примерно на три четверти состоят из воздуха.

Куполообразные хижины «иглу» имеют следующие размеры: диаметр пола выбирается в интервале от 1,5 до 9 м, высота от пола до центра свода – от 1,3 до 4 м. Для семьи из трёх-четырёх человек эскимосы строят хижины диаметром около 3 м и высотой около 2 м [3].

Строительной площадкой, как правило, является вершина плотного сугроба высотой не менее 1 м [3]. Сугроб выравнивается так, чтобы получилось плоское основание, которое используется в дальнейшем для обустройства лежанки. После того как в снегу прочерчивается окружность, устанавливающая размеры жилища, намечают место входа. Если хижина строится на одну ночь, то вход в неё делается с подветренной стороны. Если же хижина должна служить жильём в течение продолжительного времени, то вход

устраивается под прямым углом к господствующему направлению ветра.

Вход в снежную хижину «иглу» делается ниже уровня пола. Поэтому, чтобы попасть в хижину, в глубоком снегу прокапывается траншея длиной от 2 до 3 м и шириной 70–90 см. Глубина траншеи зависит от высоты сугроба, но не может быть меньше 70 см [3]. Траншее прокапывают до первого ряда снежных «кирпичей», а в начале траншеи делают несколько ступенек, по которым её обитатели будут выбираться на поверхность сугроба. Перед входом в траншею с наветренной стороны складывают из кусков снега стенку, предохраняющую траншею от снежных заносов.

Под лежанку отводится приблизительно две трети площади, занимаемой хижинкой. Между лежанкой и входом в хижину выкапывается колодец, достигающий дна траншеи. Слева и справа от колодца делают по одной ступеньке, высота которой равна половине его глубины. Эти ступеньки служат для того, чтобы по ним можно было подняться из траншеи и забраться на лежанку.

Потом в толще снега вырезается дверной проём, соединяющий колодец с траншеей. Высота проёма составляет 70 см, а его ширина – 60 см [3]. Это значит, чтобы попасть в хижину, надо сначала проползти на корточках по дну траншеи, затем пролезть через дверной проём в колодец и подняться по ступенькам на лежанку. При этом лежанка должна возвышаться над верхним краем дверного проёма не менее чем на 30 см. Вверху, с подветренной стороны хижинки, в 25-30 см от центра купола прорезается круглое отверстие, диаметр которого составляет около 10 см [3]. Покажем на рис. 1 продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на высоком сугробе.

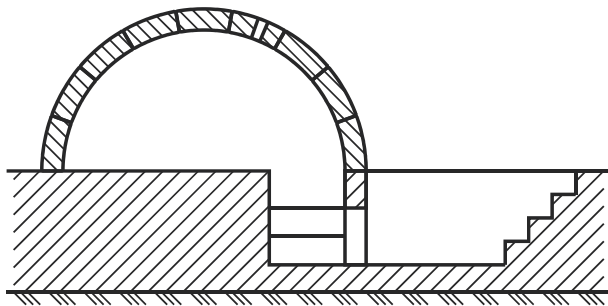


Рис. 1. Продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на высоком сугробе

Если хижина возводится на тонком слое снега, входом в неё служит галерея, покрытая цилиндрическим сводом, сложенным из снежных блоков. Длина галереи лежит в интервале от 2 до 3 м, а её высота составляет не менее 70 см. Перед входом в траншею возводят снежный куполообразный домик, по виду напоминающий основную хижину. Диаметр окружности, лежащей в основании сферического купола, равняется 1,5 м. Кроме того, чтобы предохранить галерею от снежных заносов, у входа в галерею с наветренной

стороны складывают из кусков снега стенку высотой не менее 70 см. После того как хижина построена, вдоль её основания возводится насыпь из плотно утрамбованного снега, обложенная снежными блоками. Снежная насыпь играет роль завалины, которая способствует повышению прочности хижинки и помогает утеплить её при резких понижениях температуры. Высота завалины составляет не менее 30 см. Лежанку сооружают из снежных плит. При этом её высота должна быть не меньше высоты дверного проёма. Продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на тонком снежном покрове показан на рис. 2.

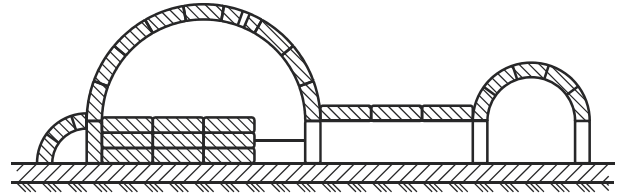


Рис. 2. Продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на тонком снежном покрове

Рассмотрим теперь свойства снежной хижинки «иглу», которые вытекают из её конструкции и обеспечивают ей энергосбережение и экологическую безопасность.

Прежде всего, обратим внимание на геометрическую форму снежной хижинки «иглу». Как было показано в докторской диссертации О. В. Сергейчука, сфера обладает наименьшей площадью поверхности при заданном объёме, охватываемом ею, по сравнению с другими геометрическими телами, например параллелепипедом [8]. Это значит, что снежная хижина «иглу» по сравнению с постройкой из снега в виде параллелепипеда, имеющего тот же объём, обладает наименьшей теплоотдачей в окружающее пространство. Как предки эскимосов, не знавшие физики и не имевшие ни малейшего представления о решении изопериметрических задач, додумались до того, чтобы придавать своим жилищам полусферическую форму, остаётся загадкой. Может быть, к мысли о сфере они пришли после безуспешных попыток возвести по периметру прямоугольника прямые стены, уложить сверху деревянные жерди и накрыть их снежными плитами. Во-первых, на Крайнем Севере трудно найти лес, в котором растут тонкие высокие деревья, а во-вторых, после обильного снегопада плоская крыша может обвалиться. Поэтому предкам эскимосов пришлось отказаться от более простой конструкции дома в виде параллелепипеда и научиться возводить из снежных блоков сферический купол.

Действительно, как показала практика, снежная хижина «иглу» обладает замечательной прочностью, когда на неё воздействует не сосредоточенная, а равномерно распределённая нагрузка [6]. Это объясняет, почему снежной хижине «иглу» в отличие от дома в виде

параллелепипеда не страшны ни снежные бури, ни обильные снегопады.

Следующим важным фактором, влияющим на энергосбережение снежной хижины «иглу», является материал, применяемый при её строительстве. Как было указано выше, снег, из которого возводятся хижины «иглу», примерно на 75% состоит из воздуха. Пожалуй, нет такого современного строительного материала, который обладал бы меньшей теплопроводностью, чем строительный материал, из которого предки эскимосов делали свои жилища. Правда, здесь никакого чуда не было, – просто предки эскимосов возводили свои дома из того единственного строительного материала, который можно было найти на Крайнем Севере.

Не менее сложной проблемой, чем выбор строительных материалов, применяемых для возведения стен и их декоративной отделки, является вентиляция жилых помещений и обеспечение жильцов свежим, чистым воздухом, – и здесь предки эскимосов нашли поистине гениальное решение. Это решение состоит в сочетании двух важных факторов: входа в жилище, которое располагается ниже уровня пола, то есть лежанки, и отверстия вблизи вершины сферического купола. Во-первых, благодаря тому, что холодный воздух того же объёма, что и объём тёплого воздуха, заключённого в хижине, тяжелее его, наружный воздух, поступающий в хижину через траншею, вытесняет из хижины воздух, насыщенный парами и продуктами дыхания, и выдавливает его через отверстие в куполе. Во-вторых, благодаря тому, что на Крайнем Севере дуют непрерывные ветры, поток воздуха, обдувающего хижину, высасывает из неё воздух через отверстие в куполе, и обеспечивает поступление в хижину свежего воздуха, проникающего в неё через траншею – это говорит о том, что снежная хижина «иглу» является ничем иным, как эжектором. Кроме того, холодный воздух, поступающий в траншею и накапливающийся на дне колодца, запирает выход тёплого воздуха через дверной проём и способствует его накоплению вверху хижины, откуда он медленно просачивается наружу через маленькое отверстие в середине купола.

Рассмотрим температурный режим, который поддерживается в снежной хижине «иглу» благодаря выбору геометрической формы, строительного материала и системы вентиляции. По свидетельству В. Стефансона, производившего измерения при температуре наружного воздуха -45° и максимально возможном прогревании хижины, в траншее, ведущей в хижину, температура воздуха была -43° . При этом температура воздуха внутри хижины распределялась следующим образом: на дне колодца, расположенного перед лежанкой, воздух прогревался до -40° , на уровне верхнего края дверного проёма – до -18° , на уровне спальной площадки – до -7° , на уровне плеч сидящего

человека – до $+4^{\circ}$, а над головой сидящего человека – до $+16^{\circ}$ [4].

Наиболее удивительным свойством снежной хижины «иглу» является то, что чем ниже опускается температура окружающего воздуха, тем более высокая температура воздуха поддерживается внутри неё. Этот парадокс объясняется тем, что из-за низкой теплопроводности стены хижины поглощают больше тепла, чем отдают окружающей среде, но чем ниже температура наружного воздуха, тем выше может прогреться воздух внутри хижины и тем позднее его температура достигает уровня, при которой начинается таяние её внутреннего свода. Чтобы накопить тепло при температуре наружного воздуха выше -15° и предохранить свод от таяния, под куполом хижины натягивают экран в виде квадратного куска тонко выделанной шкуры или сшитую из отдельных кусков шкуры куполообразную палатку, которая в подвешенном состоянии краями не достигает лежанки. Экран или палатку подвешивают на расстоянии 10-15 см от свода. Боковые стенки палатки растягивают таким образом, чтобы между ними и стенами хижины оставался небольшой зазор. Концы экрана прибивают кольщиками к стенам. Это позволяет в некоторых случаях поднять температуру воздуха, расположенного непосредственно под экраном или палаткой, до $+30^{\circ}$ [3].

Не меньшее удивление вызывает то, что «тропическую жару» в снежной хижине «иглу» можно создать с помощью нескольких плоских тюленьих жиром. Плоски устанавливают посередине хижины, под вентиляционным отверстием, сделанным в её своде. Фитилём служит хорошо перетёртый мох, который насыпают на дно плоски. После того как мох пропитается жиром, кашицеобразную массу подгребают лопаточкой к краю плоски, выкладывают из неё узкий длинный валик и поджигают его. При тщательном уходе плоска даёт яркое, равномерно распределённое по периметру плоски пламя, которое не образует копоти. Высоту пламени регулируют толщиной фитиля и её можно уменьшить до язычка, едва распространяющего свет.

Нельзя не рассказать об ещё одном чуде строительной техники предков эскимосов, а именно: об освещении снежной хижины «иглу». Хижина освещается теми же плосками, которые используются для её обогрева, причём для освещения хижины диаметром 3 м достаточно иметь одну плоску [3]. Благодаря многократному отражению лучей от кристалликов льда, выстилающих внутреннюю поверхность полусферического свода, снежная хижина «иглу» заполняется равномерно распределённым светом. Если в жилище, выполненном в виде параллелепипеда, в двугранных углах, образованных стенами, скапливается темнота, то в снежной хижине «иглу» нет мест, которые лежали

бы в тени. Более того, если встать спиной к источнику света, то в снежной хижине «иглу» можно спокойно, без какого-либо напряжения читать книгу, поскольку отбрасываемая на книгу тень будет почти незаметна. При этом пасмурным днём в хижине настолько светло, что можно читать и писать без искусственного освещения, а в солнечные дни свет становится таким ярким, что можно заболеть «снежной слепотой». Ночью, когда светит Луна, хижина освещается слабым зеленоватым светом, при котором можно свободно передвигаться по хижине, не боясь натолкнуться на расположенные в ней предметы. Это объясняется тем, что снег, из которого построена хижина, имеет большую прозрачность для видимого спектра электромагнитных волн и хорошо пропускает внутрь неё как прямые, так и отражённые от поверхности Луны солнечные лучи.

Снежную хижину «иглу» можно построить двумя способами. Первый способ состоит в том, что снежные кирпичи укладываются в кольцо с прямоугольным поперечным сечением и осевой линией в виде окружности. Это значит, что снежная хижина «иглу» состоит из нескольких горизонтальных слоёв кирпичей, уложенных друг на друга. При этом каждый кирпич последующего слоя опирается на кирпичи предыдущего слоя только одной нижней гранью. Второй способ состоит в том, что снежные кирпичи укладываются в винтовую поверхность с прямоугольным поперечным сечением и осевой линией в виде винтовой линии, принадлежащей сфере. Это значит, что снежная хижина «иглу», построенная по второму способу, представляет собой один слой кирпичей, опоясывающий её от основания сферического купола до его вершины. При этом каждый кирпич связывается с другими кирпичами двумя гранями, а именно: нижняя грань опирается на кирпич, принадлежащий нижнему витку винтовой поверхности, в то время как одна из его боковых граней прижимается силой земного тяготения к предыдущему кирпичу из текущего витка винтовой поверхности.

Разумеется, эскимосы, как и их далёкие предки, предпочли второй способ построения снежной хижины «иглу», – первый способ они оставили европейцам, которым почему-то кажется, что кольцевой способ кладки снежных кирпичей гораздо проще винтового способа. Как предки нынешних обитателей Крайнего Севера могли узнать о чудесных свойствах винтовой линии, построенной на поверхности сферы, до сих пор остаётся загадкой.

Однако вернёмся к нашим кирпичам. Первоначально все кирпичи, кроме кирпичей нижнего ряда, имеют размеры $60 \times 40 \times 15$ см. При этом кирпичи, предназначенные для первого нижнего ряда, имеют размеры $70 \times 50 \times 20$ см. Когда хижина строится по первому способу, первоначальная прямоугольная форма снежных

кирпичей сохраняется только в первом ряду. Потом кирпичи обрезаются так, чтобы придать им трапециевидную форму, а при укладке последнего ряда сферического купола кирпичи приобретают форму треугольников. Когда хижина строится по второму способу, кирпичи первого ряда также имеют прямоугольную форму, а все последующие кирпичи, в том числе и кирпичи последнего ряда сферического купола, имеют вид неправильных многоугольников.

Рассмотрим особенности кладки снежных кирпичей по винтовой линии. После того как первый нижний ряд кирпичей приобретёт форму кольца, первые его три кирпича срезаются по наклонной прямой линии, идущей от верхней правой вершины передней грани третьего кирпича до середины первого кирпича, которая определяется как точка пересечения диагоналей его передней грани. Первый кирпич второго ряда укладывается в выемку первого кирпича первого нижнего слоя, а все последующие кирпичи второго ряда укладываются на кирпичи предыдущего слоя. Это обеспечивает не только придание кирпичной кладке форму винтовой поверхности, но и перекрывание каждым кирпичом верхнего ряда стыков кирпичей, лежащих в нижнем ряду.

Чтобы придать снежной хижине «иглу» сферическую форму, кирпичи устанавливаются с наклоном внутрь. Угол наклона кирпичей должен постепенно увеличиваться от 0° в первом нижнем слое до 90° в последнем слое, примыкающем к вершине сферического купола. Кроме того, с каждым очередным витком винтовой поверхности размеры снежных кирпичей должны уменьшаться. Подгонка кирпичей осуществляется по месту их установки. При этом боковые грани подрезаются так, чтобы длина верхней грани кирпича каждого последующего ряда постепенно уменьшалась, а форма кирпича напоминала форму неправильной трапеции.

Поскольку величина угла наклона кирпичей и подгонка их формы выполняются приблизительно, на основании опыта строителей хижины, её форма лишь отдалённо напоминает полусферу. Кроме того, по причине того, что кирпичи представляют собой многогранники и устанавливаются с наклоном, в стыках между ними неизбежно образуются щели, которые после окончания строительства заделываются снегом. Это делает форму хижины ещё более грубой и далёкой от совершенства, хотя некоторые отступления внешнего вида хижины от строгой геометрической формы никак не сказываются на её способности защищать от непогоды её обитателей и обеспечивать им приемлемые условия жизни.

Выводы

Таким образом, снежная хижина «иглу» являет собой непревзойдённый образец жилища,

приспособленного к данным природным условиям, в частности, к суровым условиям Крайнего Севера. Это обусловлено тем, что снежная хижина «иглу» обеспечивает достаточно комфортные условия проживания при крайне низких температурах окружающего воздуха и в то же время требует минимальных затрат энергии для её обогрева и освещения. Показано, что энергосбережение и экологическая безопасность снежной хижины «иглу» достигается за счёт её геометрической формы, строительного материала и системы вентиляции. Кроме того, важную роль в обеспечении энергетической эффективности играет рациональное использование энергии Солнца, которое является надёжным источником света не только в солнечные и пасмурные дни, но и ночью. Это говорит о том, что уже 30000 лет тому назад предки эскимосов знали всё о технологиях энергосбережения и экологической безопасности, которые помогают человеку выжить в суровых природных условиях Крайнего Севера. Поэтому современным строителям необходимо внимательно изучать быт и культуру коренных народов мира, чтобы творчески использовать их опыт для строительства энергетически эффективных и экологически безопасных домов в тех природных условиях, в которых они издревле живут. Полагаем, что следующим направлением работы будет определение формы и размеров, которые необходимо придать снежным блокам, чтобы хижина «иглу» имела строго сферическую форму, которую сложно достичь существующими способами её постройки.

Литература

1. Головнёв А. В. Антропология движения / А. В. Головнёв. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2009. – 497 с.
2. Головнёв А. В. Феномен колонизации / А. В. Головнёв. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2015. – 592 с.
3. Кузнецов М. А. Снежные хижины «иглу» / М. А. Кузнецов. – М.-Л. : Изд-во Главсевморпути, 1949. – 38 с.
4. Стефансон В. Гостеприимная Арктика / В. Стефансон. – Л. : Изд-во Главсевморпути, 1935. – 243 с.
5. Расмуссен К. Великий санный путь. 18000 километров по неисследованным областям Арктической Америки; пер. с датского А. В. Ганзен / К. Расмуссен. – Л. : Изд-во Главсевморпути, 1935. – 251 с.
6. Берман А. Е. Юный турист / А. Е. Берман. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 153 с.
7. Чекотило Л. М. Применение снега, льда и мерзлых грунтов в строительных целях / Л. М. Чекотило. – М.: Изд-во АН СССР, 1945 – 224 с.
8. Сергейчук О. В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / О. В. Сергейчук. – К., 2008. – 39 с.

SNOW HUT «IGLOO» IS A ENERGY RESOURCE CONSERVATION HOUSE OF ABORIGINES OF THE FAR NORTH

Summary: The article is devoted to the snow hut «igloo», which is the unsurpassed specimen of dwelling, adjusted to the environmental conditions of the Far North. This is explained by that a snow hut «igloo» provides comfortable enough conditions of existence at the extremely low temperatures of surrounding air and at the same time requires the minimum expenses of energy for its heating and illumination. Energy resource conservation and environmental safety of snow hut «igloo» achieved due to its geometrical form, build material and system of ventilation is showed.

Keywords: igloo, energy resource conservation, environmental safety.

ДОМ 21 ВЕКА

И.А. Огородников,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики
им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук
(e-mail: igoro47@yandex.ru, тел. 8 923 467 04 97)

Аннотация. Статья рассматривает вопросы экологизации индивидуального жилищного строительства.

Ключевые слова: индивидуальное жилищное строительство, тенденции, автономные системы жизнеобеспечения, экодом.

Постановка проблемы

Анализ состояния цивилизации, проведенный в 80-х годах прошлого века специальной комиссией ООН по окружающей среде и развитию, выявил глобальные проблемы, требующие решения [1]. Итогом проделанной работы стала конференция ООН по окружающей среде и развитию в 1992 году в Рио де Жанейро, главным документом которой стала программа «Повестка дня на 21 век» [2,3]. Влияние человека на ухудшение состояния окружающей среды – одна из основных проблем [4]. Значительную роль в этом процессе играют населенные пункты. Поэтому в 1996 году была принята специальная программа по населенным пунктам «Повестка дня Хабитат» [5]. В программе отмечается, что жилой сектор является значительным фактором ухудшения окружающей среды.

Эффективным решением для изменения негативной тенденции в положительную сторону является перевод жилого сектора на энергоэффективные и экологичные технологии.

Для России таким решением может быть массовое строительство энергоэффективного экологического индивидуального жилья.

Состояние проблемы.

Индивидуальное жилищное строительство в России интенсивно развивается [6] и этот процесс можно использовать для улучшения экологической обстановки в населенных пунктах. Это может стать одним из механизмов практической реализации части программ «Повестка дня на 21 век» и «Повестка дня Хабитат» в России. Для каждого региона есть оптимальные параметры дома, которые определены природно-климатическими условиями. На базе современных отечественных технологий можно уже сейчас проектировать и строить энергоактивные дома, которые не только вырабатывают больше энергии, чем потребляют, но и формируют положительный экологический след. В работах [7,8,9,10] предложен подход, основы технологических и технических решений по строительству такого типа индивидуального жилья. Строительство подобных домов еще не носит массовый характер, но они уже начинают строиться в разных странах. В России, расположенной в четырех климатических зонах включая самую холодную на планете, где живет достаточно много

людей и которую предстоит заселить это особенно важно. Не менее важно решение этой проблемы и в засушливых зонах, включая аридные. Опыт подобного строительства и технологическая база в России уже начинает формироваться [11,12].

Для массового строительства нужны центры для демонстрации экотехнологий по строительству домов и поселений с функциями обучения. Целесообразно их строить при университетах для подготовки специалистов нового типа [13].

Основными элементами подхода к строительству домов и поселений нового уклада должны стать: применение передовых архитектурно-планировочных решений и методов проектирования, автономное жизнеобеспечение, построенное на возобновляемых источниках энергии и энергосберегающих технологиях, социальная самодостаточность, наличие информационно-коммуникационных средств связи, экологически эффективные строительные материалы из местного сырья, произведенные на месте строительства и экологически эффективные методы утилизации отходов, преобразующие отходы жизнедеятельности в полезные для почвы продукты.

Проектный подход и тенденции.

Проект «Дом XXI века» предлагается как один из путей реализации этого направления. Он будет элементом экологического развития России и формирования образа современного энергоактивного экономичного экологичного дома. Такие дома, которые часто называются «экодом» – основа формирования энергонезависимых и безотходных и экологически эффективных поселков адекватных местным климатическим условиям и мировым стандартам.

Цели:

- содействие в организации и развитии инновационной саморазвивающейся индустрии малоэтажного строительства,
- научно-техническая и организационная поддержка строительства учебно-демонстрационных домов, построенных по передовым технологиям,
- выработка рекомендаций для обеспечения информацией специалистов и населения по малоэтажному энергоэффективному ресурсосберегающему экологическому домостроению.

Задачи:

- выявление лучших инновационных разработок, содействие в продвижении их в массовое строительство,
- создание постоянно пополняющегося информационного фонда лучших инновационных разработок для массового строительства,
- создание системы повышения квалификации для подрядчиков и застройщиков,
- создание групп, ответственных за строительство пилотных экодомов,

- строительство демонстрационных экодомов,
- подготовка консультантов, сопровождающих строительство экодомов,
- информационная поддержка проекта.

Основой для проекта являются тенденции в малоэтажном жилищном строительстве. На рисунке 1 приведен график ввода индивидуального жилья в России с момента принятия программы «Жилище» до настоящего времени.

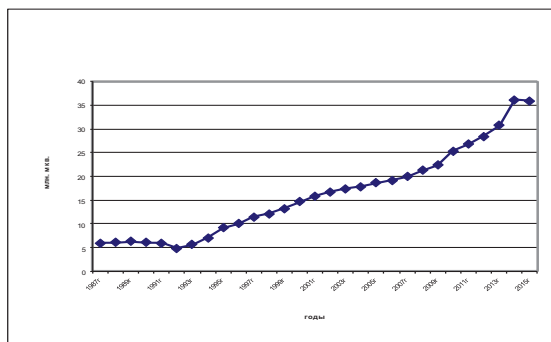


Рис. 1 – Ввод индивидуального жилья в России.

Такой рост индивидуального строительства - выбор граждан России, и главная задача государства помочь с помощью технической политики и методов стимулирования застройщиков и частного бизнеса. Поддержка может быть осуществлена в рамках решения институциональных вопросов и созданием сети экодомов-учебников при университетах в субъектах РФ.

Выигрыш государства – повышение качества жизни людей, существенная экономия энергоресурсов, увеличение производства экологических продуктов питания. Это соответствует цели государства в области повышения энергоэффективности экономики и использования природоподобных технологий, повышения здоровья населения.

Стоимость демонстрационных домов несколько выше типового строительства, но на каждый вложенный в демонстрационный дом государством рубль население вложит значительно больше в свои дома. При правильной государственной технической политике эти средства одновременно будут вложены и в решение экологических проблем населенных пунктов, и в инновационное развитие строительного комплекса, ориентированного на энергоэффективное экологическое малоэтажное строительство. Стоимость демонстрационных домов составит не более 0,2% от денежных средств, вложенных населением в строительство индивидуальных домов в год.

Более 90% вводимого индивидуального жилья в России осуществляется методом «самостроя». Поэтому сейчас качество производства работ в индивидуальном строительстве формируется непрофессиональными предпочтениями будущих жильцов, а это формирует фактическую техническую политику государства. В будущем это приведет к

аналогичным проблемам, которые возникли в ЖКХ из-за технической политики строительства жилья, принятой в 60-х годах прошлого века.

Необходимо пересмотреть концепцию строительства современных домов и поселений. Для создания комфортных условий проживания уже давно не обязательны дорогостоящие централизованные системы теплообеспечения, очистные сооружения, мусорные свалки, а также мощные линии электропередач. Готово к использованию много отечественных технологий [11,12]. Даже без централизованного газоснабжения можно обойтись. Достаточно минимальной инфраструктуры - холодной воды, нормативного электричества и дорог.

Экономленные деньги можно пустить на освоение новых участков, а также на стимулирование заказчиков и застройщиков на инновационное строительство.

Вся недостающая инфраструктура может быть основана на инновационных автономных системах жизнеобеспечения: поселковых, кластерных или индивидуальных для каждого дома в соответствие с выбором заказчиков, основанного на новых знаниях.

Автономные инженерные системы обеспечивают и большую независимость поселений от централизованных источников ресурсов, а значит большую их устойчивость в быстроменяющихся внешних условиях, что особенно важно в России с ее значительными территориями.

Развитие технологий энергоэффективного (а значит экономичного) экологического (а значит ресурсосберегающего) жилья – мировая тенденция.

Для формирования образа дома можно использовать складывающуюся классификацию домов, опираясь на два показателя: энергоэффективность и экологичность.

Таблица 1 – Классификация индивидуальных домов

Энергоэффективность	Класс дома	Экологичность
Удовлетворяет существующим нормам теплопотребления, использует внешние невозобновляемые источники энергии	Нормативный	Органические бытовые отходы и стоки утилизируются в границах своего участка, твердые бытовые отходы вывозятся на свалку
Не потребляет энергию из внешних централизованных энергосетей, используются автономные системы энергоснабжения на возобновляемых источниках энергии	Энергопассивный	Органические отходы, ил из очистной системы перерабатываются в удобрения и используются для развития почвенных биоценозов на участке, стоки очищаются и дренируются в почву, твердые отходы подготавливаются для вторичного использования
Энергоактивный, автономные системы энергоснабжения которого используют возобновляемые источники энергии, вырабатывают больше энергии, чем необходимо для собственного жизнеобеспечения и передают излишки энергии во внешнюю энергосеть	Экодом	Органические отходы, ил из очистной системы перерабатываются в удобрения и используются для развития почвенных биоценозов на участке, поверхностные ливневые и очищенные бытовые стоки накапливаются в биопруде и вторично используются для технических нужд, твердые отходы подготавливаются для вторичного использования

Каждая климатическая зона предъявляет свои требования к инженерным системам домов и поселков. Рассмотрим это влияние на примере самого холодного региона. Сибирь часто сравнивают с Канадой и Финляндией и рекомендуют применять канадские, финские, немецкие технологии строительства домов.

Для того, чтобы понять как правильно их применять, какие дома надо строить в Сибири, чтобы они были доступны основной части жителей, необходимо сравнить: климатические и инфраструктурные условия, влияющие на технологии строительства.

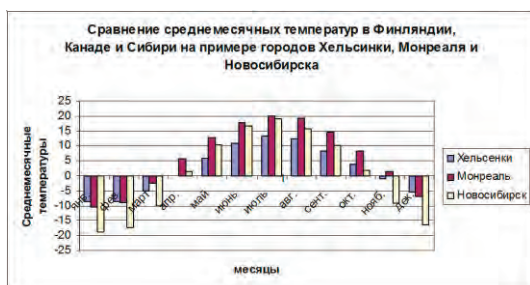


Рис. 2 – Сравнение среднемесячных температур в Хельсенки, Монреале, Новосибирске.

Из диаграммы видно, в каких условиях живут в Сибири. Есть и в Канаде, и в Финляндии местности с таким же климатом, как, например, в Новосибирске, но в Канаде в них живут около 2% населения или около 1 млн., в Финляндии 3,7%, т.е. 200 тыс. человек. В Сибири в этих суровых условиях живет 23 млн. человек.

Применяемые строительные технологии зависят от климатических условий и от технической стратегии, выбранной государством.

В Канаде государство обеспечило доступную газификацию основной части жилого сектора для отопления более 20 лет назад. Климатические условия и масштабная газификация определили тип ограждающих конструкций для массового жилья: легкие герметичные каркасные дома с эффективным утеплителем. Наличие газа позволило унифицировать отопительную систему и применить непрерывное, автоматически регулируемое отопление, обеспечивающее постоянную температуру в доме. Поэтому отсутствие тепловой инерции не является определяющим фактором. Подобная ситуация характерна для южных регионов России, в том числе Крыма.

Наличие в стене канадского дома пароизоляционных пленок, требует применения принудительной вентиляции.

Унификация, облегченные конструкции, инженерная подготовка площадок застройки за счет государства существенно снизили капитальные затраты в строительстве для частного застройщика. Поэтому Канада по праву является мировым лидером в решении жилищной проблемы для основной части населения страны.

Сибирь и Дальний Восток остаются белым пятном на карте газификации России. В последнее десятилетие государством были предприняты значительные усилия по развитию газификации, но в городах Сибирского федерального округа уровень газификации составляет менее 5% процентов, а в сельской местности - только 1,7%. В Алтайском крае уровень газификации приближается к 8%.

В России пока нет такой внятной, как в Канаде, технической политики государства по обеспечению энергией развивающегося индивидуального жилищного строительства и рекомендуемого типа домов, что для Сибири особенно важно.

Чтобы ее сформулировать, необходимо определить какие дома надо строить в Сибири. Здесь

требования задаются не желаниями и возможностями строителей, а природно-климатическими условиями и расстояниями, характерными для Сибири.

В Сибири вынуждены использовать в основном автономное отопление периодического действия. Поэтому дома должны обладать необходимой тепловой инерцией и накапливать тепло. Чтобы получить сопоставимые с канадскими домами эксплуатационные характеристики, надо сибирский дом сделать в два раза теплее, а чтобы строить энергоактивные дома - не менее, чем в три раза.

Кроме этого, необходимо особо уделять внимание автономности, использованию местных ресурсов, экологичности и энергоэффективности во всех ее аспектах. Целесообразно широко использовать инновационные минитехнологии производства строительных материалов из местного сырья и провести унификацию строительства. Наиболее подходят для этого информационного моделирования (BIM-технологии) [12].

Такой подход уже сейчас приводит к уменьшению стоимости индивидуального жилья и эксплуатационных расходов при высоком качестве и комфортности жизни. Применение высокоэффективных минитехнологий снижает трудовые и денежные затраты и будет фактором, приводящим к повышению конкурентоспособности экологически ориентированного домостроения.

Приемы строительства экодому не являются необычными. Они широко применяются на практике. Комплексное их применение в правильной конфигурации обеспечит новое качество дома. Солнечная архитектура предполагает расположение дома на участке, обеспечивающее максимальную его освещенность. Южный фасад должен быть открыт солнцу для максимального использования солнечной энергии пассивными и активными солнечными системами экодому. Расположение обязательных элементов: септика, накопительного биопруда и биоплощадки для переработки органики также желательно располагать на солнечных местах. В южных регионах задача обратная: защита от перегрева, но технические приемы ее решения аналогичны. Теплоэффективность, конструкций не увеличивающая стоимость строительства позволяет решать эту задачу.

Экономические аспекты и технические особенности.

Чтобы население страны наращивало капитализацию, надо избавить его от лишних затрат. Дом – это одна из крупных статей расхода семьи. Поэтому дом должен служить долго. Основа дома – фундамент, поэтому он должен удовлетворять следующим критериям:

- долговечность более 100 лет,
- применимость для любых грунтов,
- простота изготовления,
- экологичность,
- экономичность,
- сейсмостойчивость.

Этим критериям удовлетворяют много конструкций, но хорошо утепленный фундамент в виде плиты со встроенной системой отопления – один из наиболее надежных и универсальных. Он является

базой для размещения инженерных систем экодому. Строительство фундаментной плиты занимает 10-15 дней, но экономит время и деньги при дальнейшем строительстве. Плита дешевле приблизительно на 30%, чем подвальный этаж (не считая отделочных работ) и позволяет проектировать любую планировку внутреннего объема. В жарком климате позволяет использовать ее для охлаждения летом.

Для строительства экодому можно применять любые материалы и конструкции, которые удовлетворяют критериям:

- долговечность более 100 лет,
- сопротивление теплопередаче R не меньше,
- экологичность,
- широкое применение местных материалов,
- экономичность.

Одним из наиболее эффективных и технологичных является монолитное строительство с предварительной сборкой каркаса. Каркас технологический или конструкционный – один из основных подходов строительства экодому. Вначале собирается каркас и возводится крыша. Это позволяет вести всепогодное строительство, распараллеливать работы, сокращая сроки строительства, что для Сибири очень важно. Для обеспечения необходимой энергоэффективности окна необходимо оснастить задвижными утепленными ставнями с R не менее 3. Сочетание каркаса с монолитными технологиями обеспечивает более эффективные решения.

Выбор конкретного материала и технологии возведения стен зависят от местных условий. Важно, чтобы стена удовлетворяла указанным критериям, при этом технологическая схема строительства также является классической.

При необходимости для увеличения тепловой инерции экодому в дополнение к массиву пола в доме строится массивная стена (раньше эту роль выполняла массивная русская печь).

Инженерные системы экодому - это тепло, чистая вода, свежий воздух, освещение – все, что создает комфорт для людей.

Инженерные системы экодому - это удобство, чистые для окружающей экосистемы бытовые стоки, снижение объемов использования невозобновимого топлива, уменьшение вредных выбросов.

Главные критерии, которым должны удовлетворять инженерные системы:

- автономность,
- использование альтернативных источников энергии,
- энергоэффективность,
- экологичность,
- экономичность.

Система теплообеспечения экодому – гибридная, состоящая из нескольких компонентов, обеспечивающая основное отопление и горячее водоснабжение экодому. Традиционные источники тепла и альтернативные источники – источники периодического действия, поэтому обязательным элементом экодому является система аккумуляции тепла. Экодомом является герметичной системой,

поэтому должен быть оснащен принудительной вентиляцией с рекуперацией тепла.

Система обогрева состоит из:

- воздушного солнечного коллектора, размещенного на южном фасаде экоддома,
- вакуумного солнечного водяного коллектора,
- водяного бака-аккумулятора,
- котла на биотопливе.

Водяной бак-аккумулятор обеспечивает стабильность теплообеспечения экоддома при минимальной частоте топочных циклов и осуществляет взаимодействие всех нагревательных устройств в единой автоматизированной системе (отопление и горячее водоснабжение).

При наличии постоянного централизованного электроснабжения автономная система может не использоваться или использоваться в урезанном виде как система бесперебойного питания.

В базовой комплектации экоддом оснащён системой солнечных батарей, обеспечивающей автономное бесперебойное электроснабжение экоддома: освещение, работу холодильника, систему связи, систему отопления и систему управления экоддомом. Она состоит из солнечных батарей, контроллера, обеспечивающего зарядку аккумуляторной батареи, и инвертора, преобразующего постоянный ток в переменный. Дополнительным элементом является котел с двигателем внешнего сгорания, компенсирующий недостаток выработки энергии солнечной системой в зимние месяцы и пасмурные дни. Вся система работает в автоматическом режиме. Освещение экоддома осуществляется только светодиодными светильниками.

Обязательными элементами переработки стоков и органических отходов являются септик оснащенный устройством обеззараживания очищенных сточных вод, биоботанический пруд, площадка для компостирования (или вермикультурная технология) твердых органических отходов. В септике экоддома применяется анаэробная и аэробная обработка стоков. Если грунтовые воды близко к поверхности, то необходимо применять герметичные баки, исключающие проникновение бытовых стоков в грунтовые воды. Бактерицидная обработка очищенных стоков облучением ультрафиолетом или озонированием, аэрация перед сбросом в накопительный пруд осуществляется автоматически.

Для обеспечения качества дома на всех стадиях проектирования и строительства необходимо осуществлять определение его энергетических и экологических характеристик.

Энергетическая часть паспорта:

- теплотехнические расчеты узлов ограждающих конструкций с целью определения тепловых потерь и распределения температур на внутренних поверхностях,
- расчеты влажностного состояния ограждающих конструкций, рекуперации тепла вентиляционного воздуха,
- расчеты систем рекуперации тепла вентиляционного воздуха,

• инструментальные теплотехнические обследования здания, включая тепловизионные обследования,

- состав систем энергообеспечения,
- состав систем, обеспечивающих экономию энергии,
- определение теплового баланса здания, составление энергетического паспорта,
- присвоение класса дома по энергоэффективности.

Экологическая часть паспорта:

- определение санитарно-гигиенических и экологических параметров состояния качества среды в доме и на приусадебном земельном участке,
- определение параметров микроклимата в помещениях дома (температура, влажность, скорость движения воздуха, атмосферное давление, инфракрасное тепловое излучение),
- состав систем обеспечивающих качество среды в доме и их характеристики,
- состав систем обеспечивающих качество переработки и утилизации стоков и органических отходов,
- определение параметров естественной и искусственной освещенности,
- определение параметров воздушной среды,
- определение параметров воды,
- определение плодородия почвы на земельном участке,
- присвоение класса дома по экологичности.

Группа автономных экоддомов получает дополнительную устойчивость за счет объединения отдельных систем. К ним относятся системы:

- электрогенерации,
- теплогенерации,
- водоснабжения и канализации,
- общий пруд.

Объединение систем имеет преимущества: снижается удельная мощность отдельных установок систем жизнеобеспечения. Это относится к водоснабжению и канализации. В больших установках повышается качество подготовки питьевой воды и обработки стоков.

Для группы домов можно вводить централизованное теплоснабжение: автономность с одного дома переводить на автономность группы домов. В группе домов появляется возможность организовать общую систему раздельного сбора и накопления вторичного сырья из бытового мусора, производства удобрения из органических отходов. Продажа вторичного сырья снижает эксплуатационные затраты.

Есть два характерных типа экоселка: рассредоточенный и поселок плотной застройки. Первый больше подходит для поселения из индивидуальных крестьянских, фермерских и казацких хозяйств в сельской местности, расположенных на больших земельных участках далеко друг от друга. Второй тип для существующих сельских поселений, пригородных поселков, районов индивидуальной застройки в городах.

В поселках первого типа из-за больших расстояний между домами акцент смещается на

строительство полностью автономных экодому с внутренними системами жизнеобеспечения и утилизации. Общей будет система дорог и целесообразно сделать общей информационно-коммуникационную систему.

Второй тип экопоселков, состоящих из экодому, будет иметь много общих инженерных коммуникаций. Поселки этого типа могут сильно отличаться по наполнению производственной, торговой, офисной и иной инфраструктурой, но жилой и коммунальный сектора вне зависимости от расположения и назначения будут иметь много общих черт.

В экопоселке городского типа может быть снижена автономность в каждом доме и перенесена на уровень поселка. В первую очередь это относится к энергообеспечению. Есть много типов малых установок, вырабатывающих тепло и электричество. В отсутствие газоснабжения одной из перспективных систем является станция на водоугольном топливе благодаря высокой эффективности и экологичности сжигания угля - самого распространенного вида топлива.

Дополнительные элементы инженерной инфраструктуры:

- теплица, совмещенная с системой переработки и очистки сточных вод,
- минипроизводство стройматериалов на базе отходов энергоблока,
- мусоросжигающее и мусороперерабатывающее производства вторичного сырья из твердых отходов.

Такая инженерная инфраструктура делает экопоселок энергонезависимым и безотходным.

Выводы

Учитывая, что малоэтажное строительство является значимым механизмом решения жилищной проблемы в России, на долю которой приходится более 50% вводимого жилья, затрагивающей интересы большей части общества, необходимо серьезно переработать и принять его новую концепцию и сделать индивидуальные дома объектом регулирования закона и важным элементом технической политики государства.

Список литературы

1. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. – Москва, изд-во "Прогресс". 1989. 448 с.
2. Повестка дня на 21 век, ООН, Рио-де-Жанейро, 1992г. 300 с.
3. В.А.Коптюг. Конференция ООН по окружающей среде и развитию. (Рио-де-Жанейро, 1992г.) Информационный обзор, СО РАН, 1992.
4. На пути к устойчивому развитию России», Бюллетень Института устойчивого развития Общественной палаты РФ, No 61, 2012. [http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Bulletins/B_61.pdf]
5. Повестка дня Хабитат, ООН, Стамбул, 1996, 250 с.

6. Российский статистический ежегодник. Выпуски с 2003 по 2015 гг.

7. Огородников И.А. Если строить, то экодому // ЭКО. –Новосибирск. –1992. –№6.С–С. 35.

8. Огородников И. А., Макарова О. Н., Дубынина Е. С. Экодому в Сибири. – Новосибирск: ИСАР-Сибирь, 2001. –86 с.

9. Малюга А.А., Огородников И.А. Экологическое домостроение. Огород экодому. ГПНТБ СО РАН, ИТ, Ин-т земледелия и химизации сельского хозяйства СО РАСХН. 2001. – 152 с. – (Сер. Экология. Вып.69).

10. Огородников И.А., Григорьев В.А. Экологическое домостроение. Проблемы экологизации городов в Мире, России, Сибири. ГПНТБ СО РАН, 2001. –152 с. –(Сер. Экология. Вып.63).

11. Сибирский дом 21 века [сетевой ресурс] - <http://www.itp.nsc.ru/ecodom/>.

12. Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием, Новосибирск, 24 – 26 марта 2015 г. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2015. – 501 с., [Стевой ресурс] - http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2015

13. Огородников И.А. Экологическое жилье и окружающая среда. Научные исследования студентов // Организация научных исследований студентов и школьников в области экологии.– Новосибирск: НГУ, 2000. – С89

I.A.OGORODNIKOV

21ST CENTURY HOME

The article examines the issues of greening of individual housing construction.

Keywords: *individual housing construction, trends, autonomous life support systems, environmental technologies.*

Ogorodnikov Igor Aleksandrovich, PhD, senior researcher, Kutateladze Institute of Thermophysics of Siberian branch of the Russian Academy of Sciences. (e-mail: igoro47@yandex.ru, phone: 8 923 467 04 97)

ОСОБЕННОСТИ УЧЁТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ ОТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ СОЛНЕЧНЫХ КАРТ

О.В. СЕРГЕЙЧУК

Киевский университет строительства и архитектуры, г. Киев
д-р техн. наук, профессор кафедры архитектурных конструкций
(e-mail: ovsergeich@mail.ru)

Аннотация. Для ограничения летнего перегрева помещений от воздействия солнечной радиации необходимо массово использовать солнцезащитные устройства (СЗУ). Правильно запроектированные СЗУ способны существенно уменьшить нагрузку на системы охлаждения зданий в период перегрева при сохранении (или незначительном уменьшении) пассивного солнечного отопления зимой. К сожалению, проектировщики не умеют их проектировать. Одной из причин этого является отсутствие простого и наглядного инструментария, позволяющего быстро оценить эффективность проектируемых СЗУ. Таким инструментарием могут стать модернизированные солнечные карты.

Ключевые слова: инсоляция, солнцезащитные устройства, солнечные карты, энергоэффективность, солнечная энергия.

При проектировании энергоэффективных зданий важной задачей является рациональное использование солнечной энергии для создания комфортных условий внутри помещений при минимальных затратах дополнительной энергии на климатизацию зданий. Особенно это касается регионов с жарким климатом, например, в Крыму, где охлаждение зданий летом является массовым явлением.

Для ограничения летнего перегрева помещений от воздействия солнечной радиации необходимо массово использовать солнцезащитные устройства (СЗУ). Правильно запроектированные СЗУ способны существенно уменьшить нагрузку на системы охлаждения зданий в период перегрева при сохранении (или незначительном уменьшении) пассивного

солнечного отопления зимой. К сожалению, проектировщики не умеют их проектировать. Восполнить этот пробел в России призван разрабатываемый в настоящее время свод правил «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования».

Проблеме определения эффективности СЗУ посвящено много исследований. Эффективность СЗУ зависит от правильно рассчитанной их геометрии. Основным методом проектирования и расчета солнцезащитных устройств до сих пор являются солнечные карты, которые предложил еще в I в. до н.э. М. Витрувий [1], известные как аналеммы Витрувия (рис. 1). С тех пор они несколько видоизменились, хотя, принципиально, остались прежними [2].

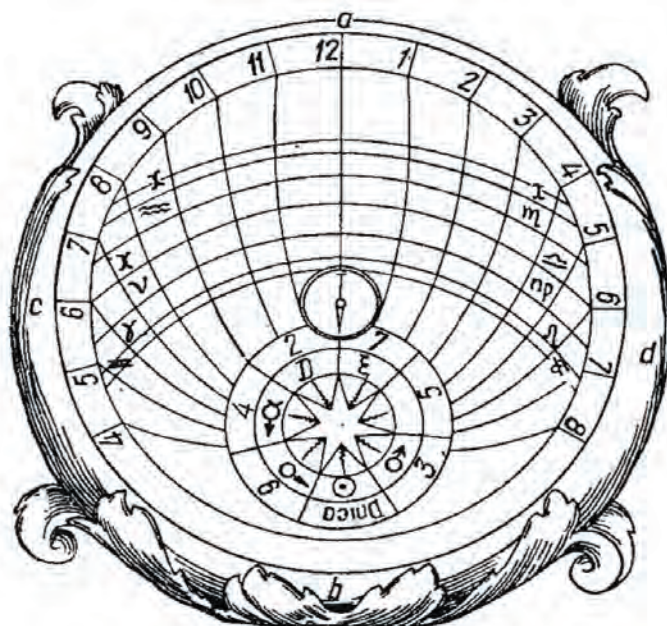


Рис. 1. Аналемма Витрувия. «Rudimenta Mathematica», Basel, 1531 г.

В работе [3] предложены модифицированные солнечные карты, на которых нанесены изотермы, образующие на солнечных картах зоны желательной и нежелательной инсоляции. Зона нежелательной инсоляции – это зона неба, где солнце находится когда температура воздуха равна или превышает 21°C; зона

желательной инсоляции – где солнце находится при температурах воздуха 8°C и ниже. Нанесение изоплет этих температур воздуха на солнечные карты превращает их в комплексные солнечные карты (рис. 2).

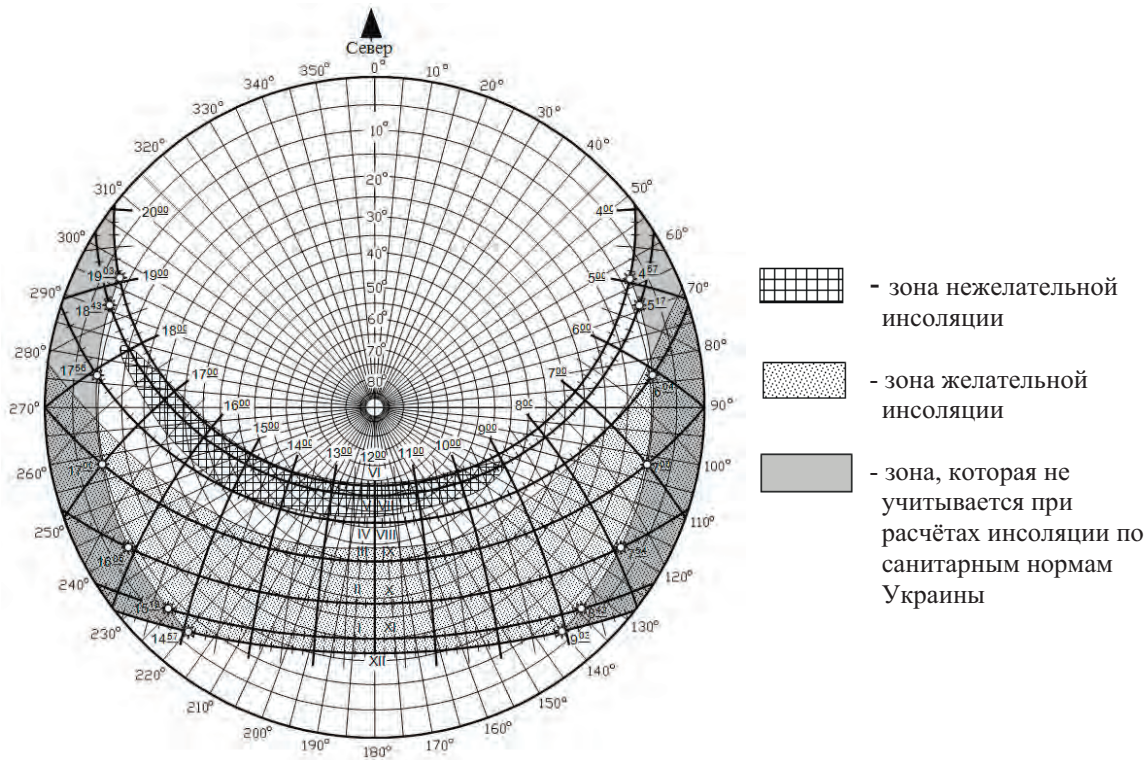


Рис. 2. Комплексная солнечная карта для г. Киева

Для построения изоплет достаточно иметь значения среднемесячных температур воздуха и средних суточных амплитуд их колебаний для каждого месяца характерного года. Эти данные имеются как в украинском ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2011 [4], так и в российском СП 131.13330.2012 [5].

Известно [6,7], что минимальное суточное значение температуры воздуха наступает примерно через 15 минут после восхода солнца, а максимальное значение – в 15 часов.

В [8] предложен метод моделирования функции изменения периодического климатического параметра, имеющего один максимум и один минимум в пределах периода, по значениям ее экстремумов с помощью синусоидальной функции. Функция изменения температуры воздуха в течение суток, по этому методу имеет вид:

$$t_{\text{год}} = \frac{A}{2} \cdot \sin \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2x - 3T_{\text{min}} - 9}{9 + T_{\text{min}}} \right] + t \text{ при } 0 \leq x < T_{\text{min}} ;$$

$$t_{\text{год}} = \frac{A}{2} \cdot \sin \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2x - 15 - T_{\text{min}}}{15 - T_{\text{min}}} \right] + t \text{ при } T_{\text{min}} \leq x < 15 ;$$

$$t_{\text{год}} = \frac{A}{2} \cdot \sin \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2x - 21 + T_{\text{min}}}{9 + T_{\text{min}}} \right] + t \text{ при } 15 \leq x < 24 ,$$

где A – среднесуточная амплитуда среднемесячной температуры воздуха, °C;

t – среднемесячная температура воздуха, °C;

T_{min} – время наступления минимальной температуры воздуха в течение суток, который принимается через 0,25 ч. после восхода Солнца, ч.

x – текущее время, ч.

Используя эту формулу для 15 числа каждого месяца можно построить каркас поверхности температур, как функции от дня года и времени суток. После чего, интерполяцией, строится сама поверхность температур, на которой находятся изолинии температур 8 и 21°C. Эти линии переносятся на солнечную карту для соответствующей широты местности, в результате чего образуются комплексные солнечные карты.

Значение T_{\min} с достаточной для практических нужд точностью можно определить с помощью соответствующей солнечной карты по формуле:

$$T_{\min} = 0,2T_{\text{всх } i} + 0,8T_{\text{всх } i+1} + 0,25,$$

где $T_{\text{всх } i}$ – время восхода солнца по траектории рассчитываемого месяца, ч.;

$T_{\text{всх } i+1}$ – время восхода солнца по траектории для следующего после расчётного месяца, ч.

Для примера на рис. 3 рассмотрено построение комплексной солнечной карты для г. Киева. Расчеты проведены в редакторе Excel.

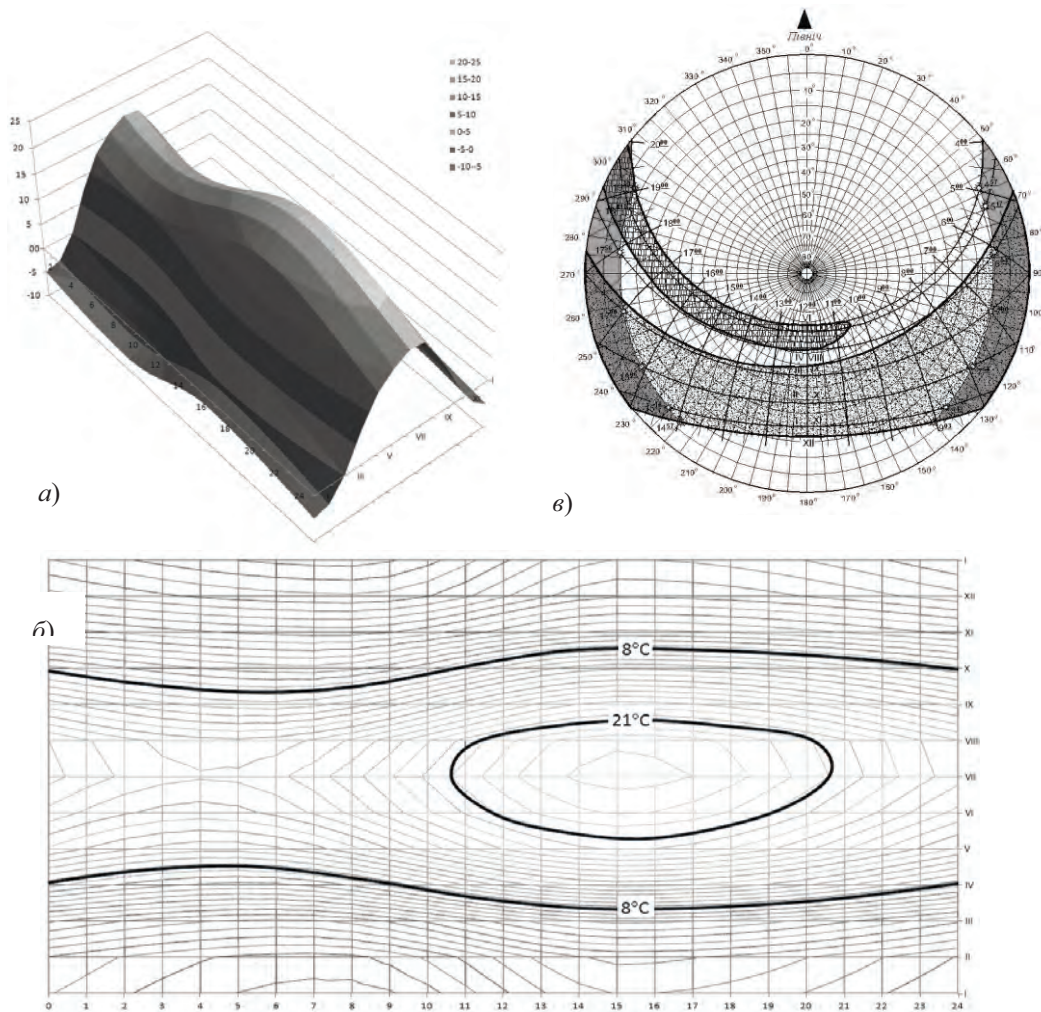


Рис. 3. Построение комплексной солнечной карты для г. Киева

а – поверхность температур; б – изоплеты температур; в – комплексная солнечная карта

Комплексные карты являются хорошим графическим инструментом для определения геометрических параметров оптимизированных СЗУ, но не позволяют количественно определить их эффективность.

Для определения эффективности проектируемых солнцезащитных устройств необходимо разработать энергетические солнечные карты. Эти карты являются дальнейшим

совершенствованием солнечных карт. Они могут быть получены нанесением на солнечную карту для плоскости соответствующей ориентации 100 точек, которые распределены по карте в соответствии с вкладом элементарных участков неба в энергетическую освещенность этой плоскости (рис. 4). Каждая точка даёт 1% энергетической освещенности плоскости заданной ориентации от полностью открытого неба.

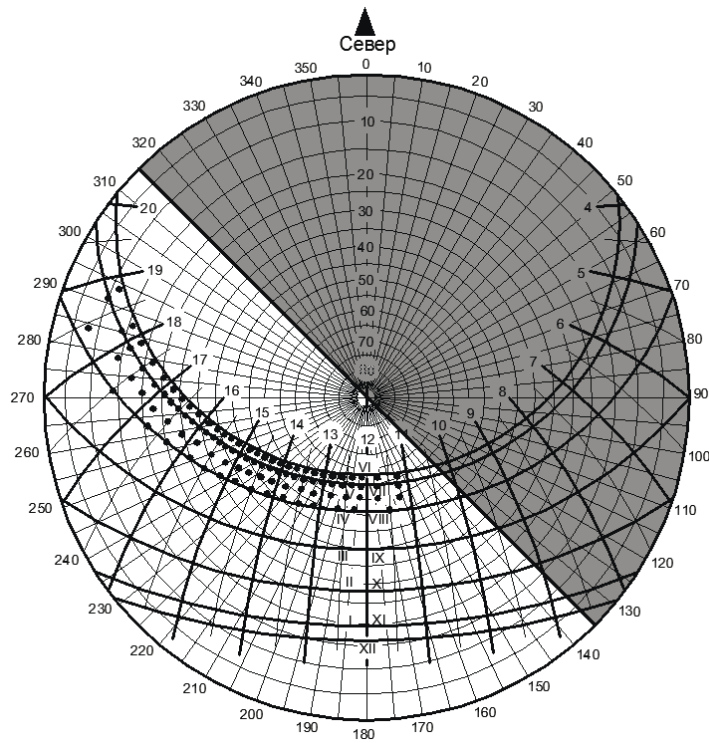


Рис. 4. Энергетическая солнечная карта для фасада юго-западной ориентации в г. Киеве (прямая радиация, период перегрева)

В настоящее время энергетические солнечные карты разработаны для всех архитектурно-строительных климатических районов Украины для восьми ориентаций фасадов зданий. Они построены отдельно для периода отопления и периода охлаждения зданий; отдельно для прямой и рассеянной солнечной радиации с учётом реальной облачности неба.

Энергетические карты построены для прямой и рассеянной солнечной радиации для архитектурно-строительных климатических районов Украины в соответствии с [4]. Для этого в каждом районе были определены репрезентативные города: I район – Киев, II район – Запорожье, III район – Ивано-Франковск, IIIб – Ужгород, IV и V – Симферополь. Данные по поступлению солнечной радиации при реальной облачности взяты из [4]. Недостающие данные получены при помощи ППП “Atmospheric Radiation” [9]. Карты построены отдельно для периода отопления и периода перегрева для вертикальных плоскостей восьми ориентаций: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ. Отопительный период определяется временем года, когда среднесуточная температура воздуха ниже

8°С. Период перегрева – температурой воздуха выше 21°С.

Для определения теплопоступлений на солнечной карте строится, в соответствии с [3], теневая маска соответствующего наружного затенения. Те точки, которые не затеняются теневой маской, в сумме определяют процент поступления энергии на поверхность при рассматриваемом затенении. Такие расчёты делаются отдельно для прямой и рассеянной радиации.

Отражённую радиацию от каждого отдельного объекта можно считать равномерно яркой, а яркость определять как произведение энергетической освещённости этой поверхности на её альбедо.

При помощи энергетических солнечных карт были рассчитаны понижающие коэффициенты затенения для наиболее типовых экранирующих элементов, которые показаны на рис. 5 [10]. Коэффициенты учитывает климатические особенности различных регионов Украины. Это позволило составить соответствующие таблицы для национального приложения к ДСТУ Б EN ISO 13790 [11].

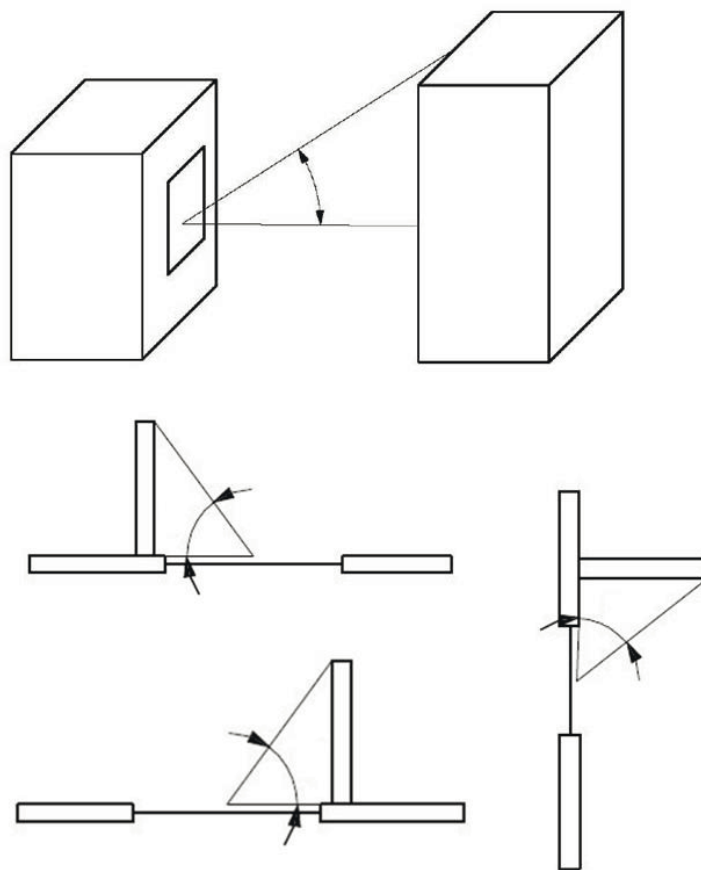


Рис. 5. Типы рассмотренных затенений

При проектировании СЗУ сначала необходимо определить рациональный класс (регулируемая или стационарная) и тип солнцезащиты в зависимости от ориентации. Для этого на основании комплексных солнечных карт разработаны соответствующие диаграммы (рис. 6).

Затем, на комплексной солнечной карте строится, теневая маска оптимизированного наружного затенения. Контур теневой маски должен коснуться зоны перегрева (рис. 7, а). Для построения теневых масок СЗУ общего положения разработаны соответствующие теневые угломеры (рис. 8) для углов наклона направляющей ламелей 15, 30, 45 и 60° [12].

Полученная теневая маска накладывается на энергетическую солнечную карту и определяется эффективность СЗУ. В данном случае, СЗУ в период охлаждения блокирует полностью солнечные лучи, а в отопительный период он пропускает 97% прямой солнечной радиации (рис. 6, б).

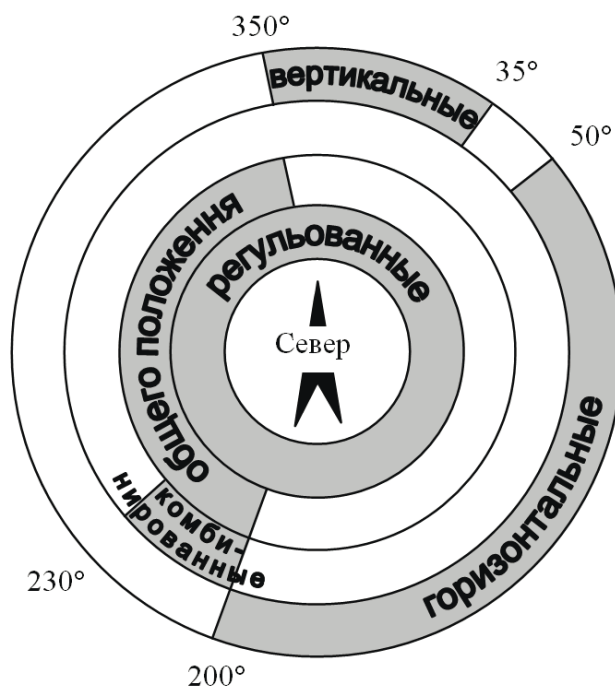


Рис. 6. Диаграмма для выбора типа СЗУ в зависимости от ориентации окна (Киев)

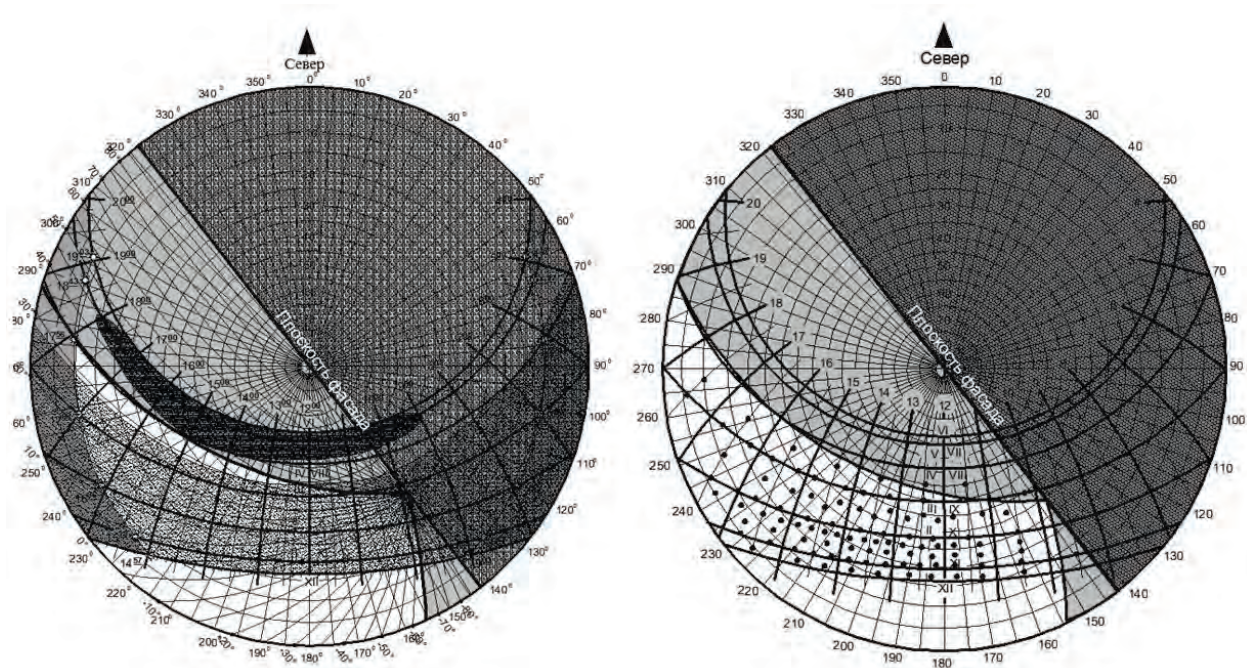


Рис. 7. Проектирование оптимизированного СЗУ для юго-западного фасада в г. Киеве

а – построение теневой маски; б – определение эффективности для отопительного периода

Аналогично, наложением теневой маски на энергетические солнечные карты для рассеянной

радиации, определяется процент её пропускания СЗУ в периоды отопления и охлаждения.

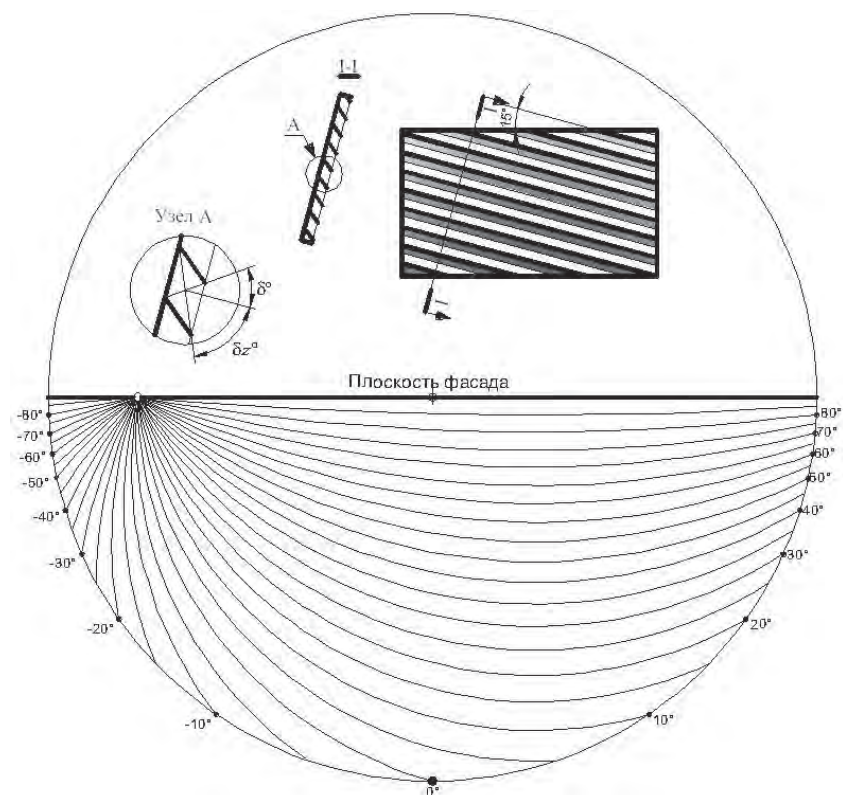


Рис. 8. Теневой угломер для расчёта СЗУ общего положения восточной ориентации при угле наклона направляющей ламелей 15°

Выводы. Предложенная методика расчёта эффективности солнцезащитных устройств позволит проектировщикам быстро определять рациональность запроектированной солнцезащиты и, при необходимости, корректировать её геометрические параметры. Это может существенно повысить энергоэффективность зданий.

Актуальным является разработка комплексных и энергетических солнечных карт для России и включения их в свод правил «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования».

Список литературы

1. Витрувий. Десять книг об архитектуре / Пер. с лат. Ф. А. Петровского / М. Витрувий. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 320 с.

2. Штейнберг А. Я. Расчёт инсоляции зданий / А. Я Штейнберг. – Киев: «Будівельник», 1975. – 120 с.

3. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення: ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. [Введена в действие 2011-01-01] / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 81 с. – (Национальный стандарт Украины).

4. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. [Введен в действие с 2011-11-01] / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 107 с. – (Национальный стандарт Украины).

5. Строительная климатология : СП 131.13330.2012. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. [Дата введения 2013-01-01] / Минстрой России. – М., 2015. – 120 с. – (Строительные нормы РФ).

6. Вайсберг Дж. Погода на Земле. Метеорология / Дж. С. Вайсберг ; Пер. с англ. А. Г. Бройко; под ред. С. В. Зверевой, А. И. Угрюмовой. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 248 с.

7. Нейбург М. Познание окружающей нас атмосферы / Морис Нейбург, Джеймс Эдинберг, Уильямс Боннер ; пер. с англ. – М.: Знание, 1985. – 224 с.

8. Сергейчук О.В. Геометричний аналіз кліматичних показників / О.В. Сергейчук, В.П. Шитюк // Праці Тавр. держ. агротехнологічн. університету. – Вип. 4. Прикл. геом. та інж. графіка. – Т. 43. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009 – С.81-87.

9. Bazhenov V. Applied Software «Atmospheric Radiation» for an Energy Efficient Building / V. Bazhenov, P. Lizunov, O. Sergeychuk et al. // Proceedings of the 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (14th ICCSBE). – [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://www.iccbe.ru/paper_long/0327paper_long.pdf.

10. Сергейчук О. В. Особенности методики расчёта солнечных поступлений в национальном приложении к ДСТУ Б EN ISO 13790 / О. В. Сергейчук, В. С. Буравченко, О. В.

Андропова и др. // Энергоэффективность в строительстве и архитектуре. – К.: КНУСА, 2014.– Вып. 6. – С. 267-272.

11. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ Б А 2.2-12_2015. [Введен в действие с 2016-01-01] / Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 158 с. – (Национальный стандарт Украины).

12. Солнцезащита зданий : методические указания к выполнению работ по дисциплине «Специальные инженерно-конструктивные решения» для студентов-иностранцев специальностей 7.120101 «Архитектура зданий и сооружений», 7.120102 «Градостроительство», 7.120103 «Дизайн архитектурной среды» / О.В. Сергейчук, В.С. Буравченко. – К.: КНУСА, 2015. – 40 с.

O. SERGEYCHUK

OF ACCOUNTING AND CONTROL FEATURES HEAT GAIN FROM SOLAR RADIATION BY SOLAAR MAPS

To limit the space of summer overheating by solar radiation is necessary to use solar shading devices (SSD) massively. Correctly designed SSD can significantly reduce the load on the cooling system of buildings in the period of overheating, while maintaining (or slight decrease) passive solar heating in winter. Unfortunately, designers do not know how to design them. One reason for this is the lack of a simple and visual tool that allows evaluating the effectiveness of the designed SSD quickly. Thus tool can be upgraded solar map.

Keywords: insolation, solar devices, solar maps, energy efficiency, solar energy

O. Sergeychuk

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Doctor of Sciences, Professor of department of architectural constructions

(e-mail: ovsergeich@mail.ru)

ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИЕ ЗИМНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И АТЛАНТИЧЕСКАЯ МУЛЬТИДЕКАДНАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ

Холопцев А. В.

Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН им. Н. Н. Зубова»

Аннотация. Оценено влияние арктических блокингов, происходящих в зимние месяцы в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе, на формирование в Европейских регионах России метеоусловий, при которых температуры воздуха в них являются экстремально низкими. Выявленные особенности влияния на них вариаций состояния Атлантической мультидекадной осцилляции использованы при разработке прогнозов на ближайшие десятилетия, которые целесообразно учитывать при проектировании объектов строительства.

Ключевые слова: Европейская территория России, зима, арктические блокинги, экстремально низкие температуры, Атлантическая мультидекадная осцилляция.

Введение

Экстремально низкие зимние температуры воздуха, которые в ближайшие десятилетия могут наблюдаться во многих регионах мира, способны существенно влиять на комфортность температурного режима в любых расположенных на их территориях зданиях, жилых и производственных помещениях. Поэтому совершенствование методик прогнозирования указанных характеристик местного климата, является актуальной проблемой не только климатологии, но также архитектуры и строительства.

Наибольший интерес при этом представляет выявление устойчивых и значимых связей изменений рассматриваемых процессов, с природными факторами, состояния которых изменяются с периодами, сопоставимыми с продолжительностью нормативных периодов эксплуатации проектируемых сооружений. Одним из таких процессов является Атлантическая мультидекадная осцилляция (АМО) – крупномасштабный процесс в климатической системе нашей планеты, который был впервые описан М. Е. Шлезингером в 1994 г. [1].

Анализ основных исследований публикаций

Упомянутый процесс проявляется в изменениях средней поверхностной температуры Северной Атлантики, которые происходят квазициклически, с периодом порядка 50-100 лет[2, 3]. Он оказывает существенное влияние на изменения глобальных и региональных температур воздуха [4,5], а также интенсивности атмосферных осадков[6], во многих регионах Северного Умеренного климатического пояса, а также происходящие в них изменения уровня поверхности многих водных объектов[7].

Вследствие рассматриваемого процесса изменяются потоки тепла, доставляемого океаническими течениями в Арктику[8,9], что служит одной из основных причин вариаций ледовитости акваторий ее Европейского сектора.

Атлантические воды отличаются от арктических не только своей повышенной температурой, но и большей соленостью. В результате их охлаждения в Европейском секторе Арктики, их плотность возрастает, что приводит к их погружению в глубину. За пределы Европейского сектора Арктики охладившиеся, но столь же соленые атлантические воды уходят в толще ее вод. Достигнув шельфа Чукотки и Аляски, эти воды вновь частично поднимаются в поверхностный слой Северного Ледовитого океана, так как в зимние месяцы здесь активизируется конвекция. Поскольку поднимающиеся воды являются более солеными, при повышении интенсивности этого процесса соленость поверхностного слоя вод соответствующих районов Арктики также увеличивается, что влечет за собой некоторое снижение их ледовитости. Далее поднявшиеся воды увлекаются Трансарктическим течением, которое переносит их в западном направлении и частично возвращает в Северную Атлантику[10].

Поэтому вариации расхода, температуры и солености атлантических вод, проникающих в Европейский сектор Арктики способны с тем или иным запаздыванием влиять на изменения солености поверхностного слоя вод, ледовитости, а значит и поверхностной температуры многих арктических районов. Таким образом, вариации АМО способны влиять и на атмосферное давление в различных секторах Арктики, над которыми в зимние месяцы располагается Арктический антициклон.

Б. Л. Дзердзеевским и учеными его школы[11, 12] установлено, что при смещениях этого антициклона в сторону некоторого сектора Северного полушария, в нем возрастает продолжительность действия арктических блокингов. При этих процессах очень холодный зимний арктический воздух устремляется на юг, вызывая экстремальные похолодания на всем пути своего следования.

Если на пути распространения этого воздуха встречаются антициклоны, он их обтекает по изобарам, отклоняясь к западу и к востоку. В

результате, в регионы Европейского сектора арктический воздух способен поступать при блокингах, которые развиваются не только в этом секторе. На изменения метеоусловий в них способны влиять также блокинги в Сибирском секторе, которые взаимодействуют зимой с Сибирским антициклоном, а также в Атлантическом секторе, где они взаимодействуют с Азорским максимумом.

Последнее позволяет предположить, что **значимым фактором изменчивости экстремально низких температур воздуха в зимние месяцы во многих регионах Европейской территории России могут быть арктические блокинги, которые развиваются в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе Северного полушария, под влиянием изменений состояний Арктического антициклона, первопричиной которых служат опережающие их по времени вариации состояния АМО.**

Выдвинутая гипотеза не является тривиальной, поскольку известно, что в зимние месяцы холодный воздух на Европейскую территорию России может поступать и в холодных секторах приходящих сюда циклонов.

Поскольку вариации АМО способны опережать изучаемые процессы по времени на месяцы-годы, подтверждение адекватности данной гипотезы позволило бы использовать результаты мониторинга индекса АМО, представленные в [13], при сверхдолгосрочном прогнозировании изменений экстремальных температур воздуха на Европейской территории России в зимние месяцы. Поэтому проверка данной гипотезы, а также выявление условий, при которых она является адекватной, представляет немалый теоретический и практический интерес.

Постановка проблемы

Учитывая изложенное, объектом исследования выбраны изменения экстремальных температур воздуха на Европейской территории России в зимние месяцы.

Предметом исследования в ней служат связи изменений экстремальных температур зимних месяцев на Европейской территории России с вариациями состояния Атлантической мультидекадной осцилляции.

Целью работы является проверка адекватности выдвинутой гипотезы, а также выявление условий, при которых вариации АМО

значимо влияют на изменения экстремальных температур зимних месяцев на Европейской территории России.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

Оценены значимости влияния арктических блокингов в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе Северного полушария на возникновение метеоусловий в регионах Европейской территории России, при которых в них зимой наблюдаются экстремально низкие температуры воздуха.

Оценены значения временных сдвигов, при которых статистические связи между вариациями индекса АМО, а также запаздывающими по отношению к ним суммарными продолжительностями арктических блокингов в указанных секторах Северного полушария являются наиболее сильными.

Материалы и методы

В данной работе, как экстремально низкие в том или ином пункте рассматриваются зафиксированные в нем среднесуточные температуры воздуха, которые в период с 1 декабря по 28 февраля не превышают уровень $x = m - \sigma$, где m – их среднее значение, а σ – их среднеквадратическое отклонение.

Максимальные значения экстремально низких температур воздуха и периоды их существования определены для пунктов Европейской территории России, входящих в состав Центрального, Северо-Западного и Южного Федеральных округов, для которых информация о среднесуточных температурах зимних месяцев представлена в [14]. Пункты, которые относятся к Северо-Кавказскому Федеральному округу, при этом не рассматривались, поскольку в них на изменения зимних метеоусловий существенным является влияние Кавказских гор, что ощутимо изменяет проявляющиеся в них закономерности.

При этих исследованиях учтены данные о рассматриваемых характеристиках за отрезок времени с 1 января 1981 г. по декабрь 2015 г., который соответствует третьему (1981-1997гг.) и четвертому (1998-2015 гг.) периоду третьей циркуляционной эпохи [16]. В качестве примера, в таблице 1 представлены максимальные значения экстремально низких температур воздуха для пунктов Таганрог и Приморско-Ахтарск.

Таблица 1 Статистические характеристики m , σ и максимальные значения температур воздуха x в пунктах Таганрог и Приморско-Ахтарск, которые рассматриваются как экстремально низкие.

№	Пункт	m (°C)	σ (°C)	x (°C)
1	Таганрог	-2,260	5,571	-7,831
6	Приморско-Ахтарск	-0,171	5,025	-5,196

Как видно из таблицы 1, географическое положение пункта существенно влияет на уровень температуры воздуха, которая для него является экстремально низкой. Аналогичные расчеты показали, что максимальные значения экстремально низких температур воздуха по Европейской территории России снижаются с юга на север и с запада на восток. Их значения максимальны для пунктов Ялта (Южный берег Крыма) и Сочи (Черноморское побережье Краснодарского края), а минимальны - для пункта Нарьян-Мар (Печорская низменность).

Направления, по которым происходят Арктические блокинги, являются одним из критериев, в соответствии с которыми осуществляется типизация макроциркуляционных процессов в Северном полушарии, при подходе, предложенном Б. Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой [15]. Учет этих направлений, а также атмосферного давления над Арктикой, позволил выявить 41 Элементарный циркуляционный механизм (далее ЭЦМ), которые относятся к 11 типам и 4 группам [11].

Арктические блокинги существуют лишь в периоды действия ЭЦМ, которые относятся к группам Нарушенная зональная (НЗ) и Меридиональная Северная (МС). В такие периоды над Арктикой расположена область повышенного давления и существуют один (НЗ) или 2-4 блокирующих процесса (МС).

Информация о продолжительности действия в том или ином месяце и году каждого ЭЦМ получена из [16]. Она базируется на Календаре последовательной смены ЭЦМ за 1899-2015 гг., который до 1970 г. составлялся под руководством и при непосредственном участии Б.Л. Дзердзеевского сотрудниками циркуляционной группы Отдела климатологии Института географии АН СССР.

С 1971г. составление Календаря курировала В. М. Курганская, а с 1994 г. эта работа

осуществляется Н.К. Кононовой, которая принимает в ней участие с 1957 г. В 2014 г. к составлению Календаря подключилась Т.Ю. Горбунова [17].

При решении первой задачи, значимость влияния на возникновение экстремально низких температур в некотором пункте Европейской территории России, арктического блокинга, который происходит в каком-либо секторе Северного полушария, оценена с помощью двух мер.

Первая мера (P1) вычислялась как отношения суммарного за ту или иную зиму количества суток, в течение которых в некотором пункте наблюдаются экстремально низкие температуры воздуха, а также происходят блокинги, к количеству суток с экстремально низкими температурами воздуха.

Вторая мера (P2) определялась как отношение суммарного за ту или иную зиму количества суток, в течение которых в том же пункте наблюдаются экстремально низкие температуры воздуха, а также происходят блокинги, к количеству суток, в течение которых той же зимой арктические блокинги происходили в некотором секторе северного полушария.

Значения указанных мер определены для всех рассматриваемых пунктов, а также для двух периодов: 1981-1997гг и 1998-2015 гг..

Даты, соответствующие экстремально низкому температурам воздуха в рассматриваемых пунктах, получены из [14]. При определении дат, в которые арктические блокинги присутствовали в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе Северного полушария, использован Календарь последовательной смены ЭЦМ [16], а также перечни ЭЦМ, которые в них являются блокирующими.

Перечни ЭЦМ, при которых арктические блокинги наблюдаются в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе, в соответствии с [11,17], приведены в таблице 2.

Таблица 2. Перечни блокирующих ЭЦМ.

сектор	Атлантический	Европейский	Сибирский
ЭЦМ	3, 8а, 8бл, 8гз, 8гл, 9а, 12а, 12бз, 12бл	4а, 4б, 4в, 8бз, 10а, 10б, 12вз,	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 8бл, 8вз, 8вл, 8гз, 8гл, 11а, 12бл, 12вл

Из таблицы 2 видно, что наибольшее количество блокирующих ЭЦМ соответствует Сибирскому, а наименьшее - Европейскому сектору.

При решении второй задачи общая продолжительность в некотором месяце арктических блокингов в каждом секторе рассчитана как сумма периодов действия соответствующих ему блокирующих ЭЦМ, которые в этом месяце действовали. Поэтому как фактический материал о периодах действия таких ЭЦМ использована таблица 2 и [16].

Арктические воздушные массы, участвующие в образовании блокингов, формируются в соответствующих секторах Арктики, где атмосферное давление зависит от средней температуры их подстилающей поверхности (СТП). Как фактический материал при вычислении этих температур для периода с января 1982 по декабрь 2014 г., использованы данные о средних температурах поверхности всех районов изучаемых секторов, которые расположены к северу от параллели 67°N, и ограничены квадратами координатной сетки размерами 1°x1°. Эти данные,

содержатся в [19]. С их помощью для каждого i -зимнего месяца и каждого года t рассчитаны средние значения СТП Атлантического, Европейского и Сибирского секторов Арктики.

$$\text{СТП}_i(t) = \Sigma_{\lambda} \Sigma_{\varphi} \text{СТП}(\lambda, \varphi) * \cos(\varphi),$$

где $\text{СТП}(\lambda, \varphi)$ значение СТП района, ограниченного квадратом координатной сетки размерами $1^\circ \times 1^\circ$ с центром долгота которого - λ , а широта - φ ;

Σ_{φ} - оператор суммирования СТП всех квадратов расположенных на одинаковой широте;

Σ_{λ} - оператор суммирования значений Σ_{φ} .

Полученные таким образом временные ряды СТП Атлантического, Европейского и Сибирского секторов Арктики, а также временные ряды продолжительностей в тех же секторах арктических блокингов, подвергнуты корреляционному анализу. Предварительно в них выделены и скомпенсированы линейные тренды. В результате установлено, что между рассматриваемыми процессами существует значимая положительная корреляция (достоверность данного результата не менее 95%). Последнее позволило подтвердить адекватность вывода, который сделан Б. Л. Дзердзеевским [11], согласно которого изменения продолжительности блокингов в том или ином секторе соответствуют смещениям Арктического антициклона.

Учитывая это, при решении второй задачи изучено влияние вариаций АМО на изменения СТП различных районов Атлантического, Европейского и Сибирского сектора Арктики. Выявлялся временной сдвиг Δ , при котором влияние вариаций индекса АМО на запаздывающие по отношению к ним изменения СТП в некотором секторе Арктики являлось наиболее существенным. При этом как фактический материал об изменениях состояния АМО использована база данных [13]. Эта база включает информацию за период с января 1948 г.

Как мера существенности влияния вариаций индекса АМО на изменения СТП в некотором секторе Арктики, использовано количество его районов, ограниченных квадратами координатной сетки размерами $1^\circ \times 1^\circ$, где значения коэффициента корреляции рассматриваемых процессов положительны и значимы (превышают заданный пороговый уровень).

Если бы изучаемые процессы являлись стационарными и нормальными, в качестве этого уровня можно было бы выбрать значение некоторого порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента [20].

Так как каких либо причин рассматривать изучаемые процессы как стационарные и гауссовы, не установлено, критерий Стьюдента при оценке значимости связей между ними применен быть не может.

Учитывая это, принято следующее допущение: - статистическая связь между сопоставляемыми фрагментами временных рядов изучаемых процессов является достаточно сильной, если значение коэффициента их парной корреляции превышает уровень +0,5. Его использование позволило для каждого Δ определиться районы соответствующего сектора Арктики, для которых связь межгодовых изменений их СТП в зимние месяцы, в период 1982-2014 гг., с вариациями АМО, является достаточно сильной.

С учетом рекомендаций [18], установлено, что изучаемые статистические связи могут быть признаны надежными и пригодными для прогнозирования, если сопоставляемые фрагменты рассматриваемых временных рядов содержат 33 члена. Поэтому при определении значений Δ , которые соответствуют тому или иному региону Арктики, статистические связи вариаций индекса АМО с запаздывающими по отношению к ним изменениями его СТП, их сила оценивалась для различных фрагментов временных рядов АМО, которые имеют именно такую длину. Последнее позволило изучать статистические связи между изучаемыми процессами на отрезках времени длиной 33 года и при сдвигах между ними Δ , лежащими в диапазоне от 0 до 34 лет.

Результаты исследования и их анализ

При решении первой задачи в соответствии с рассмотренной методикой оценены значимости влияния арктических блокингов в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе Северного полушария на изменения зимних метеоусловий в регионах Европейской территории России, при которых в них наблюдаются экстремально низкие температуры воздуха. Значения используемой меры значимости этого влияния определены для всех рассматриваемых ее пунктов. Для этого рассчитаны значения мер $P1$ и $P2$, осредненные по всем пунктам, находящимся на территориях Центрального, Северо-Западного и Южного федеральных округов, которые соответствуют третьему (1981-1997гг.) и четвертому (1998-2015 гг.) периодам третьей циркуляционной эпохи. Эти значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 Значения меры значимости влияния арктического блокинга на возникновение экстремально низких температур воздуха зимой.

Блокинг в Европейском секторе				
	1981-1997гг.		1998-2015 гг.	
Федеральный округ России	P1	P2	P1	P2
Центральный	0,173	0,211	0,077	0,143
Северо-Западный	0,186	0,223	0,087	0,152
Южный	0,123	0,188	0,052	0,119
Блокинг в Сибирском секторе				
	Третий период		Четвертый период	
Федеральный округ России	P1	P2	P1	P2
Центральный	0,195	0,143	0,236	0,110
Северо-Западный	0,167	0,121	0,189	0,093
Южный	0,191	0,165	0,233	0,108
Блокинг в Атлантическом секторе				
	Третий период		Четвертый период	
Федеральный округ России	P1	P2	P1	P2
Центральный	0,063	0,073	0,068	0,111
Северо-Западный	0,113	0,123	0,236	0,154
Южный	0,100	0,092	0,245	0,137
Блокинг в любом из этих секторов				
	Третий период		Четвертый период	
Федеральный округ России	P1	P2	P1	P2
Центральный	0,371	0,163	0,532	0,138
Северо-Западный	0,386	0,167	0,553	0,141
Южный	0,366	0,151	0,516	0,13

Из таблицы 3 следует, что в четвертом периоде третьей циркуляционной эпохи по сравнению с ее третьим периодом доли интервалов времени, в течение которых наблюдались экстремально низкие температуры воздуха, приходящиеся на время действия арктических блокингов в Европейском секторе, во всех рассматриваемых регионах Европейской территории России заметно снизилась.

Аналогичные изменения произошли и с долями интервалов времени действия арктических блокингов в Европейском секторе, на которые в пунктах тех же регионов приходились периоды экстремально низких температур воздуха. Это позволяет заключить, что влияние арктических блокингов в Европейском секторе на формирование метеоусловий, при которых на всей рассматриваемой территории России зимние температуры воздуха являются экстремально низкими, в четвертом периоде (1988-2015 гг.) ослабло. При этом наиболее сильным оно остается в Северо-Западном Федеральном округе и наиболее слабым в Южном Федеральном округе.

Для большинства рассматриваемых пунктов Европейской территории России в четвертом периоде той же циркуляционной эпохи заметно возросли P1- доли интервалов времени, в течение которых в них наблюдались экстремально низкие температуры воздуха, приходящихся на периоды действия арктических блокингов в Сибирском

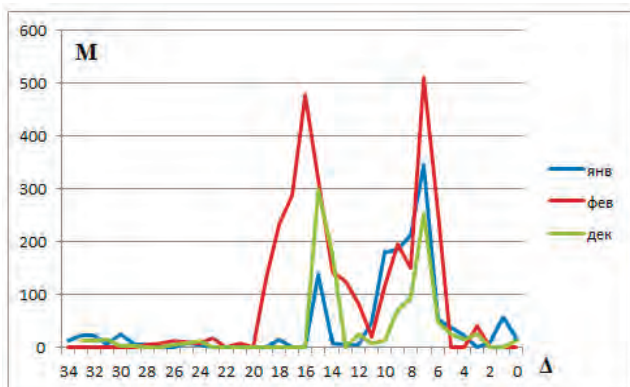
секторе. Из этого следует, что влияние арктических блокингов в Сибирском секторе Северного полушария на образование метеоусловий, при которых на всей рассматриваемой территории России зимние температуры воздуха являются экстремально низкими, усилилось. В четвертом периоде (1988-2015 гг.) третьей циркуляционной эпохи наиболее сильным это влияние является в Центральном Федеральном округе.

В четвертом периоде третьей циркуляционной эпохи наиболее значительно усилилось влияние на рассматриваемые процессы в Южном федеральном округе арктических блокингов, которые происходили в Атлантическом секторе. Усилилось оно и в прочих Федеральных округах.

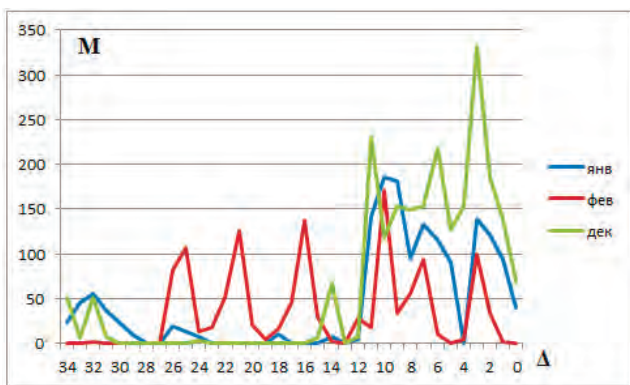
Во всех рассматриваемых Федеральных округах России также усилилось влияние арктических блокингов, происходящих в любом из рассматриваемых секторов Северного полушария. Доли периодов их действия, совпадающие по времени с периодами существования на соответствующих территориях экстремально низких температур воздуха, всюду превышают 50%.

При решении второй задачи для Атлантического, Европейского и Сибирского сектора Арктики и каждого значения Δ определены его районы, для которых статистическая связь межгодовых изменений их СТП в том или ином зимнем месяце, с вариациями индекса АМО является достаточно сильной. Полученные при этом для того

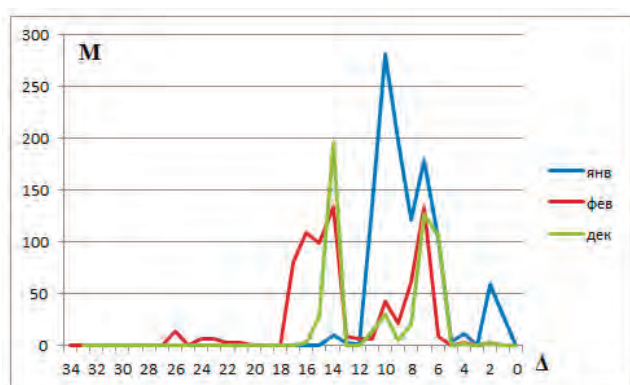
или иного зимнего месяца зависимости количества таких районов (М) каждого сектора от значения Δ представлены на рисунке 1.



А)



Б)



В)

Рис. 1. Зависимости от Δ количества (М) районов секторов Арктики, где сила связи изменений в 1982-2014 гг. их СТП в зимние месяцы, с опережающими на Δ вариациями АМО, достаточно велика.

А) Атлантический; Б) Европейский; В) Сибирский.

Из рисунка 1 видно, что для всех секторов Арктики и всех зимних месяцев рассматриваемые зависимости носят мультимодальный характер, а значения Δ , которые соответствуют их максимумам, в различных секторах заметно различаются.

Как следует из рисунка 1А, в Атлантическом секторе минимальное значение Δ , при котором в соответствующей зависимости $M(\Delta)$ присутствует первый максимум, составляет 7 лет. Наибольшее количество районов данного сектора, где при таком Δ , связь между вариациями СТП и АМО достаточно сильна, соответствует – февралю. Второй максимум в рассматриваемой зависимости для февраля соответствует $\Delta=16$ лет, для января и декабря – при $\Delta=15$ лет.

Как видно из рисунка 1Б, в Европейском секторе минимальное значение Δ , при котором в соответствующей зависимости $M(\Delta)$ присутствует первый максимум, составляет 3 года. Это приблизительно совпадает с оценкой времени, за которое вода из тропической зоны Северной Атлантики по системе поверхностных течений: Северо-Пассатное –Антильское – Гольфстрим – Североатлантическое, достигает Норвежского моря [4]. Наибольшее количество районов данного сектора, где при таком Δ , связь между вариациями СТП и АМО достаточно сильна, соответствует декабрю, а наименьшее – февралю. Это не удивительно, поскольку известно, что ледовитость районов Европейского сектора от декабря к февралю увеличивается.

Из данного рисунка следует также, что наряду с упомянутым максимумом, в рассматриваемой зависимости присутствуют и иные, которым соответствуют значения Δ , 6-7, 10-11 и более лет. Наибольшие значения М, превышающие 100, для декабря и января соответствуют $\Delta=11$ лет, а для февраля – 26 лет.

Существование первого максимума рассматриваемой зависимости может отражать влияние на СТП районов Европейского сектора Арктики прихода в него дополнительного тепла, доставляемого атлантическими водами. В образовании последующих максимумов этой зависимости, вероятно, проявляется влияние доставляемой теми же водами избыточной соли, которая, благодаря циркуляции поверхностных вод Арктики многократно возвращается в Европейский сектор Арктики. Об этом свидетельствует и близкое к эквидистантному расположению максимумов рассматриваемой зависимости (соответствующие им значения Δ различаются на 4-6 лет).

Из рисунка 1В следует, что в Сибирском секторе минимальное значение Δ , при котором в соответствующей зависимости $M(\Delta)$ присутствует достаточно высокий максимум ($M>100$), составляет приблизительно 7 лет. Наибольшее количество районов данного сектора, где, при таком Δ , количество районов достаточно сильной связи между вариациями СТП и АМО превышает 100,

соответствует январю. В феврале и декабре оно меньше и практически одинаково.

Значение Δ , при котором в январе достигается максимальное значение M , составляет 10 лет. При таком времени запаздывания значимо влиять на СТП районов данного сектора могут лишь вариации солёности поверхностного слоя его вод, обусловленные повторным возвратом в него солёных атлантических вод, доставляемых циркуляцией поверхностных вод Арктики. Разность значений Δ , при которых значения M , соответствующие в Сибирском секторе декабрю и февралю, достигают максимумов, превосходящих 100, составляет 7 лет.

Сопоставление рисунков 1А-В свидетельствует об адекватности выдвинутой гипотезы. Оно показывает, что арктические районы, где на межгодовые изменения в зимние месяцы СТП ощутимо влияют вариации индекса АМО, действительно существуют. В них связи между этими процессами наиболее сильны, если последние опережают изменения СТП по времени на то или иное Δ , минимальное значение которого составляет 3 года и соответствует Европейскому сектору. Минимальное значение Δ , которое соответствует

районам Сибирского, и Атлантического сектора Арктики, составляет 7 лет.

Обсуждение полученных результатов

Выявленные закономерности могут быть использованы при разработке прогнозов изменений экстремальных температур воздуха в зимние месяцы на Европейской территории России, для сценария будущего, при котором выявленные закономерности сохранятся неизменными. При этом также должно быть принято допущение, согласно которому главным фактором изменений ледовитости Арктики, а также состояния Арктического антициклона в зимние месяцы являются вариации потоков тепла и соли, которые поступают в нее из Северной Атлантики. Влияние на них изменений содержания в атмосфере парниковых газов проявляется опосредованно, через указанные вариации.

При разработке таких прогнозов за основу должны быть приняты изменения состояния индекса АМО, которые, для периода 1998-2015 гг., в соответствии с [12], представлены на рисунке 3.

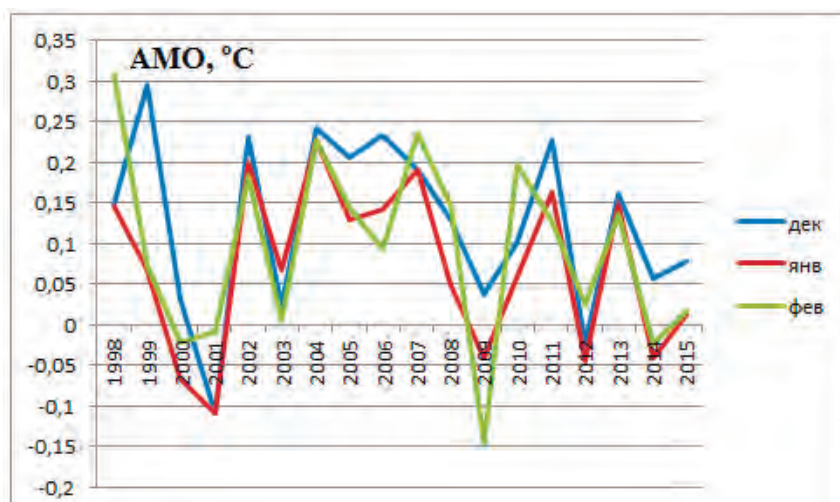


Рис. 2. Зависимости от времени среднемесячных значений индекса АМО в период 1998-2015 гг., согласно [12].

Из рисунка 2 следует, что для всех зимних месяцев межгодовые изменения индекса АМО носят колебательный характер, при этом их средний уровень устойчиво снижается (что наиболее заметно в январе и феврале).

Рисунок 1Б показывает, что в Европейском секторе Арктики, зимой 2016г. проявлялись изменения состояния АМО, которые имели место в 2013 г.. Поэтому зима 2016 года в регионах Европейской территории России суровой не была.

Рисунок 1Б позволяет предположить также, что зима 2017 года здесь будет несколько более суровой (в особенности в январе и феврале), так как будет сказываться влияние АМО в 2014 г..

Из рисунков 1А и 1В следует, что в Атлантическом и Сибирском секторе суровые условия января и февраля, обусловленные низкими уровнями АМО в те же месяцы 2014 года, могут сложиться в 2021 г.

2020г. будет характеризоваться повышенными температурами всех зимних месяцев, а 2019 год – их пониженными значениями. Все зимние месяцы в 2017г. и 2018 г. в данных секторах также будут, по-видимому, более теплыми.

Так как арктические блокинг чаще возникают в периоды, когда в соответствующем секторе Арктики происходит похолодание,

полученные результаты позволяют предположить, что зима 2017г., 2018 г. и 2020 г. на Европейской территории России будет более теплой, в 2019 году и 2021 г. она будет более суровой.

Поскольку тенденция к снижению АМО в Сибирском и Атлантическом секторе также проявится с запаздыванием 7 лет, представляется вероятным, что аналогичная тенденция в ближайшие десятилетия будет проявляться и в изменениях экстремально низких температур зимних месяцев на всей Европейской территории России. Периоды, в течение которых температуры будут оставаться экстремально низкими, также будут возрастать. Эту особенность целесообразно учитывать при расчете систем отопления и теплоизоляции зданий, проектируемых для ее населенных пунктов.

Выводы

Таким образом, установлено,

1. В регионах Европейской территории России в XXI веке, не менее 50% случаев возникновения зимой метеоусловий, при которых температуры воздуха в их населенных пунктах становятся экстремально низкими, связаны с арктическими блокинками, действующими в Атлантическом, Европейском и Сибирском секторе.

2. По сравнению с аналогичным периодом в конце XX века, значимость влияния арктических блокингов в Европейском секторе снижается, а в Сибирском и Атлантическом возрастает.

3. Значимым фактором изменений поверхностных температур зимних месяцев в тех же секторах Арктики является Атлантическая мультидекадная осцилляция, вариации состояния которой опережают их по времени.

4. Проявляющаяся в XXI веке тенденция к снижению значений индекса АМО может породить тенденцию к увеличению продолжительности зимних блокингов в Сибирском и Атлантическом секторе, а также повышению суровости зим практически на всей Европейской территории России.

Литература

1. Schlesinger, M. E. (1994). "An oscillation in the global climate system of period 65-70 years". *Nature* **367** (6465): 723–726.

2. Mingfang, Ting; Yochanan Kushnir; Richard Seager; Cuihua Li (2009). "Forced and Internal Twentieth-Century SST Trends in the North Atlantic". *Journal of Climate* **22** (6): 1469–1481.

3. Delworth, T. L. & Mann, M. E. Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere. *Clim. Dyn.* **16**, 661–676 (2000).

4. Chen, X. & Tung, K.-K. Varying planetary heat sink led to global-warming slowdown and acceleration. *Science* **345**, 897–903 (2014).

5. Dickson R. R., Meinke J., Rhines P. Arctic-Subarctic Ocean Fluxes: Defining the Role of the Northern Seas in Climate. — Springer, 2008. — 736 с.

6. Enfield, D.B., Mestas, A.M. Ttimble P.J., 2001: The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophysical Research Letters*, Vol. 28, 2077–2080.

7. Gerard D. McCarthy, Ivan D. Haigh, Joël J.M. Hirschi, Jeremy P. Grist & David A. Smeed (27 May 2015). "Ocean impact on decadal Atlantic climate variability revealed by sea-level observations". *Nature*.

8. Marshall, J., Johnson, H. & Goodman, J. A study of the interaction of the North Atlantic Oscillation with ocean circulation. *J. Clim.* **14**, 1399–1421 (2001).

9. Sallenger, A. H., Jr, Doran, K. S. & Howd, P. A. Hotspot of accelerated sea-level rise on the Atlantic coast of North America. *Nature Clim. Change* **2**, 884–888 (2012).

10. Бурков В. А. Общая циркуляция вод Мирового океана./ Л. – Гидрометиздат. – 1980. – 253с.

11. Дзердзеевский, Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР..М. – 1968. – 240с.

12. Zakharov V. G., Kononova N. K. (2015). Relationship of dynamics of filds of ice drift in the arctic and atmospheric circulation northern hemisphere (summer season)//The complex systems, Interdisciplinary Scientific Journal, 2015, №1 (2), p.45-57 .

13. База данных об изменениях индекса Атлантической мультидекадной осцилляции[Электронный ресурс] / Режим доступа:

<http://www.cdc.noaa.gov/timeseries/AMO/>

14. База данных о характеристиках метеоусловий в различных пунктах мира [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.tutiempo.net>

15. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. (1946). Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л., Гидрометиздат, 80 с..

16. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.atmospheric-circulation.ru>

17. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому. //М. ИГ РАН.Воентехиниздат. - 2009. – 372с.

18. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, часть. III. Служба морских гидрологических прогнозов. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, 143 с.

19. База данных об изменениях эффективных температур различных участков земной поверхности. [Электронный ресурс] / Режим доступа:

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>.

20. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит. - 2006. -816с.

THE AIR'S TEMPERATURES ON THE TERRITORY OF EUROPEAN RUSSIA IN WINTER, WHICH ARE EXTREMELY LOW, AND ATLANTIC MULTIDECADAL OSCILLATION

Summary. The influence of the Arctic blocking, which occurring in the winter months in the Atlantic, European and Siberian sector, on the formation of regions in European Russia weather conditions, under which the air temperature in them is extremely low, are estimated. The features of the influence of Atlantic multidecadal oscillation on these variations, which are identified, are used in the forecasting for on the coming decades. This forecastst is useful in designing of construction projects.

Key words: European territory of Russia, winter, arctic blocking, extremely low temperatures, the Atlantic multidecadal oscillation.

Раздел 2. Современные энергоэффективные конструкции и материалы зданий

ПЕНОВАК – ПОРИЗОВАННЫЙ БЕТОН С ПУСТОТЕЛЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Владимир Белов, Сергей Гамаюнов

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Россия, Тверь, наб. Аф.Никитина, д.22.

E-mail: vladim-bel@yandex.ru

Аннотация. Отмечен рост потребности строительной индустрии в новых материалах, в частности, легких бетонах. Рассмотрены особенности производства нового строительного материала Пеновак™ – пенобетона с пустотелым заполнителем. Кратко описана технология производства пустотелого заполнителя на основе торфа и глинистого сырья, и его характеристики. Высокая эффективность нового легкого бетона достигается за счет сочетания в его структуре крупных замкнутых шарообразных пустот, образуемых гранулами заполнителя и мелкопористых прослоек цементного камня.

Ключевые слова: пенобетон, пустотелый заполнитель на основе местного глинистого сырья и торфа.

Введение

В нашей стране жилищный вопрос продолжает оставаться острой социальной проблемой. Задача увеличения объемов ежегодно вводимого жилья на ближайшие десятилетия предопределяет потребность в развитии технологий и создании новых конструктивных систем и строительных материалов.

Наиболее действенным и реальным путем снижения массы несущих и ограждающих конструкций зданий различного назначения является развитие производства конструкций из легкого бетона. Для обычных легких бетонов слитной структуры на крупных пористых заполнителях с природным песком в качестве мелкого заполнителя, в которых цементно-песчаный раствор полностью заполняет пустоты между зернами крупного пористого заполнителя, характерна достаточно большая плотность (1400...1800 кг/м³), что снижает эффективность их применения, прежде всего в ограждающих конструкциях. Более эффективными по сравнению с легкими бетонами слитной структуры как с точки зрения снижения плотности, так и возможности отказа от дефицитного мелкого пористого заполнителя являются поризованные легкие бетоны, в которых роль мелкого заполнителя частично выполняют мелкие замкнутые поры, получающиеся за счет поризации растворной части с помощью пено- или газообразующих добавок.

Анализ публикаций, материалов, методов

Идея получения поризованных бетонов принадлежит пражскому инженеру Гофману, получившему в 1889 г. патент на изготовление бетонов, пористая структура которых образовывалась за счет выделения углекислого газа при реакции соляной кислоты и гидрокарбоната натрия. В настоящее время пористая структура этим бетонам может придаваться двумя основными путями:

1) газообразованием, когда в сырьевую смесь вводят добавку-газообразователь, в результате газовыделения смесь вспучивается, и после ее отвердевания получают так называемый газобетон;

2) воздухововлечением, когда сырьевую смесь смешивают с отдельно приготовленной пеной

или вводят добавку-пенообразователь непосредственно в специальный смеситель; в данном случае после отвердевания получают пенобетон.

В качестве добавок-пенообразователей в пенобетонах используют синтетические или белковые ПАВ, способствующие получению устойчивых пен. Эти пенообразователи экологически чистые, химически нейтральные, негорючие и безопасные в применении. При этом пенобетоны отличаются от газобетонов характером своей структуры – замкнутой пористостью с мелкими сферическими порами. Газобетон имеет более крупные поры, поэтому он в большей степени, чем пенобетон, нуждается в защите от воздействий окружающей среды.

Пенобетоны отличаются высокой универсальностью, относительной простотой технологии, невысоким уровнем производственных затрат при изготовлении изделий. Благодаря простоте технологии и применяемого оборудования (исключение из технологического цикла помола сырьевых компонентов в шаровых мельницах и автоклавной обработки), стоимость изделий в 1,5-2 раза ниже, чем стоимость таких же изделий из газобетона. Возможность исключения из технологии пенобетонов тепловой обработки обеспечивает реальность их эффективного применения в монолитном строительстве.

Плотность пенобетона (с использованием в качестве заполнителя мелкого песка естественной дисперсности) обычно находится в пределах 600...1000 кг/м³, а прочность на сжатие 1,5...3,5 МПа (марки 15...35).

Для получения пенобетонов с меньшей средней плотностью с сохранением прочности используют молотые пески, а также ускорители твердения, редуцирующие, водопонижающие и другие добавки. Иногда с целью снижения плотности и исключения операции помола пенобетон получают на цементном вяжущем без песка. Такой материал называют пеноцементом. Однако этот бетон обладает большой усадкой при высыхании, что снижает его качественные показатели. Прекрасной технологической мерой является армирование пенобетона, если его плотность ниже 450 кг/м³. Для армирования используют фибру – короткие волокна

стекловолокна или «каменного волокна». Фибра стабилизирует свойства пеномассы и предохраняет её от усадки и трещинообразования. Эти дополнительные технологические мероприятия препятствуют широкому распространению пенобетона и усугубляются дефицитом высококвалифицированных специалистов. В перспективе наиболее разумным подходом для мелких производителей будет применять готовые сухие смеси для пенобетона, что обеспечит кардинальное улучшение его свойств. В этом случае пенобетонную смесь профессионалы приготовят заранее, причём будут использованы материалы гарантированного качества. Производственникам останется затворить сухую смесь водой согласно инструкции. Однако практическая реализация этой идеи – дело будущего.

В отношении наиболее распространенной продукции – стеновых блоков и камней из пенобетона – практика показала, что для них достигается оптимальное соотношение между плотностью и теплопроводностью бетона, с одной стороны, и его прочностью и морозостойкостью, с другой. Пенобетонные блоки можно применять в несущих наружных стенах домов малой и средней (до 4–5) этажности, а также в несущих наружных стенах многоэтажных зданий при соблюдении приемлемой по конструктивным и экономическим соображениям толщины стен. Пенобетон в конструкции наружных стен может удачно сочетаться с кирпичной облицовкой, а во многих случаях в отличие от газобетона он не требует специальной облицовки и может быть просто оштукатурен или даже только окрашен. Применение пенобетона как материала для облегченных элементов и ограждающих конструкций позволяет обеспечивать современные требования к теплоэффективности жилых домов. Дома из пенобетона позволяют сберечь природные и энергетические ресурсы. Их отличают высокое качество, экономичность в энергопотреблении, невысокие затраты на строительство; они имеют длительные сроки эксплуатации.

Поризованные легкие бетоны на пористых заполнителях представляют собой псевдоплотные материалы, составляющими которых являются крупные пористые заполнители и поризованная растворная часть. При этом пористые заполнители составляют более 80 % объема бетона. Поэтому одной из основных задач в технологии производства этих строительных материалов является снижение насыпной плотности заполнителей, а также повышение эффективности их производства и применения [1].

Существует много видов пористых заполнителей: керамзит, аглопорит, шунгезит, вермикулит, перлит, зола, древесные отходы и т.п., – и способов их производства. В основном такое многообразие обусловлено применяемыми для их изготовления сырьевыми компонентами. В связи с

этим, представляют интерес попытки расширить существующий ассортимент традиционных заполнителей, применяемых для изготовления легких бетонов, за счет новых технологий и дешевых материалов, имеющих надежную, прежде всего, местную сырьевую базу. Создание принципиально нового заполнителя для легких бетонов, который не будет иметь ячеистой пористой структуры – инновационное направление совместного применения торфа и минеральных материалов [2].

Цель и постановка задачи исследований

Традиционно в качестве заполнителя легких бетонов используется керамзит – продукт, получаемый при обжиге легкоплавких вспучивающихся глинистых пород. От качества глинистого сырья во многом зависит свойства получаемого заполнителя. Вспучивающееся глиняное сырье, пригодное для приготовления керамзита, не часто встречается в природе. Более распространены малопластичные, тощие, запесоченные глинистые породы, суглинки, которые при обжиге не вспучиваются. Поэтому в настоящее время многие предприятия по производству керамзита отмечают значительное ухудшение одной из основных его характеристик – теплопроводности, которая связана с низкой пористостью получаемого заполнителя. Пустотелый заполнитель на основе торфа и глинистого сырья, используемый в данной работе, позволяет существенно продвинуться в решении этой проблемы. Для изготовления разработанного пустотелого заполнителя не требуется высококачественных керамзитовых глин. Он имеет шарообразную форму и состоит из тонкой минеральной оболочки и полый внутренней части.

Производство пустотелого заполнителя на основе торфа и глинистого сырья будет мало зависеть от качества сырьевой базы, но в тоже время позволит получать высококачественную продукцию, которая по некоторым характеристикам будет значительно лучше своих аналогов (керамзита).

Основной раздел с результатами и их анализом

Технология получения заполнителя пустотелого заполнителя на основе торфа и местного глинистого сырья, предлагаемая в данной работе, реализуется при выполнении следующих операций. Из влажного торфа на тарельчатом грануляторе формируются шарообразные гранулы размером 10–15 мм (при желании размер можно изменять в большую или меньшую сторону). На торфяные гранулы наносится тонкий слой (1,5–2 мм) глинистого материала. Затем композиционные гранулы сушатся и подвергаются высокотемпературной обработке – обжигу. При обжиге торфяное ядро выгорает, а глинистая оболочка спекается. В результате получают пустотелые гранулы, внутри которых находится воздух.

Разнообразные заполнители для бетонов отличаются теми или иными специфическими свойствами и особенностями, обуславливающими область их применения и технико-экономическую эффективность. В то же время они как сыпучие зернистые материалы характеризуются единичными основными показателями качества. Насыпная плотность, пустотность и другие характеристики заполнителя в значительной степени определяются формой его зерен. Наиболее желательной формой зерен заполнителя является шаровидная или приближающаяся к ней. Наиболее эффективны в строительстве заполнители с плотностью до 400 кг/м³. Поэтому нормативные документы ограничивают отклонение от этой формы требованием, чтобы отношение наибольшего размера зерен заполнителя к наименьшему его размеру (коэффициент формы зерен) в среднем не было больше 1,5.

Численные показатели основных свойств разработанного пустотелого заполнителя следующие: насыпная плотность – 390 кг/м³; плотность зерен в сухой сыпучей среде – 661 кг/м³; плотность зерен в цементном тесте – 1390 кг/м³; межзерновая пустотность (без учета открытых пор) – 41 %; пустотность с учетом насыщения открытых пор влагой и цементным тестом – 72 %; коэффициент формы зерен – 1,04; водопоглощение по массе – 20 %; прочность при сдавливании в цилиндре – 0,9 МПа.

Новый пустотелый заполнитель характеризуется большой межзерновой пустотностью, имеет высокую открытую пористость самих зерен, которые впоследствии будут доступны для насыщения цементным тестом. Это обстоятельство (эффект цементной «обоймы») может оказаться благоприятным для целей упрочнения пустотелого заполнителя. Благодаря этому можно получить достаточно прочные бетоны с разработанным пустотелым заполнителем, несмотря на его исходную сравнительно низкую прочность.

Поризованный бетон на основе разработанного пустотелого заполнителя имеет принципиальное отличие от обычных легких бетонов. Это отличие обусловлено наличием в его составе пустотелого заполнителя, обладающего специфическими свойствами по впитыванию влаги и цементного теста. К этому следует добавить и специфику мелкого заполнителя, в качестве которого вместо песка может быть использована торфяная зола. В связи с этим в методику расчета состава легкого бетона на основе пустотелого заполнителя из торфа и глинистого сырья и торфяной золы в качестве мелкого заполнителя нами заложен принцип получения максимально плотной упаковки зерен на всех структурных уровнях. Следует стремиться к заполнению цементом и водой пустот между частицами торфяной золы и открытых пор в зернах пустотелого заполнителя, а также заполнению пустот между зернами крупного заполнителя объемом золошлаковой смеси. Полученные составы

легкого бетона должны уточняться с помощью специальных методов планирования экспериментов путем варьирования значений исходных компонентов [3].

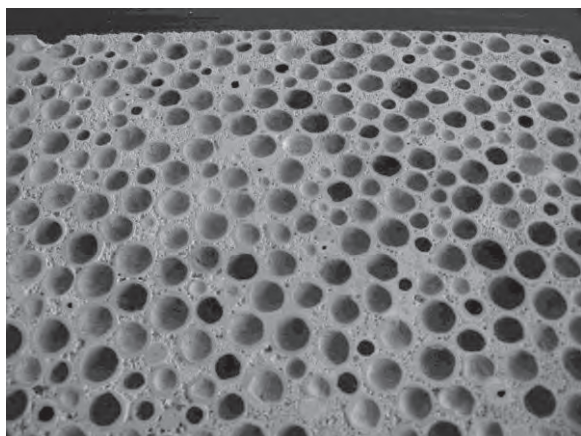
Состав легкого бетона слитного строения, приготовленного на основе пустотелого заполнителя, торфяной золы и цемента по обычной технологии, в расчете на 1 м³: цемент – 530 кг; торфяная зола – 430 кг; пустотелый заполнитель – 320 кг или 0,81 м³; вода – 350 л. Использование обычной технологии бетона, при которой все компоненты смешиваются в одном бетоносмесителе, обуславливает сравнительно высокий расход цемента, что делает данный состав бетона малоэкономичным, и он не может быть рекомендован для практики.

Значительно снизить расход цемента возможно при условии уменьшения поглощения цементного теста открытыми порами зерен пустотелого заполнителя. Это достигается за счет применения новой эффективной технологии бетона, при которой отдельно готовятся связующие в высокоскоростных смесителях-пеногенераторах по собственному режиму и одновременно компонуются смеси заполнителей. В первом случае обеспечивается активация вяжущих и наполнителей в контактных зонах, а также их вспенивание. Смеси заполнителей после раздельного приготовления смешиваются с пеномассой из связующих компонентов. Такое совмещение отдельно приготовленной смеси пустотелого заполнителя с грубодисперсной частью торфяной золы и активной вспененной смеси цемента и тонкодисперсной фракции золы создает условия значительной экономии цемента, улучшения всех технических и экономических показателей бетона. С целью проверки этой гипотезы выполнен предварительный расчет состава бетона, изготовленного по новой технологии.

Исходя из плотности бетонной смеси 1630 кг/м³ получен состав легкого поризованного бетона на пустотелом заполнителе Пеновак™, изготавливаемого по раздельной технологии: цемент – 260 кг; торфяная зола – 530 кг; пустотелый заполнитель – 390 кг или 1 м³; вода – 430 л. Этот состав по расходу цемента является вполне конкурентоспособным по сравнению с известными составами легких бетонов с традиционными заполнителями.

Пеновак™ – легкий бетон с достаточно высокими характеристиками по водо-, паро-, газонепроницаемости и морозостойкости. Высокая эффективность нового теплоизоляционного и стенового материала достигается за счет сочетания в его структуре крупных замкнутых шарообразных пустот, образуемых гранулами заполнителя, и мелкопористых прослоек цементного камня (рисунок). Использование вяжущей части в виде пеномассы препятствует всплытию легких гранул

заполнителя, позволяет частично или полностью исключить песок из состава бетона.



Фотография поризованного бетона (распил) Пеновак™ на основе искусственного пустотелого заполнителя из торфа и местного глинистого сырья

Предлагаемая технология получения легкого бетона не нуждается в использовании тонкомолотого заполнителя, не критична к технологическим режимам изготовления, так как заданная пористая структура целенаправленно достигается за счет получения необходимого размера пустотелых гранул и их смешивания в нужном соотношении, а также варьирования количества и структуры прослоек поризованной вяжущей матрицы при изменении относительного количества пенообразователя и цемента. При этом улучшаются прочностные свойства за счет армирующей роли пустотелых гранул, обладающих прочной оболочкой, концентрация напряжений в которой сводится к минимуму вследствие правильной шарообразной формы.

При разработке технологии бетона Пеновак™ применены топологические принципы формирования оптимальных структур строительных материалов, которые в настоящее время находятся на острие науки о строительном материаловедении [4]. Эти принципы являются основой методик расчета составов бетона Пеновак™ с заданными свойствами.

Применение при изготовлении бетона Пеновак™ разработанных технологических приемов раздельного приготовления бетонной смеси позволяет получить оптимальную структуру строительного материала при сокращении на 100–150 кг/м³ расхода цемента по сравнению с традиционными схемами производства легкого бетона. Наличие в бетоне Пеновак™ пустотелого заполнителя правильной формы, заданного размера и в оптимальном количестве определяет отсутствие в контактной зоне концентраций напряжений, что является предпосылкой его армирующего влияния и повышения прочности Пеновака.

Технология производства бетона Пеновак™ с пустотелым заполнителем позволяет выполнять распалубку форм и съем изделий через 24 часа

твердения и гарантирует изготовление нового строительного материала плотностью от 800 кг/м³ (при прочности 1–3,5 МПа) до 1500–1600 кг/м³ (при прочности 10–15 МПа и более).

Выводы

Таким образом, применение разработанного пустотелого заполнителя для изготовления бетона Пеновак™ – поризованного легкого бетона позволяет получать высококачественный строительный материал, отвечающий основным требованиям, предъявляемым к аналогичной продукции. Эффективность производства Пеновака обуславливается расширением сырьевой базы и уменьшением расхода цемента. При строительстве малоэнергоемких домов большое значение имеет разработка эффективных ограждающих конструкций из материала с высокими теплозащитными свойствами на основе местного сырья. Теплофизические характеристики бетона улучшаются за счет снижения средней плотности и обеспечения мелкопористой структуры прослоек цементного камня в нем.

Список литературы

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. М.: Изд-во АСВ, 2011. 528 с.
2. Мисников, О.С. Пустотелый заполнитель для легкого бетона на основе торфа и минерального сырья / О.С. Мисников, С.Н. Гамаюнов // Строительные материалы. 2004. № 5. С. 22–24.
3. Белов, В.В. Модифицированные сухие общестроительные смеси оптимальной гранулометрии / В.В. Белов, М.А. Смирнов // Вестник Тверского государственного технического университета. Тверь: ТГТУ, 2007. Вып. 10. С. 13–17.
4. Белов, В.В. Компьютерное моделирование и оптимизирование составов композиционных строительных материалов / В.В. Белов, В.Т. Ерофеев, И.В. Образцов, А.Н. Бобрышев и др. / Монография. М.: Издательство АСВ, 2015. 264 с.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УЗЛОВ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Н.А. БУЗАЛО, С.А. АЛЕКСЕЕВ, Н.Г. ЦАРИТОВА

Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова
г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132. Buzalo_n@mail.ru

Аннотация: При строительстве в труднодоступных районах, при возведении временных и сезонных зданий и сооружений все шире используются быстровозводимые системы, основой которых являются легкие стальные конструкции, в том числе и пространственные. Авторами поставлена задача расчета и конструирования узла соединения стержней легкой металлической пространственной конструкции регулярной структуры, особенностью которого является возможность компактной упаковки стержневых элементов системы при транспортировке и возможность монтажа без применения тяжелой техники.

Ключевые слова: Быстровозводимые здания и сооружения, узлы пространственных стержневых конструкций.

Введение

В последние годы в отечественном и зарубежном строительстве отмечается расширение применения наряду с традиционными капитальными зданиями и сооружениями быстровозводимых и мобильных комплексов. Существующие капитальные строительные системы отличаются длительными сроками возведения, значительным весом конструкций, оказывают большое давление на основания. Кроме этого невозможно быстро разобрать основные элементы таких зданий при необходимости изменения планировочных решений, трансформации помещений.

Мобильные системы характеризуются возможностью разборки без существенных трудозатрат и повреждений конструктивных элементов, рациональной передислокацией серийными видами автомобильного, железнодорожного, воздушного и водного транспорта, быстрым изменением объемно-планировочных решений в зависимости от требований заказчика, возможностью монтажа без использования тяжелого кранового оборудования. Особенностью быстровозводимых зданий является также отсутствие необходимости в дорогостоящих земляных работах по изготовлению массивных фундаментов. Здание устанавливается на легкие точечные опоры или просто на бетонную площадку. Статичная и неизменная искусственная среда обитания человека может превращаться в новое, адаптирующееся и динамичное пространство.

Обзор и анализ существующих вариантов быстровозводимых зданий

Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения могут использоваться в производственном и жилищном строительстве в отдаленных и

труднодоступных районах, для сезонных сооружений в зонах отдыха, для нужд сельского хозяйства в качестве временных хранилищ техники и собранного урожая. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации подобных зданий и сооружений в России и за рубежом являются чрезвычайно актуальными в наше время.

В современном строительстве видится широкое применение полнокомплектных быстровозводимых зданий. Как правило, основные несущие элементы подобных сооружений выполняются из металлических прокатных или легких холодногнутых оцинкованных профилей (рис. 1), что позволяет значительно снизить нагрузку на фундамент и упрощает сборку. В качестве ограждающих конструкций быстровозводимых зданий применяются сборные конструкции из современных полимерных материалов и «сэндвич» - панели. Применение «сэндвич» - панелей - достаточно экономичный вариант, используемый преимущественно для складских и сельскохозяйственных помещений. Наружные поверхности стеновых и кровельных «сэндвич» - панелей имеют устойчивое к коррозии покрытие, обладающее высоким сопротивлением к истиранию, взаимодействию с кислотными средами и ультрафиолетовому излучению. Полнокомплектные промышленные и сельскохозяйственные быстровозводимые здания представляют во многих случаях для заказчика оптимальное решение, позволяют существенно сократить время и расходы на строительство за счет коротких сроков поставки и комплектации из готовых элементов. Смонтированные здания легко оснащаются системами отопления, водоснабжения, пожаротушения, технологическим оборудованием, электрооборудованием и другими системами. Ограждающие конструкции выполняются с учетом энергосберегающих технологий, что особенно важно для холодных районов России. Подобные сооружения не уступают по теплоизоляционным свойствам традиционным капитальным постройкам.



Рис. 1. Узел соединения профилей стержневой конструкции

Среди быстровозводимых сооружений можно выделить большую группу с покрытиями из пространственных стержневых конструкций (ПСК), которые обладая всеми преимуществами мобильных зданий, в то же время позволяют перекрыть достаточно большие пролеты и получить архитектурно выразительные сооружения для размещения спортивных и выставочных залов, торговых павильонов, кафе и других объектов, необходимых только временно в курортный сезон на юге России. В своей основе ПСК допускают образование самых различных форм: плит, складок, сводов, куполов, гипаров, оболочек переноса, комбинированных решений [1]. Тип пространственного покрытия предопределяется архитектурным замыслом при одновременном решении вопросов рационального выбора несущей

системы, унификации ее элементов, технологичности изготовления и удобства монтажа. Наиболее простая и распространенная форма такого рода конструкций – структурные плиты разнообразного очертания с различными условиями опирания [2]. Эффективность плит в случае больших размеров перекрываемого пространства повышается при использовании их в комбинации с вантовыми, висячими, арочными, рамными и другими несущими конструкциями.

ПСК могут быть однослойными (однопоясными), двухпоясными или многоясными. Например, структурные плиты выполняют двухпоясными; сетчатые купола и цилиндрические оболочки при обычных пролетах делают однослойными (однопоясными) (рис. 2).

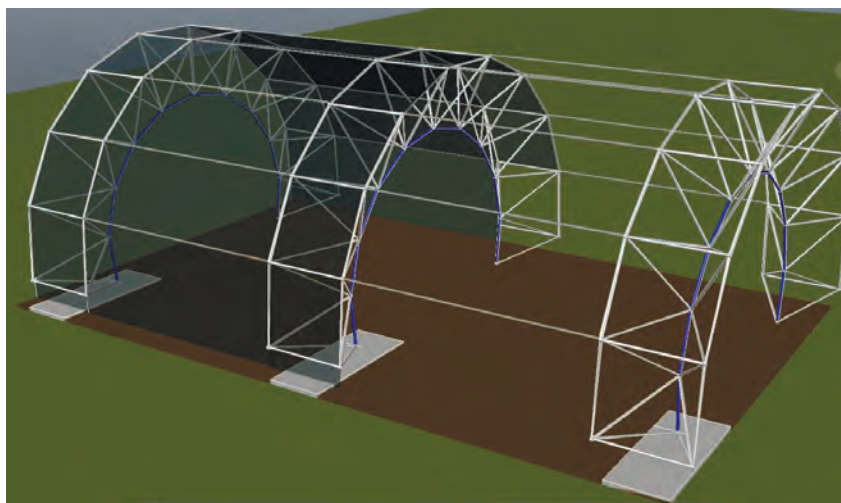


Рис. 2 Модель пространственной стержневой конструкции, выполненная

Конструктивные решения ПСК отличаются таким большим многообразием [3], что нет возможности описать их все подробно. Рассмотрим, прежде всего, конструкцию узлов сопряжения стержней. Именно здесь сосредоточены главные особенности технологии изготовления и сборки ПСК, определяющие отличия одних систем от других [4].

Узловой элемент в системе «Октаплатт» выполняют виде полого шара из двух штампованных половин, сваренных на подкладных кольцах. Конструкция узла для структуры системы «Берлин» из трубчатых стержней включает клиновидные калиброванные наконечники, приваренные к сплюсненному концу стержней. В сборе образуется цилиндр с отверстием внутри. В узле «ЦНИИСК» нет дополнительных элементов. Концы труб сплющивают и в раскосах обрезают под нужным углом. Стержни при сборке закрепляют в специальном фиксаторе так, что между их торцами образуется свободное пространство, которое заполняют расплавленным металлом в процессе ванной сварки. В узле многих систем («Дю Шато»,

«Юнистрэт», «Варитек») применяют узловые штампованные фасонки. В каждой фасонке предусмотрены выемки, образующие после соединения фасонки узловой элемент с отверстиями для трубчатых стержней. Стержни вставляют в отверстия и обваривают.

Основной раздел

Авторами запатентован узел ПСК [5], позволяющий соединять несколько стержней с шаровыми наконечниками. Узловой элемент (рис. 3) включает в себя центральный стяжной болт, периферические фиксирующие болты, прижимные детали и втулки. Прижимные детали выполнены со сферическими лунками на обращенных одна к другой поверхностях и радиальными прорезями. Расположенные в узле шаровые наконечники стержней могут поворачиваться между прижимными деталями, если фиксирующие болты не затянуты. Это позволяет упаковать элементы ПСК достаточно компактно при перевозке и выполнить монтаж конструкции без привлечения тяжелой техники.

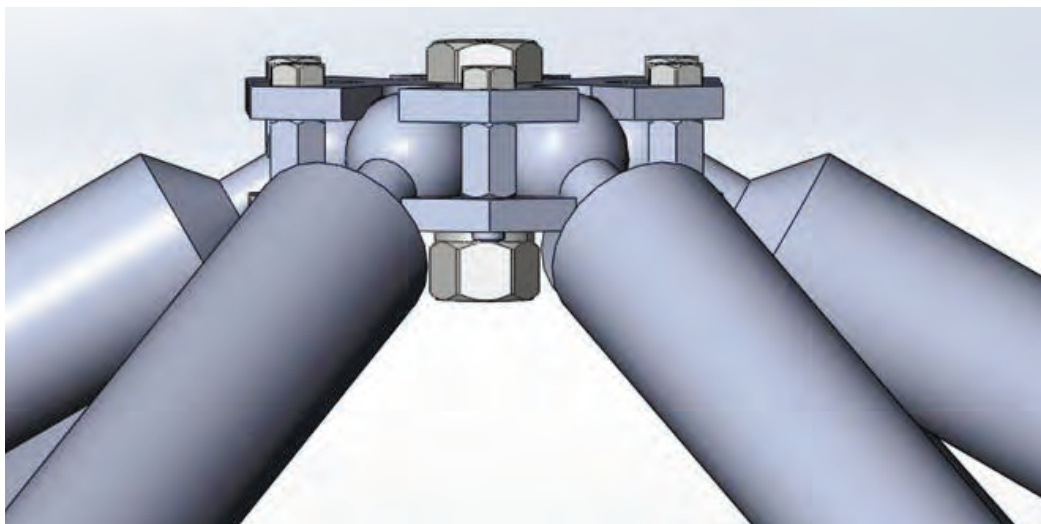


Рис.3. Узел соединения стержней ПСК

Для оценки прочности и надежности узла была создана его конечно-элементная модель и выполнен расчет в конструктивно нелинейной постановке – с учетом контактного взаимодействия элементов с помощью программного комплекса ANSYS [6]. Задача решалась в нелинейной постановке. Предполагалось, что все элементы узла выполнены из стали, для которой характерна диаграмма σ - ϵ с линейным упрочнением. Заданы были контактные взаимодействия:

- между шаровыми наконечниками и прижимными дисками - нелинейное с учетом трения;
- между болтами и нижним прижимным диском – неразрывное;

- между болтами и верхним прижимным диском – нелинейное без учета трения.

В целях упрощения расчета и снятия влияния стержней на напряженно-деформированное состояние узла – стержни были заменены в расчетной модели только шаровыми наконечниками, три из которых были опорными – т.е. жестко закрепленными к «земле», к трем другим приложена нагрузка. Задача решалась в нелинейной постановке.

Распределение деформаций и максимальных напряжений по Мизесу для модернизированного узла, полученные в ПВК ANSYS, показаны на рисунках 4 и 5.

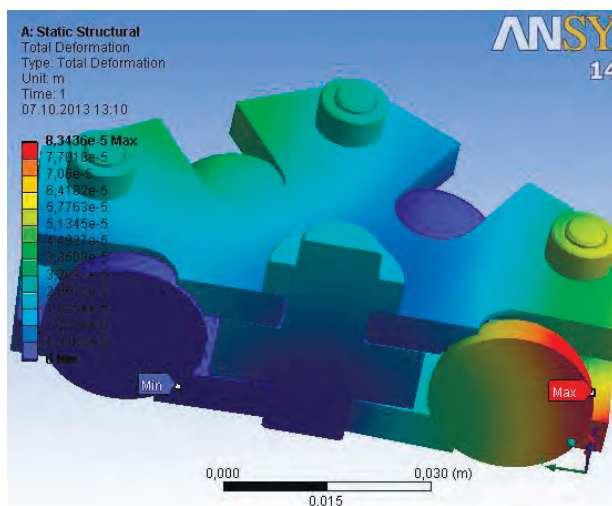


Рис.4. Распределение деформаций в узле

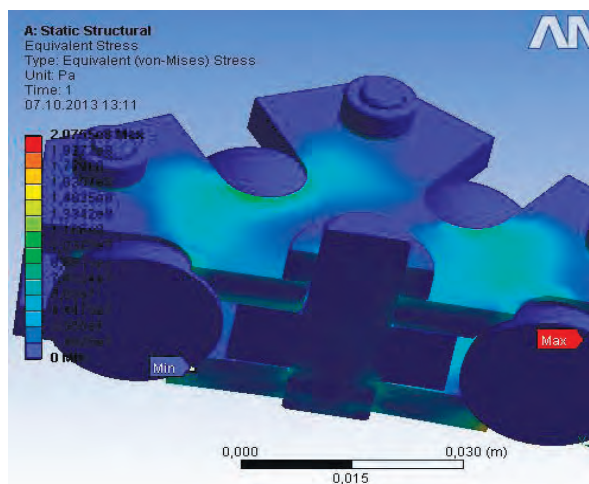


Рис.5. Распределение напряжений в узле

Выводы

Анализ результатов конечно-элементного моделирования позволяет сделать вывод о работоспособности узла. Наличие втулок обеспечивает достаточную несущую способность узла и отсутствие чрезмерных деформаций прижимных дисков при различных видах нагружений. Применение разработанного узла в ПСК многократно применяемых сезонных быстровозводимых зданиях и сооружениях позволит снизить затраты на транспортировку и монтаж конструкций, расходы на устройство фундаментов.

Список литературы

1. Ружанский И.Л. Развитие конструктивных форм пространственных и легких конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 5. С 12-15.

2. Марутян А.С. Легкие металлоконструкции из перекрестных систем// Пятигорск: Рекламно-информационное агентство на КМВ. 2009. С 51-60

3. Царитова Н.Г. Принципы формообразования пространственных стержневых конструкций// Известия ОрелГТУ. – 2009. – Серия «Строительство. Транспорт» №2/21.

4. Рекомендации по проектированию структурных конструкций. ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 298 с.

5. Шарнирный узел пространственной стержневой конструкции регулярной структуры: пат. 2586351 Рос. Федерация: МПК E04B 1/58 / Н.Г. Царитова, Н.А. Бузало; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова – № 2015100939/03; заявл. 12.01.15; опубл. 10.06.16, Бюл. №16.

6. Бузало Н. А., Алексеев С. А., Царитова Н. Г. Численное исследование шарнирного узла пространственной стержневой конструкции. <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-2-14>. Идентификационный номер статьи в журнале: 67TVN214.

N.A. Buzalo, S.A. Alekseev, N.G. Tsaritova
Civil Ingeenering Department
South-Russian State Technical University,
SRSTU
Novocherkassk, Russian Federation
Buzalo_n@mail.ru

THE ENGINEERING OF NODES OF SPATIAL ROD CONSTRUCTIONS OF PREFABRICATED BUILDINGS AND STRUCTURES

Abstract. The construction in remote and inaccessible areas, the construction of temporary and seasonal buildings need prefabricated buildings and structures. Authors have set the task of calculating and designing connection node of spatial rod constructions. Numerical model in program complex ANSYS has been created and numerical simulation was carried out. Calculation was carried out in the nonlinear formulation. Authors have obtained values of deformations and equivalent stress and completed their analysis. The proposed design technique allows the authors to evaluate structural behavior at all stages of the life cycle: creating a model, preparation of design documentation, fabrication, exploitation in all modes and conditions.

Keywords: Prefabricated buildings and structures, spatial rod constructions of coating, nodes of spatial rod constructions, numerical model in program complex ANSYS, geometrical and physical nonlinearity, numerical experiment

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В.Н. Гузненков, П.А. Журбенко

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1,
vn@bmstu.ru, wln83@mail.ru

Аннотация

В статье представлено содержание информационной графической подготовки на младших курсах технического университета. Отмечена необходимость соблюдения требований современных стандартов Единой системы конструкторской документации по электронному документообороту. Определена предметная область графических дисциплин – это геометрическое формообразование и создание графической документации. Представлена стратегия построения электронных геометрических моделей деталей. Новая технология обучения получила положительную оценку работодателей. Для обеспечения программно-независимой технологии преподавания на кафедре необходимо иметь несколько систем автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: высшее образование, информационные технологии, графические дисциплины, геометрическое моделирование.

BIM-технологии (Building Information Modeling) и PLM-технологии (Product Lifecycle Management) обеспечивают управление жизненным циклом изделия от разработки, включая изготовление и эксплуатацию, до утилизации. По сути в основе BIM-технологий и PLM-технологии лежит информационная модель изделия (здания, сооружения, оборудования). Основу информационной модели изделия составляет электронная геометрическая модель. За время обучения в техническом университете студенты приобретают, в том числе, компетенции работы в CAD/CAM/CAE-системах (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing / Computer Aided Engineering), обеспечивающих BIM-технологии и PLM-технологии.

Тенденция развития высшего образования в Российской Федерации требует усвоения материала по каждой учебной дисциплине в кратчайшие сроки. Работе студентов в системе автоматизированного проектирования необходимо уделить внимание уже на первом курсе.

Традиционно геометро-графическую подготовку на младших курсах обеспечивали две дисциплины: начертательная геометрия и инженерная графика [1]. Обе дисциплины читались на одной кафедре. Инженерная графика включала в себя компьютерную графику. В дальнейшем компьютерная графика выделяется в отдельную дисциплину. Объем учебной дисциплины начертательная геометрия составлял один семестр: лекции и семинарские занятия. Объем учебной дисциплины инженерная графика (вместе с компьютерной графикой) составлял до четырех семестров.

Принятие Федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения, переход высшего образования на подготовку бакалавров и магистров, компетентностный подход в образовании заставили с новых позиций

определять предметные области учебных дисциплин. Так предметная область геометро-графических дисциплин – это геометрическое формообразование и создание графической документации [2]. Формообразование обеспечивается теорией геометрического моделирования. Графическое документирование обеспечивается средствами компьютерных технологий и составляет содержание учебной дисциплины – инженерная компьютерная графика. Выделение геометрического моделирования как фундамента геометрического образования обеспечивает конструктивное использование развивающихся возможностей компьютерной графики [3]. Быстрая визуализация результатов решения, возможность мгновенного исправления ошибок, выбор удобного варианта графического представления – все это повышает эффективность усвоения знаний и освоения навыков и создает положительную мотивацию к изучению дисциплины.

В Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) на кафедре «Инженерная графика» разработан и реализован учебный процесс по информационным графическим дисциплинам. Теория геометрического моделирования определяет стратегию построения электронной геометрической модели изделия. Положения стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) изучаются при выполнении электронных чертежей конкретных деталей и сборочных единиц.

Информационные и коммуникационные технологии в учебном процессе позволяют обеспечить выигрыш в качестве и во времени усвоения учебного материала. Информационными технологиями называются технологии создания, редактирования, передачи и хранения информации. Под информационными графическими технологиями будем понимать технологии создания,

редактирования, передачи и хранения графической информации.

ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД «Электронная модель изделия. Общие положения» определяет три вида трехмерных электронных моделей: твердотельная модель, поверхностная модель, каркасная модель. В системах автоматизированного проектирования, в основном, применяется твердотельное моделирование.

Возможность внесения изменений на любой стадии проектирования накладывает определенные ограничения на электронные геометрические модели деталей. Модель детали должна быть редактируемой, т.е. внесение изменений в одну или несколько размерных зависимостей должно приводить к предсказуемому изменению формы модели детали.

Системы автоматизированного проектирования позволяют выполнять задачи создания электронных моделей деталей, используя различные варианты построения. При этом можно обобщить возможные варианты построения и представить их в виде структурной схемы, которая отражает стратегию построения электронных геометрических моделей деталей (рис. 1).

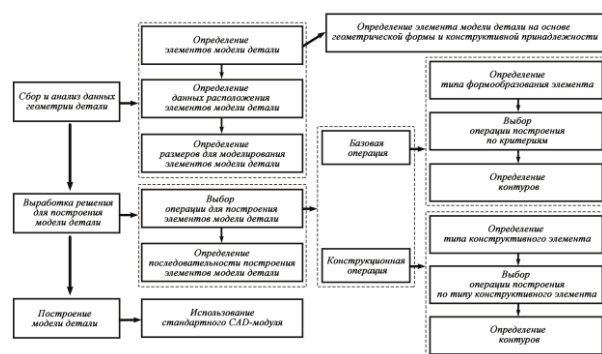


Рис. 1. Стратегия построения электронных геометрических моделей деталей

Маршрут построения электронной геометрической модели детали:

- разбиение детали на элементы, из которых может состоять модель детали;
- определение расположения элементов относительно основных рабочих плоскостей;
- определение размеров для моделирования элементов модели детали;
- выбор операций для построения элементов модели детали и определение контуров для каждого элемента;
- определение последовательности построения элементов модели детали и количества используемых тел [4].

При создании электронной графической документации в области техники и технологий необходимо руководствоваться стандартами: ГОСТ 2.051-2013 ЕСКД «Электронные документы. Общие положения»; ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД «Электронная модель изделия. Общие положения»;

ГОСТ 2.053-2013 ЕСКД «Электронная структура изделия. Общие положения»; ГОСТ 2.054-2013 ЕСКД «Электронное описание изделия. Общие положения»; ГОСТ 2.055-2014 ЕСКД «Электронная спецификация. Общие положения»; ГОСТ 2.056-2014 ЕСКД «Электронная модель детали. Общие положения»; ГОСТ 2.057-2014 ЕСКД «Электронная модель сборочной единицы. Общие положения»; ГОСТ 2.511-2011 ЕСКД «Правила передачи данных электронных документов. Общие положения»; ГОСТ 2.512-2011 ЕСКД «Правила выполнения пакета данных для передачи электронных документов. Общие положения»; ГОСТ 2.611-2011 ЕСКД «Электронный каталог изделий. Общие положения»; ГОСТ 2.612-2011 ЕСКД «Электронный формуляр. Общие положения»; ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД «Виды и комплектность конструкторских документов»; ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД «Основные надписи».

Информационная графическая подготовка обеспечивает формирование у обучающихся следующих основных компетенций: знать и применять теорию геометрического моделирования для создания электронных геометрических форм объектов техники и технологий и уметь создавать электронную техническую и технологическую документацию с помощью современных графических информационных технологий [5].

Учебный процесс на кафедре «Инженерная графика» МГТУ им. Н.Э. Баумана полностью обеспечен технически, организационно и методически [6 – 9]. За основу взята система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor. Выбор программного продукта определился опросом работодателей, проведенного руководством факультета «Машиностроительные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Необходимо также отметить открытую политику компании Autodesk – лицензионные студенческие версии программных продуктов распространяются бесплатно. За счет наличия одинаковых версий программных продуктов в университетских аудиториях и на личных студенческих компьютерах обеспечивается корректное выполнение домашних заданий. Помимо прочего обучающиеся приобретают навыки работы в системе автоматизированного проектирования.

Таким образом, в структуру геометрической подготовки входит теория геометрического моделирования, как научное ядро начертательной геометрии и инженерная компьютерная графика [10]. Содержание геометрической подготовки привязывается к специализации будущих бакалавров и специалистов. Вручную выполняются только эскизы, все остальные работы выполняются с использованием системы автоматизированного проектирования. Методический совет кафедры «Инженерная графика» разрабатывает конспекты и презентации лекций, планы семинарских занятий, методическое

обеспечение учебных дисциплин с учетом современных требований ЕСКД по электронному документообороту, новые формы подачи учебного материала.

Новая технология обучения получила положительную оценку как со стороны выпускающих кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана, так и со стороны представителей промышленности. По заказу специальных выпускающих кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан учебный процесс на базе системы автоматизированного проектирования SolidWorks.

Сохранение лучшего из традиций высшей школы позволяет студентам МГТУ им. Н.Э. Баумана занимать призовые места, как в командном, так и в личном зачете, на Московских и Всероссийских олимпиадах по начертательной геометрии, инженерной графике и компьютерной графике.

В 2016 г. кафедра «Инженерная графика» МГТУ им. Н.Э. Баумана отмечена дипломом «Золотая кафедра России» Российской академии естествознания.

Для обеспечения программно-независимой технологии преподавания планируется использовать в учебном процессе также систему автоматизированного проектирования «Компас».

Список литературы

1. Гузнецов В.Н. Геометро-графическое образование в техническом университете // *Alma mater (Вестник высшей школы)*. – 2014. – № 10. – С. 71–75.
2. Горшков Г.Ф. Графические основы геометрического моделирования: учебное пособие / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)». – М., 2009. – 154 с.
3. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А. Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки // *Alma mater (Вестник высшей школы)*. – 2013. – № 4. – С. 82–87.
4. Гузнецов В.Н., Серегин В.И., Журбенко П.А. Учебная дисциплина «Компьютерная графика» // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2015. – № 6-4 (37). – С. 16–18.
5. Иванов Г.С. Компетентностный подход к содержанию курса начертательной геометрии // *Геометрия и графика*. – 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 3–5.
6. Гузнецов В.Н., Демидов С.Г. Autodesk Inventor в курсе инженерной графики. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009. – 144 с.
7. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А. Информационное оснащение аудиторных занятий // *Теория и практика общественного развития*. – 2013. – № 12. – С. 249–252.
8. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А. Учебный процесс с использованием графических пакетов //

Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 1. – С. 173–175.

9. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А. Autodesk Inventor 2012. Трехмерное моделирование деталей и создание чертежей: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 120 с.

10. Гузнецов В.Н. Формирование геометро-графического образования в техническом университете. – М., Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 226 с.

COMPUTER MODELLING AS A BASIS OF GEOMETRY AND GRAPHIC PREPARATION IN THE TECHNICAL UNIVERSITY

V.N. Guznenkov, P.A. Shurbenko

Bauman Moscow State Technical University
vn@bmstu.ru, wln83@mail.ru

Summary

The article presents the contents of the information graphic preparation on younger courses Technical University. The necessity to meet the requirements of modern standards of the Unified system of design documentation for the electronic document. Determined subject area of graphic disciplines – a geometrical shaping and creation of graphical documentation. Presented the strategy of constructing electronic geometric models of parts. New educational technology received a positive assessment of the employers. For program-independent technologies of teaching at the department need multiple CAD systems.

Key words: higher education, information technology, graphic discipline, geometric modeling.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ДВУХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Д.А. КАЛАФАТОВ

Аннотация. Приведены численные исследования конструкций двухслойных железобетонных плитных фундаментов. Выбраны модели численных исследований, методика планирования. Проанализированы результаты численных исследований, а именно значения напряжений в самых опасных сечениях конструкции плитного фундамента, зависящие от заданных варьируемых факторов. Вычислен коэффициент отношения напряжений двухслойной и однослойной модели плитного фундамента. Установлены эмпирические зависимости НДС от параметров конструкций двухслойных железобетонных плитных фундаментов.

Ключевые слова: плитный фундамент, фактор, сечение, напряжение, анализ, зависимость, коэффициент, модель.

Введение. Снижение стоимости строительства при одновременном обеспечении надежности, оптимизации материалоемкости подземных конструкций и времени на их возведение имеют большое значение для повышения эффективности использования капитальных вложений, экономии материально-технических средств и повышения качества строительства. Решение этих задач и дальнейшее совершенствование технического прогресса в фундаментостроении в значительной мере обеспечиваются развитием исследований напряженно-деформированного состояния фундаментов как элемента системы «основание – фундамент», разработкой новых конструкций фундаментов и совершенствованием методов их расчета.

Анализ материалов, публикаций. Результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния конструкций железобетонных плитных фундаментов приведены в работах Г.Е. Лазебника, А.П. Криворотова, Б.Г. Коренева, М.Н. Ручимского, В.Г. Немова, А.А. Теплякова, С.И. Политова, А.Н. Тетиора, С.В. Родина, С.П. Жукова, И.М. Дьякова, Б.Ю. Барыкина, А.М. Лехно, П.А. Литовченко, Л.А. Бондаренко, В.К. Чернова, Т.Р. Кикавы и др.

Указанные исследования относятся к традиционным – однослойным, конструкциям железобетонных плитных фундаментов.

Впервые конструкция двухслойного плитного железобетонного фундамента была предложена А.Н. Тетиором. Рациональность устройства зоны из бетона более высокого класса по прочности на сжатие обосновывалась характером работы плитного фундамента при продавливании по наклонному сечению. Установлено, что непосредственно перед продавливанием по наклонному сечению нагрузка воспринимается только участком сжатой зоны бетона, расположенного в зоне стыка колонны и плиты.

Цель и постановка задачи исследования. С целью экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния конструкций двухслойных железобетонных

фундаментов как элементов системы «грунтовое основание – фундамент» и качественной оценки эффективности их применения в сравнении с однослойными была запланирована третья серия опытов ФПс3-N (здесь и далее N – порядковый номер модели серии).

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

– выполнить численные исследования на основании результатов экспериментальных исследований с целью установления количественных закономерностей;

– определить зависимость величин напряжений в наиболее опасных сечениях двухслойного железобетонного плитного фундамента от параметров его конструкций.

Результаты и их анализ. Авторами экспериментальных исследований плитных фундаментов натуральных размеров на реальных объектах строительства сделан вывод, что для изучения особенностей работы под нагрузкой достаточно принять фундаментную плиту для девяти колонн [1]. В этом случае возможно изучить распределение напряжений, как в зонах крайних и угловых колонн, так и в зонах средних. Этот результат положен в основу при выборе размеров моделей плитных фундаментов серии ФПс3-N для численных исследований.

В соответствии с требованиями [2] расчет фундаментов необходимо выполнять от расчетных сочетаний нагрузок в пространственной постановке с учетом совместной работы надземных конструкций, фундамента и основания под ним.

В качестве модели для численных исследований принят железобетонный плитный фундамент десятиэтажного каркасного здания на песчаном основании. Сетка колонн каркаса – регулярная с размером ячейки 6 × 6 м; количество колонн – 9. Рассчитаны значения усилий в нижнем сечении колонн (на уровне обреза фундамента).

Исходя из нормативных требований приняты следующие геометрические характеристики плитного фундамента: высота – 1,1 м, вылет консоли – 1,8 м. Рабочая высота сечения – 1,05 м. Армирование предусмотрено в виде двух сеток (в нижней и верхней зонах) из $\varnothing 14$ А500С с ячейкой 200×200 мм.

В качестве факторов варьирования выбрано четыре параметра:

a – высота зоны 2, h_m ;

b – вылет зоны 2 от грани колонны, l_m ;

c – класс бетона зоны 2, B ;

d – процент армирования контактного шва поперечной арматурой, μ_m .

Планирование численных исследований выполнено по методике Протоdjeяконова М.М. [3], позволяющей определить вид многомерной функции от нескольких переменных.

Создание численной модели основано на принципе идеализации параметров и свойств конструкции, внешних воздействий [4, 5, 6].

Для оценки адекватности принятых идеализаций в ПК «Лира» были смоделированы конструкции фундаментов ФПс1-N [7] и рассчитаны на экспериментальные значения нагрузок (в упругой стадии). Полученные расхождения составили 7-11%.

Таблица 1 – Варианты факторов

Фак-тор		Ва-риант	Значе-ние варианта	Примечание
a	h_m	1	0,62 м	$h_m = x_R + k(h_0 - x_R) k_1 = 0$ $k_2 = 0,15$ $k_3 = 0,3$ $k_4 = 0,45$
		2	0,68 м	
		3	0,75 м	
		4	0,81 м	
		5	0,88 м	
b	l_m	1	0,53 м	$l_m = mh_0$ $m_1 = 0,5$ $m_2 = 0,7$ $m_3 = 0,9$
		2	0,74 м	
		3	0,95 м	
		4	1,16 м	
		5	1,37 м	
c	B	1	14,5 МПа	B25
		2	17 МПа	B30
		3	19,5 МПа	B35
		4	22 МПа	B40
		5	25 МПа	B45
d	μ_m	1	0,001	
		2	0,002	
		3	0,003	
		4	0,004	
		5	0,005	

В результате экспериментальных исследований для 26 моделей серии ФПс3-N определены напряжения в наиболее опасных сечениях плиты (с точки зрения трещинообразования):

сечение 1-1 – нормальное сечение по грани средней колонны;

сечение 2-2 – то же, по грани крайней колонны;

сечение 3-3 – то же, по грани угловой колонны;

сечение 4-4 – то же, в середине пролета между средней и крайней колоннами;

сечение 5-5 – то же, между крайней и угловой колоннами;

сечение 6-6 – наклонное сечение на расстоянии h_0 от грани средней колонны;

сечение 7-7 – то же, от грани крайней колонны

сечение 8-8 – то же, от грани угловой колонны.

Для двухслойных и однослойной моделей получены аналогичные мозаики распределения напряжений в элементах конструкции. Для двухслойных моделей плитных фундаментов отмечено некоторое перераспределение напряжений в сравнении с однослойным. Так, по верхнему основанию моделей ФПс3-1 – ФПс3-25 в зонах сопряжения колонн с плитной частью (в сечениях 1-1, 2-2, 3-3) зарегистрированы значения сжимающих напряжений, на 7-10% превышающие соответствующие значения для ФПс3-26. В сечениях 1-1, 2-2, 3-3 по нижнему основанию, в сечениях 4-4 и 5-5 по нижнему и верхнему основаниям значения сжимающих напряжений моделей ФПс3-1 – ФПс3-25 не превышали 93-97% напряжений в соответствующих сечениях модели ФПс3-26.

В зоне контакта слоев бетона разных классов напряжения распределялись равномерно, концентраций не выявлено.

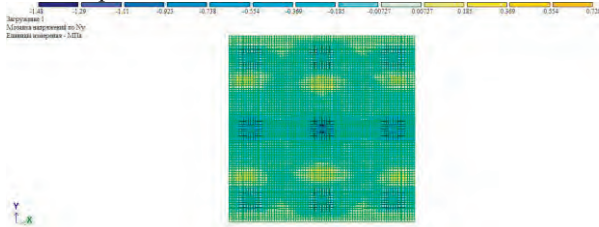


Рис. 1 – Модель ФПс3-5. Мозаика нормальных напряжений по верхнему основанию.

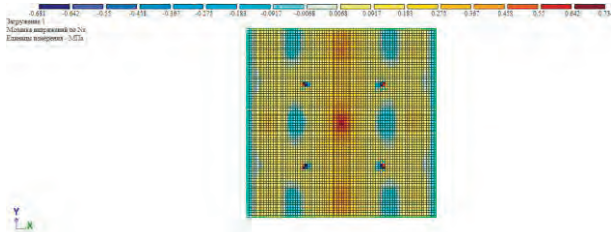


Рис. 2 – Модель ФПс3-5. Мозаика нормальных напряжений по нижнему основанию.

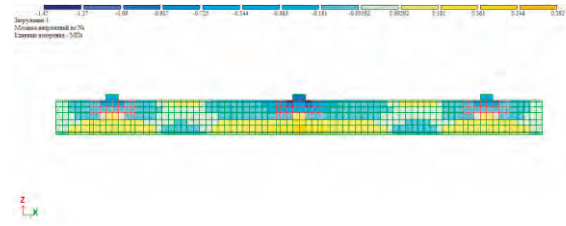


Рис. 3 – Модель ФПс3-5. Мозаика распределения нормальных напряжений в поперечном сечении, проходящем по оси средней колонны.

Для оценки влияния факторов варьирования на величину снижения/увеличения напряжений двухслойных фундаментов в сравнении с однослойными вычислен коэффициент отношения напряжений k :

$$k = \sigma_2 / \sigma_1, \quad (1)$$

где σ_2 – значение напряжений в i -м сечении для двухслойной модели плитного фундамента серии ФПс3-N;

σ_1 – значение напряжений в i -м сечении для однослойной модели плитного фундамента серии ФПс3-N.

Анализ экспериментальных данных показал, что $|1 - k|$ имеет максимальные значения для сечения 1-1 по верхнему основанию, для сечения 2-2 по грани крайней колонны, для сечения 4-4 по верхнему основанию.

В результате обработки экспериментальных данных численных моделей построен график зависимости усредненных значений коэффициента k от факторов варьирования a, b, c, d . Снижение значение k возможно лишь при одновременном увеличении значений факторов b и c . Влияние факторов a и d на данном этапе не прослеживается.

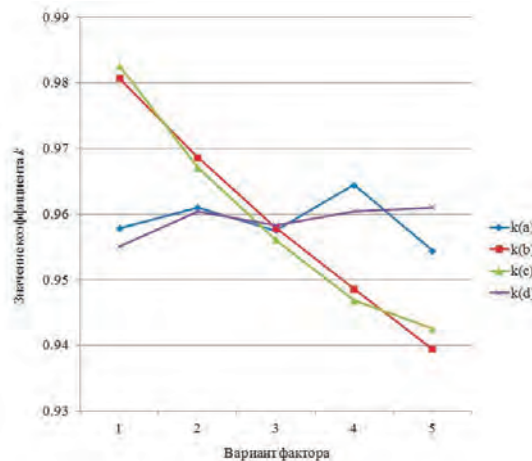


Рис. 4 – Зависимость усредненных значений коэффициента k от факторов a, b, c, d .

Дальнейший поиск зависимости значения k от значений факторов a, b, c, d выполнен методом наименьших квадратов (МНК) в виде линейной модели k_{abcd} , представляющей собой сумму функций от факторов a, b, c, d :

Нейтрализация влияния факторов b, c свела остаточные значения коэффициента k к нулю (отклонение составляет 1,5-2%). Влияние факторов a, d , как и прежде, на результат не прослеживается. Графики зависимостей приобрели вид прямых, параллельных оси абсцисс и описываются зависимостью $k(a, b, c, d) = 0$. Это свидетельствует о том, что последовательными аппроксимациями и вычитание полученных функций из экспериментальных значений позволили нейтрализовать влияние факторов варьирования, а значит и найти вид эмпирической зависимости коэффициента k от параметров конструкции двухслойного плитного фундамента в сечении 4-4 по верхнему основанию:

$$k_{abcd} = k_{bc}, \quad (2)$$

Учитывая значения коэффициентов при значениях переменных, делаем вывод, что в рассматриваемом сечении 4-4 на распределение растягивающих напряжений в центральной зоне плиты совместно влияют два параметра конструкции двухслойного фундамента: длина вылета зоны 2 и класс бетона зоны 2.

Этим же методом найдены зависимости от коэффициента k от параметров конструкции двухслойного плитного фундамента для сечения 1-1 по верхнему основанию (3), для сечения 2-2 по грани крайней колонны (4).

$$k_{abcd} = k_{abc} = -0,0278(a - \langle a \rangle)^2 - 0,0891(a - \langle a \rangle) - 0,04(b - \langle b \rangle)^2 - 0,0131(b - \langle b \rangle) + 0,0004(c - \langle c \rangle)^2 - 0,0058(c - \langle c \rangle) + 0,9553, \quad (3)$$

$$k_{abcd} = k_{abc} = -0,0568(a - \langle a \rangle) - 0,0003(c - \langle c \rangle)^2 + 0,0394(c - \langle c \rangle) + 1,1049, \quad (4)$$

Выводы:

1. Получены эмпирические зависимости значения напряжений в различных сечениях двухслойного плитного фундамента, позволяющие оценить влияние параметров конструкции плитного фундамента.

2. Варьирование параметров в рассмотренном диапазоне приводит к изменениям значений напряжений в пределах 10%.

3. На величину напряжений в сечениях двухслойного плитного фундамента влияют в большей степени длина вылета зоны 2 от грани колонны и класс бетона зона 2.

4. Контактный шов, расположенный ниже границы сжатой зоны, не вызывает концентрации напряжений.

Список литературы

1. Политов С. И. Работа железобетонных фундаментных плит на грунтовом основании: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / С. И. – М., 1983. – 178 с.

2. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52–01–2003 : СП 63.13330.2012 – Введ. 2013–01–01. – М. : Минрегион России, 2013. – 156 с. – (Свод правил).

3. Протождяконов М. М. Методика рационального планирования экспериментов / М. М. Протождяконов, Р. И. Тедер. – М. : Наука, 1970. – 76 с.

4. Городецкий А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – К. : Факт, 2007. – 394 с.

5. Линченко Ю. П. Методики численного моделирования несущих систем зданий в сейсмических районах на программном комплексе «Ли́ра» / Ю. П. Линченко, В. А. Белавский, М. В. Васильев [и др.] // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – Київ : НДІБК, 2006. – Вип. 64. – С. 727–730.

6. Ли́ра 9.4. Примеры расчета и проектирования : Учебное пособие / В. Е. Боговис, Ю. В. Гензерский, Ю. Д. Гераймович и др.]. – Киев : Факт, 2008. – 280 с.

7. Калафатов Д.А. Напряженно-деформированное состояние конструкции двухслойного железобетонного плитного фундамента каркасного здания / Д. А. Калафатов // Строительство в прибрежных курортных регионах: Материалы IX междунар. науч.-практ. конф., 23-27 мая 2016г./ под науч. ред. проф. К.Н. Макарова. – Сочи: РИЦ ФГБОУ ВО «СГУ», 2016. – С. 65 – 70.

UDC 624.151.5

D. KALAFATOV RESULTS NUMERICAL MODEL BILAYER CONCRETE SLAB FOUNDATION FRAME BUILDINGS

Numerical study of two-layer construction of reinforced concrete slab foundation. Selected models of numerical studies, planning methodology. The results of numerical studies, namely the values of the stresses in the most dangerous sections of the construction of the foundation slab, depending on the set of variable factors. Calculate the coefficient of relationship stress, and a two-layer single-layer model of the foundation slab. Established empirical relationships NDS from the design of two-layer reinforced concrete slab foundation.

Keywords: slab foundation, a factor, section, stress, analysis, dependence, coefficient, model.

ВЫПОЛНЕНИЕ В КОМПАС-3D СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ РАЗЛИЧНОГО ВИДА

И.А. Козлова, Б.М. Славин, М.М. Харах, Р.Б. Славин

Аннотация. В статье рассмотрены основные положения применения информационных технологий в учебном процессе при обучении бакалавров строительного профиля. Знакомство с прогрессивными технологиями проектирования позволит современным студентам повысить техническую грамотность, осваивать требования стандартов для создания чертежей, развивать новые технологии как дополнение к традиционным правилам. На основе опыта ведущих отечественных ученых и многолетнего опыта работы авторов в САПР КОМПАС-3D важно отметить о целесообразности его применения с целью интенсификации учебного процесса.

Ключевые слова: строительный чертеж, 3D моделирование, компьютерная графика, ассоциативные виды, КОМПАС-3D, металлические конструкции, визуализация

В настоящее время особенно актуальной задачей является повышение качества технического образования и его составляющей – графической грамотности. В нынешних реалиях мы имеем студентов – вчерашних школьников, не достаточно хорошо владеющих языком чертежа. В переходный период формирования современной системы обучения, важности овладения программными средствами проектирования необходим новый методологический подход к инженерно - графической подготовке.

Поскольку трудоёмкость графических работ составляет 70% от общей трудоёмкости проектной деятельности [1], поэтому необходимо снижать эту составляющую и применять современные информационные технологии [2], например, 3D моделирование с последующим созданием ассоциативных чертежей. Построение чертежа 2D компьютерными технологиями также приводит к значительному сокращению затрат интеллектуального труда.

При изучении разделов строительного черчения по теме «Чертежи металлических конструкций» студентам традиционно выдавалось задание по вычерчиванию узла фермы, которое довольно трудоёмко, требует понимания состава конструкции и верного его изображения. При снижении количества аудиторных занятий это задание зачастую неоправданно исключается из рабочих программ во многих вузах. Интенсивное развитие системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D для оформления проектной документации строительства будет являться успешным опытом для компьютеризации образования.

Исходя из требований импортозамещения, отечественная САПР КОМПАС-3D удачно подходит для освоения студентами. На этапе знакомства с созданием чертежей деталей,

сборочных единиц, на основе трехмерных твердотельных моделей и связанных с ними ассоциативных чертежей будут усваиваться современные методы проектирования.

На нынешнем этапе существует такой взгляд, как «уход чертежа из современной практической деятельности» из-за того, что электронные чертежи мало влияют на качество изделий, не приводит к сокращению срока их выпуска [3]. В то же время авторы Вольхин К.А. [4], Хейфец А.Л. [5], Харах М.М. [6] успешно используют компьютерную графику в учебном процессе для направлений и специальностей, как строительного профиля, так и машиностроительного.

Непосредственно методика выполнения учебных чертежей металлоконструкций в КОМПАС не столь широко представлена в учебной литературе из-за различных сложностей переходного периода и требует осмысления и совершенствования, соответствующей кадровой квалификации.

При выполнении чертежа металлоконструкции 2D-компьютерными технологиями (Рисунок 1), где компьютер играет роль электронного кульмана, встроенная прикладная библиотека «Металлоконструкции» позволяет:

- выбирать конструкцию изделия (Рисунок 2 а) и сортамент их элементов, например, спаренные разнонаправленные равнополочные уголки (Рисунок 2 б) с определением их проекционного вида, указанием базовой точки профиля;
- вводить типовые детали и узлы, задавая количество и величину фасок, а также радиус их скругления (Рисунок 2 в);
- задавать условные изображения швов сварных соединений - заводской, монтажный, видимый или невидимый (Рисунок 2 г); крепежные изделия и т.п. в соответствии с ГОСТ 21.502 – 2011.

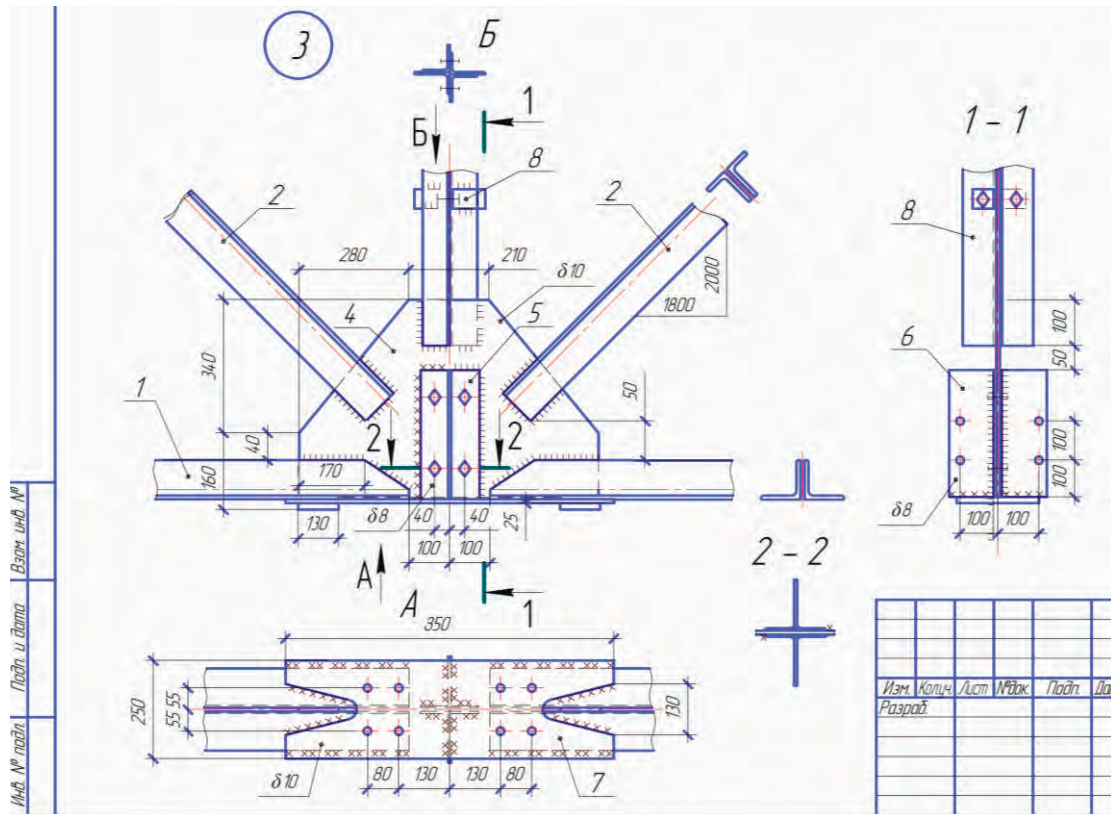


Рис. 1 – Выполнение чертежа узла металлоконструкции 2D технологиями

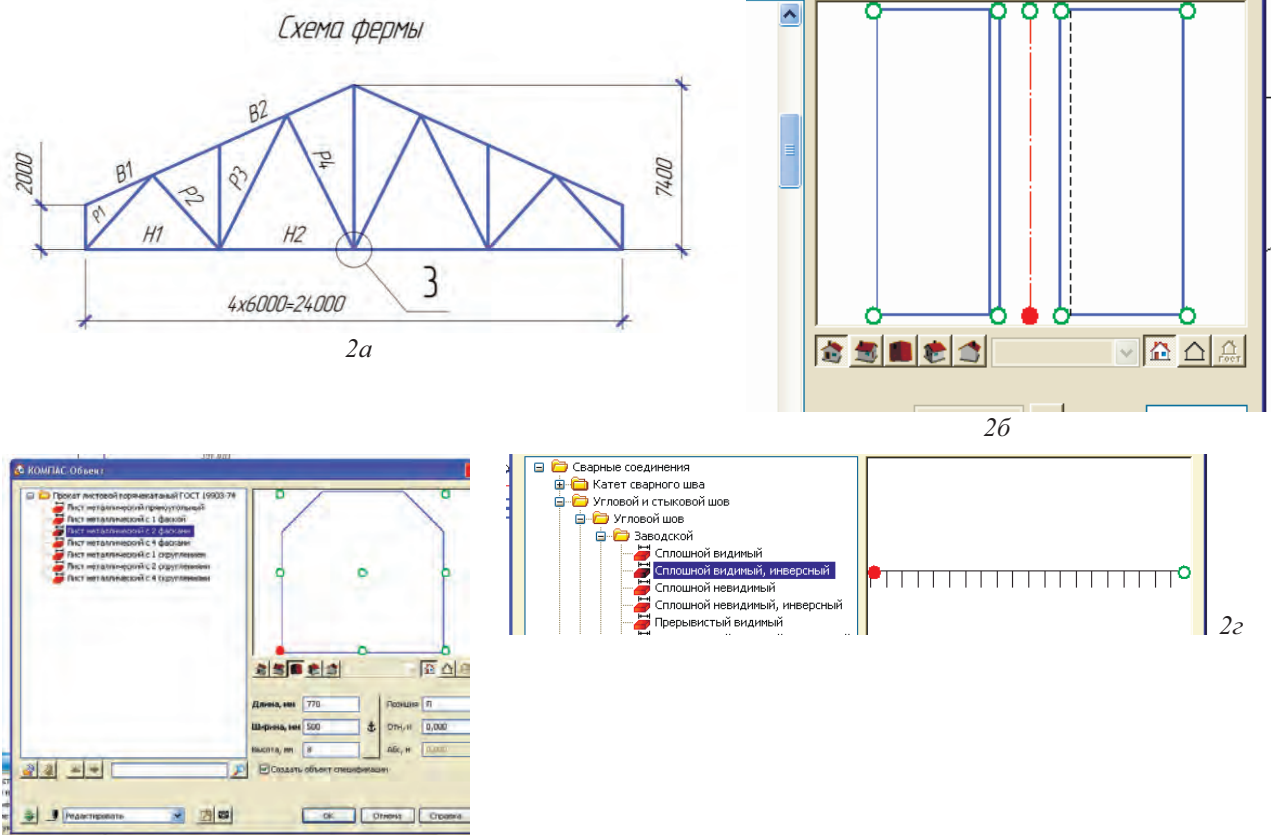


Рис. 2 –Использование библиотеки «Металлоконструкции» для выполнения чертежа узла металлоконструкции

Владение методами 3D моделирования, освоенное в курсе «Инженерная графика», будет способствовать лучшему восприятию и визуализации чертежа, позволит избежать затрат времени при вычерчивании элементов узла, так как чертеж будет автоматически создан по трехмерной модели. Дополнение новыми технологиями базовых знаний и умений позволят формировать научно-техническое мышление, конструкторскую грамотность, компетентных в своей области специалистов.

Имея навыки работы с трехмерными моделями, не вызовет затруднений создание

оригинальных деталей (Накладка и Фасонка) узла фермы (рисунок 3) с помощью операции «Выдавливание». При достаточно частой работе с подобными конструкциями обоснованным будет создание библиотеки фрагментов, а при подборе различных модификаций входящих в узел элементов - создание параметрических чертежей [7] для типовых строительных изделий. Использование встроенной прикладной библиотеки позволит откорректировать типовые элементы из листового материала (аналогично рис. 2 в).

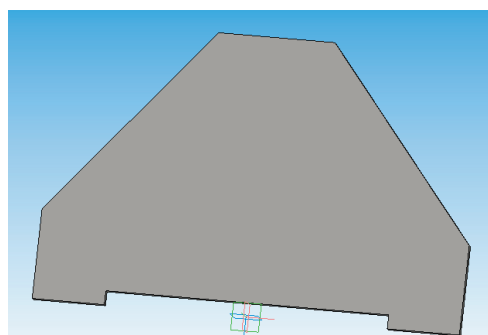
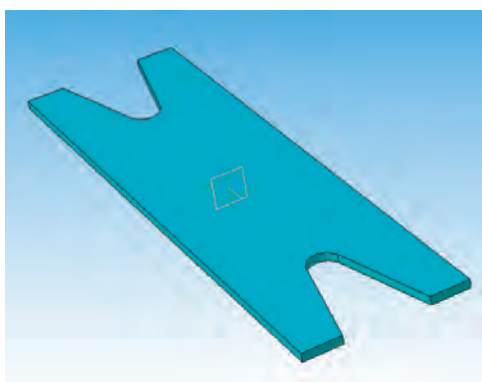


Рис. 3 – Трехмерные модели деталей

Дальнейшие действия – создание 3D сборки (Рисунок 4). Для этого вызываем модели деталей, добавляя их из файла и предварительно располагая в любом положении, затем задаем их действительное

положение как с помощью создания сопряжений компонентов типа «Совпадение», «Параллельность» и т.д., так и с помощью кнопок перемещения и поворота компонентов.

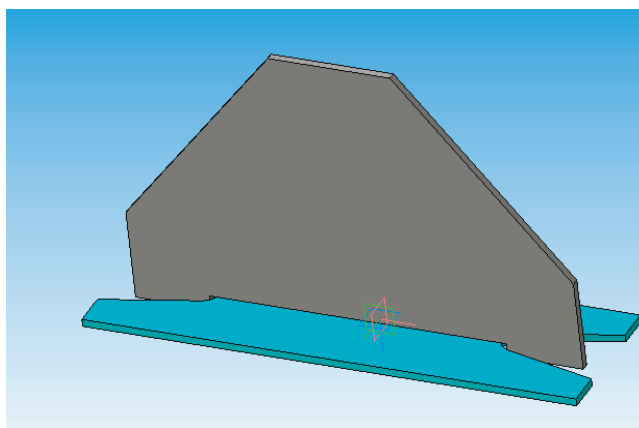


Рис. 4 – Начальный этап создание 3D- сборки типового узла фермы

Осуществляем выбор конструкции нижнего пояса с указанием из библиотеки сортамента (например, уголок неравнополочный с заданными параметрами полок и их толщиной) (Рисунок 5) и указанием прямолинейной образующей – либо построенной линии в соответствующем месте, либо

элементов угольников - относительно которой размещается элемент. Задаем при необходимости ориентацию уголка смещением или поворотом на определенный угол с указанием базовой точки профиля (Рисунок 6).

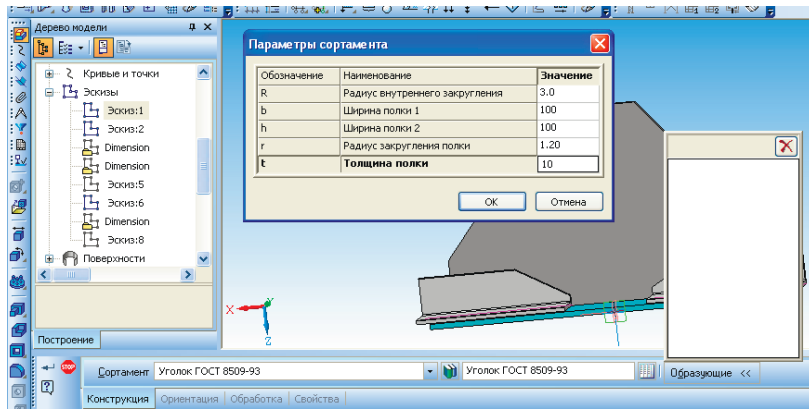


Рис. 5 – Выбор параметров и положения элементов конструкции

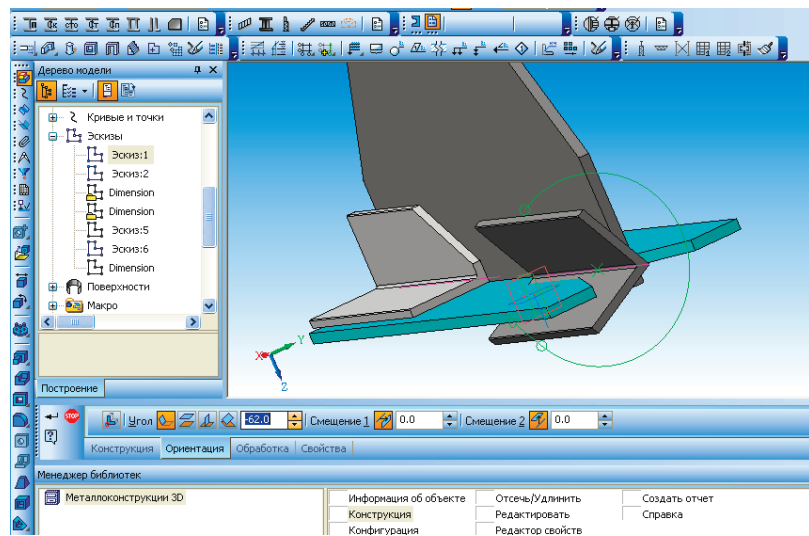


Рис. 6 – Выбор ориентации уголка поворотом на определенный угол

Способ обработки угловых участков можно выполнить для случаев расположения образующих под углом, возможно задание вариантов отступа от узлов образующей и т.п.

Построение верхних стоек выполняем аналогично (Рисунок 7), добавляем остальные элементы.

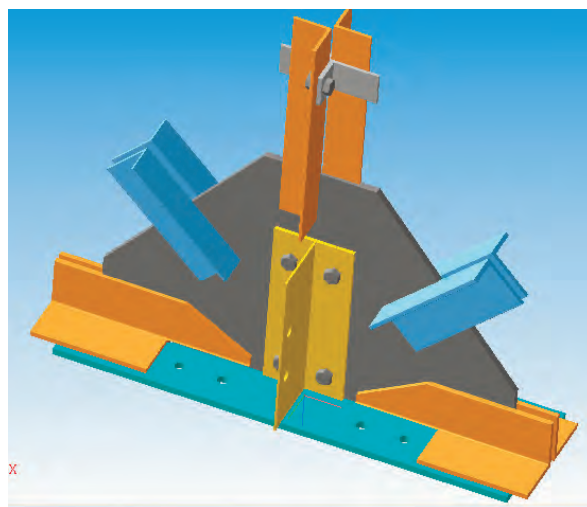


Рис. 7 –Этапы создания 3D-сборки типового узла фермы

Затем создаются на чертеже связанные с моделью-сборкой ассоциативные виды (Рисунок 8) как последовательность действий *Вставка* → *Вид с модели* → *Стандартные*. Задается выбор ориентации главного вида, схема видов, масштаб вида. Указывается о показе невидимых линий при необходимости. Поскольку в чертежах металлоконструкций вид снизу располагается снизу и т.д., то в этом случае задаем вид по стрелке А и выбираем аналогичные команды. Так как на разрезах показываются близлежащие элементы, то вид следует разрушать и удалять ненужные участки.

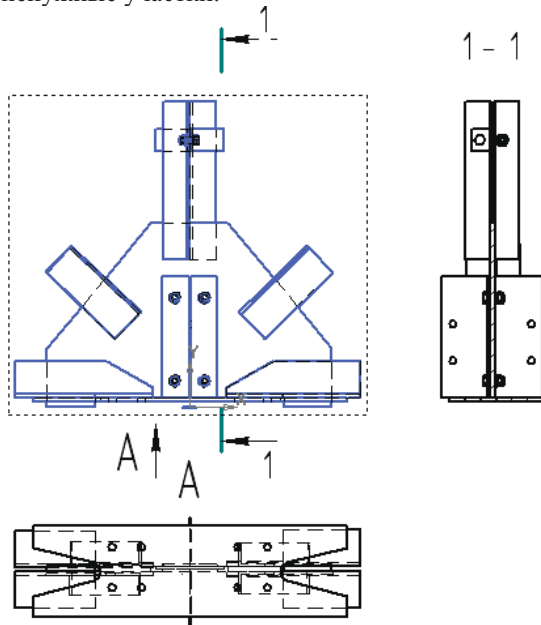


Рис. 8 – Пример автоматического создания ассоциативных видов по трехмерной модели для последующей доработки чертежа

Использование этого редактора особенно удобно для случаев корректировки модели, изменения будут сразу же отражены и перестроены на сборке, а также на ассоциативном

чертеже. В более полном объеме построение и создание пакета документов будет выполнено с помощью прикладных библиотек.

В этом редакторе можно создавать предусмотренные стандартами спецификации металлопроката и отправочных элементов, а также любые таблицы. Есть возможность создания шаблонов технических требований. При использовании стандартных крепежных изделий и выборе из прикладной библиотеки определенного набора крепежа достаточно только указать поверхности соединяемых деталей, как система сама выберет необходимые параметры длины изделия и т.д.

Для подготовки бакалавров некоторых направлений, в нашем вузе несколько лет назад была введена дисциплина «Компьютерная графика», при изучении которой рассматривались не только разделы начертательной геометрии и инженерной графики, но и строительного черчения с использованием системы автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. Такой подход к реализации данной дисциплины позволяет в дальнейшем облегчить освоение специальных дисциплин, связанных с проектированием зданий и сооружений различного назначения.

Построение архитектурно-строительного чертежа (рисунок 9) полностью соответствует последовательности традиционной методики строительного черчения. В последних версиях САПР КОМПАС появился менеджер строительства, позволяющий создавать из планов этажей трехмерную модель здания, которую в последующем можно использовать для прокладки коммуникаций, оформления ассоциативного чертежа. Для указанного направления важным является то, что из прикладной библиотеки можно выбрать мебель и оборудование для предприятий общепита в исполнениях для плана, разрезов, трехмерные модели.

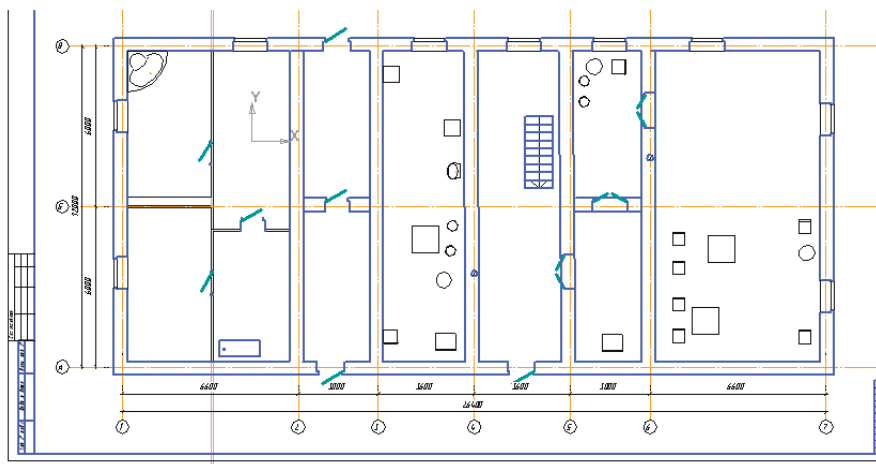


Рис. 9 – Фрагмент выполнения чертежа здания

Изложенная выше методика создания чертежей металлоконструкций также позволит использовать их в проектировании зданий и сооружений с металлическими каркасами.

Выводы. Описанный опыт применения САПР КОМПАС-3D, занимающей лидирующие позиции в соответствующей профессиональной области, показывает целесообразность компьютеризации графического образования при полном соответствии российским стандартам, когда на конечном этапе используется максимум знаний и умений, появляется навык выполнения различных проектов, в том числе и строительного профиля.

Список литературы

1. Кондратьев Ю.Н., А.В. Питухин. Разработка чертежей в системах КОМПАС-3D и AUTOCAD // Информационно-коммуникационные технологии учителя физики и учителя технологии: сборник материалов девятой Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. А. А. Богуславский. – Коломна : Государственный социально-гуманитарный университет, 2016. – С. 143 -148.

2. Иващук О.А. , Удовенко И.В. Формирование и развитие кадрового потенциала как основы создания новых технологий на стыке инженерно-строительных и компьютерных наук // Строительство и реконструкция. 2015. № 6 (62). С. 75 – 81.

3. Соколова Л.С. Геометрическая подготовка бакалавров в условиях ухода классического чертежа из современного высокотехнологичного производства / VI Междунар. научно-практич. интернет-конф. КГП-2016 . URL: <http://dgng.pstu.ru.conf2016.papers/33/> (дата обращения 7.07.2016).

4. Вольхин К. А. Применение программного комплекса «КОМПАС» в инженерно-графической подготовке студентов строительных специальностей / К.А. Вольхин, А. М. Лейбов / Труды НГАСУ. –

Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т.15, № 4 (53) – С. 36-42.

5. Хейфец А.Л. Курс компьютерной графики для студентов строительных специальностей / А.Л. Хейфец, В.Н. Васильева // Геометрия и графика. М. : ИНФРА-М. Том 3 Вып. 1. 2015 г. – С.31-39. DOI: 10.12737 / 10454.

6. Харах М.М. Конструирование сборочного чертежа изделия методом 3D-моделирования как завершающий этап изучения инженерной и компьютерной графики / М.М. Харах, И. А. Козлова, Б. М. Славин, // Геометрия и графика. 2014. Т. 2. №. 3. С. 36-40. DOI: 10.12737/5588.

7. Козлова И.А., Славин Р.Б., Харах М.М., Гусева Т.В. Некоторые методические аспекты выполнения параметрических чертежей / VI Междунар. научно-практич. интернет-конф. КГП-2016. URL: <http://dgng.pstu.ru.conf2016.papers/54/> (дата обращения 1.07.2016).

I. A. KOZLOVA, B.M. SLAVIN, M.M. CHARACH,
R.B. SLAVIN

EXECUTION IN KOMPAS-3D DRAWINGS OF DIFFERENT TYPES

The article describes the main provisions of the use of information technologies in educational process in teaching of bachelors construction profile. Familiarity with advanced technology design will allow contemporary students improve technical literacy, develop standards for creating drawings, and develop new technologies as a complement to the traditional rules. Based on the experience of leading Ukrainian scholars and authors ' many years of experience in CAD Kompas-3D, it is important to note about expediency of its use with a view to intensifying the educational process.

Keywords: construction drawing, 3D modeling, computer graphics, associative types, Kompas-3D, metal construction, visualization

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК В ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

В.И. Колчунов, А.А. Кашавцев, Н.Б. Андросова

ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет»,
г. Курск, ул 50 лет Октября, 94, e-mail: asiorel@mail.ru

Аннотация. В результате испытаний балочных конструкций сплошного и составного сечений сделан вывод, что хрупкое разрушение шва контакта составной балки может иметь как локальный характер, так и привести к прогрессирующему разрушению всей конструкции. Из этого следует, что при выполнении расчета составных конструкций и конструктивных систем с такими конструкциями на прогрессирующее разрушение необходимо вводить новые критерии разрушения.

Ключевые слова. балочные конструкции сплошного и составного сечений, прогрессирующее разрушение, приведенное сечение составных коррозионно-поврежденных конструкций

Анализ публикаций

К настоящему времени выполнено значительное количество испытаний по оценке силового и среднего сопротивления железобетонных элементов по наклонному сечению сплошного и составного сечения. В тоже время, в возрастающем внимании ученых и проектировщиков к проблеме защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения необходимы исследования по силовому и средовому сопротивлению составных железобетонных конструкций по наклонному сечению в запредельных состояниях [1,2]. Поэтому проведение экспериментальных исследований для оценки деформирования и разрушения составных железобетонных элементов по наклонным сечениям в условиях силового нагружения и при моделировании коррозионного износа представляет определенный научный интерес.

Результаты исследований

При планировании экспериментальных исследований в качестве основной формулировалась задача экспериментального определения схем разрушения конструкций в зонах наклонных трещин, приращений перемещений и деформаций в сечениях составной коррозионно поврежденной железобетонной конструкции в момент хрупкого разрушения по шву контакта составной конструкции или хрупкого разрушения конструкции по бетону сжатой зоны [3]. Проведенные испытания пяти серий сплошных и составных конструкций без коррозионных повреждений и с моделированием коррозионных повреждений (рис. 1) с доведением до разрушения каждого опытного образца позволили экспериментально выявить следующие особенности деформирования и разрушения составных конструкций в зоне наклонных трещин.

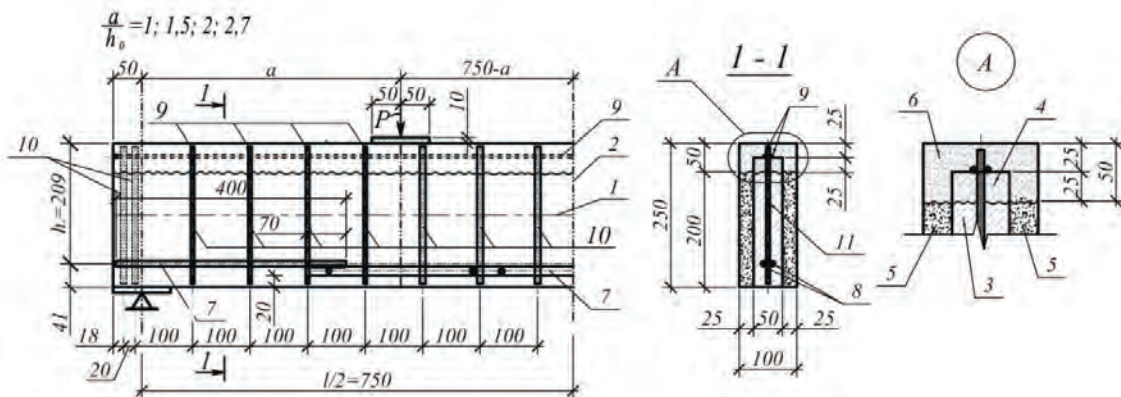


Рис. 1 – Схема конструкции опытных образцов: 1,2 - продольная и вертикальная оси образца; 3 - основной бетон (класс В20); 4 - бетон усиления (класс В30); 5,6 - коррозионно-поврежденные основной бетон (класс В12,5) и бетон усиления (класс В20); 7,8 - рабочая арматура в середине пролета (2Ø16 А400С) и в приопорной зоне (2Ø10 А400С); 9 - арматура в сжатой зоне (2Ø6 А240С); 10 - поперечные стержни (Ø6, Ø10 А240С)

Установлено, что картины разрушения составных балок без моделирования коррозионного повреждения и балок с моделированием коррозионного повреждения поверхностным слоем ослабленного бетона качественно не изменялись. Отсюда следует вывод о том, что расчет железобетонных составных конструкций, поврежденных коррозией, по наклонному сечению может выполняться по той же методике, что и для неповрежденных конструкций.

Определяющими параметрами, оказывающими влияние на схему и характер разрушения исследуемых составных конструкций явились длина пролета среза a/h_0 , наличие шва контакта бетонов и структура сечения опытных образцов с моделированием коррозионного

повреждения. Так, для образцов с пролетом среза $a/h_0=2,7$ разрушение происходит от раздробления или выкола бетона над вершиной критической наклонной трещины. При уменьшении длины пролета среза до $a/h_0=1,5-2,0$ конструкции составных балок разрушаются от среза или от среза с раздавливанием бетона сжатой зоны. Для составных конструкций, имеющих малый пролет среза $a/h_0=1,0$, схемы разрушения представляют собой срез (разрыв) бетона по направлению критической наклонной трещины или раздробление бетона в пределах блока между наклонными трещинами (разрушение по наклонной сжатой полосе, идущей от опоры к месту приложения сосредоточенной силы) (рис. 2).

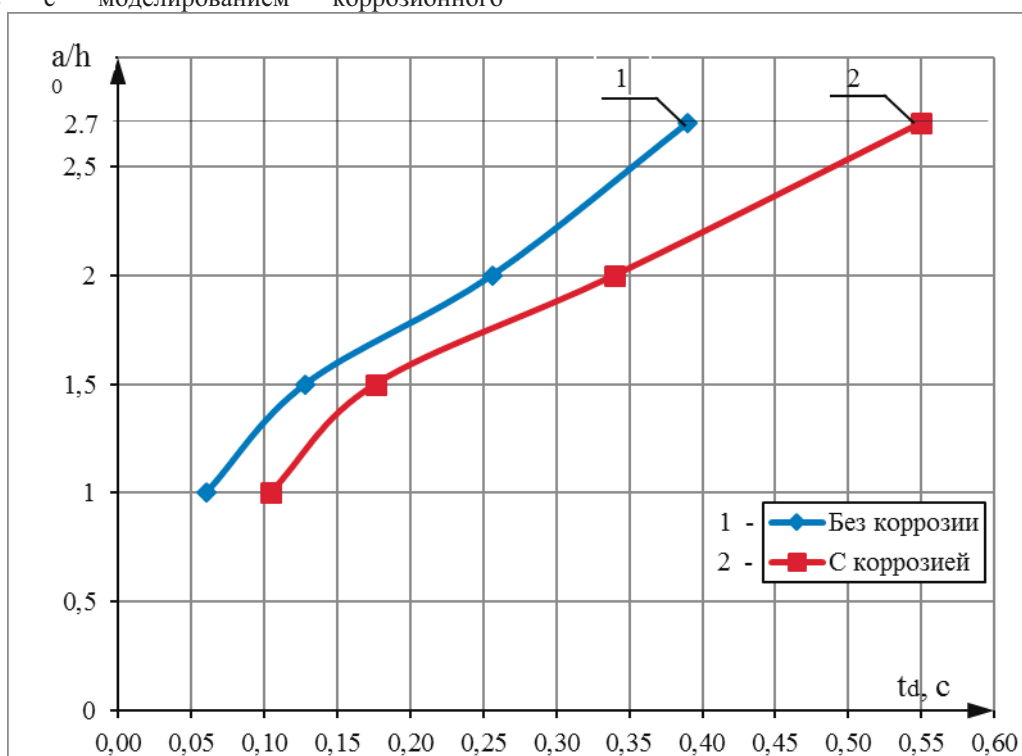


Рис. 2 - Зависимость среднего по образцам-близнецам времени разрушения образцов t_d , с от значений пролетов среза $a/h_0=1,0; 1,5; 2,0; 2,7$ для образцов: 1 - без коррозионного повреждения (образцы БС0); 2 - с наличием коррозионного повреждения (образцы БСК)

Одной из важных задач экспериментальных исследований являлась оценка времени динамического воздействия на конструкцию в момент её структурной перестройки (разрушение по шву контакта). Покадровым анализом видеозаписей разрушения в момент приращения показаний прогибомеров и индикаторов часового типа (на продольной растянутой арматуре) была выполнена количественная оценка времени хрупкого разрушения конструкций. Установлено, что при малых пролетах среза ($a/h_0=1,0-1,5$) время разрушения балок существенно меньше (в 2-6,5 раза), чем время разрушения балок, имеющих большие пролёты среза ($a/h_0=2,0-2,7$).

Выводы.

Анализ результатов испытания балочных конструкций сплошного и составного сечений показал, что наличие моделируемого ослабленным бетоном коррозионного повреждения качественно не влияет на схемы разрушения опытных образцов. Это подтверждает правомерность расчета по приведенному сечению составных коррозионно-поврежденных конструкций с использованием той же методики, что и для неповрежденных образцов. Хрупкое разрушение шва контакта составной балки может иметь как локальный характер, так и привести к прогрессирующему разрушению всей конструкции. Из этого следует, что при выполнении расчета составных конструкций и конструктивных

систем с такими конструкциями на прогрессирующее разрушение необходимо вводить новые критерии разрушения.

Список литературы

1. Колчунов В. И. Экспериментальные исследования деформирования и трещиностойкости составных конструкций / В. И. Колчунов, Е. А. Скобелева, С. И. Горностаев // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. – 2006. – № 1–2. – С. 12–16.
2. Колчунов В. И. Экспериментальные исследования по определению приведенной жесткости на сдвиг в железобетонных элементах составного сечения / В. И. Колчунов, Я. Е. Колчин, М. И. Стадольский // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – №2. – С. 62–67.
3. Ключева, Н. В. Методика экспериментальных исследований прочности и трещиностойкости по наклонным сечениям нагруженных и коррозионно поврежденных железобетонных составных

конструкций / Н. В. Ключева, Д. В. Карпенко, А. А. Кашавцев // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – №5. – С. 77–80.

STUDY OF DEFORMATION AND DESTRUCTION OF COMPOUND CONCRETE BEAMS IN THE LIMITING STATE

As a result of the beam construction test with solid and composite cross sections the conclusion is made that brittle fracture of the contact seam of the composite beam can have a local character, and lead to progressive destruction of the entire structure. From this it follows that if the calculation of composite structures and structural systems with such designs to progressive destruction it is need to introduce new destruction criteria.

Keywords: beam structures with continuous and composite cross sections, progressive destruction, reduced cross section of composite corrosion-damaged structures

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗАДАННОГО УРОВНЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

Е.В. Морозова, В.В. Морозов

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Академия строительства и архитектуры, г. Симферополь

Аннотация. Проанализированы методы реконструкции зданий средней этажности. Рассмотрены способы обеспечения заданного уровня сейсмостойкости зданий их при реконструкции. Реконструкция зданий средней этажности с применением надстроек на самостоятельных опорах с металлическим каркасом является перспективным направлением, особенно для сейсмически активных районов. Приведены результаты исследований сейсмостойкости системы «здание - надстройка» с дополнительными включающимися связями. Выполнена оценка сейсмостойкости типового пятиэтажного здания с надстройкой. Предлагается обеспечивать сейсмостойкость реконструируемого здания методом установки резинометаллических опор в месте опирания надстройки на существующее здание.

Ключевые слова: реконструкция, сейсмостойкость, надстройка, резинометаллическая опора, включающаяся связь.

Постановка проблемы. Значительную часть жилого фонда Республики Крым составляют 4-5 этажные дома первых массовых серий постройки 50х-80х годов. Нормативный срок проведения капремонта и реконструкции этих домов исчерпывается, однако значительная часть их имеет достаточный запас прочности на воздействие обычных нагрузок, при практически полном моральном износе. Это говорит в пользу реконструкции таких домов. В ходе реконструкции таких домов необходимо решать комплекс вопросов: максимальное увеличение полезной площади при минимальном увеличении площади застройки; улучшение санитарно-технических условий проживания; улучшение архитектурной выразительности фасадов; обеспечение сейсмостойкости. Решение проблем сейсмической безопасности является одной из важнейших задач социально-экономического развития сейсмоактивных регионов. Каждая сейсмическая катастрофа уникальна по своим природным параметрам, социально-экономическим и экологическим последствиям. Уровень катастрофы зависит от многих факторов, главными из которых являются: параметры произошедшего землетрясения; степень сейсмостойкости зданий; возможность возникновения вторичных опасных эффектов; готовность государственных органов к незамедлительным спасательным и восстановительным работам. Таким образом, в каждом конкретном случае, особенно при реконструкции речь должна идти о заданном уровне сейсмостойкости.

Анализ достижений и публикаций. Существуют различные способы реконструкции жилых домов средней этажности, начиная со сноса существующих домов, переселения жильцов и строительства нового жилья на месте неснесенного, реконструкции с частичным перепланированием квартир существующего дома с утеплением ограждающих конструкций и заменой внутреннего санитарно-технического оборудования, заканчивая расширением корпуса основного здания за счёт выполнение пристройки к торцу дома или по его

периметру, устройства эркеров, надстройкой этажей, в том числе мансардного. При таких методах реконструкции повышение сейсмостойкости существующих зданий либо не происходит, либо дополнительная нагрузка, передаваемая на реконструируемое здание, снижает его сейсмостойкость.

Существуют интересные предложения для сейсмически районов по реконструкции малоэтажного жилого фонда методом надстройки при помощи легких конструктивных каркасных систем [1]. Суть заключается в том, что надстройка этажей производится без какой-либо догрузки существующего здания путем применения, обнимающего его и не соединенного с ним легкого стального рамного каркаса, устанавливаемого на буронабивные свайные основания, помещенные с наружных сторон дома. Такой метод позволяет получить прирост полезной площади в пределах 100-200% без увеличения площади застройки и дополнительной нагрузки на существующее здание. Реконструкция жилого фонда с применением надстроек на самостоятельных опорах с металлическим каркасом является перспективным направлением и для сейсмически активных районов. Исследования показали, что надстраиваемая часть обладает достаточной сейсмостойкостью в результате применения легких металлических конструкций для каркаса надстройки, что позволило снизить инерционную массу. Однако долго незатухающие колебания надстройки со значительными амплитудами, разница в динамических характеристиках реконструируемого здания и надстройки может значительно осложнить эксплуатацию здания после реконструкции, привести к нарушению его целостности и, в конечном счете, значительно снизить его надежность в случае воздействия сейсмических нагрузок. По конструктивной схеме надстройки любого типа представляют собой здание с гибким нижним этажом, высотой 15-18 м. Основным способом обеспечения сейсмостойкости таких зданий является введение включающихся связей [2]. Предлагается объединить здание и надстройку в единую систему методом введения горизонтальных связей между

стойками надстройки и стеной реконструируемого, расположенных в уровне перекрытий [3].

Как отмечалось выше основная масса этих зданий имеет достаточный запас прочности на воздействие обычных нагрузок, при практически полном моральном износе. В ходе реконструкции таких зданий возможно применение надстроек, опирающихся на несущие конструкции здания, при условии обеспечения сейсмостойкости после реконструкции.

Одним из наиболее перспективных методов обеспечения заданной сейсмостойкости здания является использование резинометаллических опор (РМО) для его сейсмоизоляции. РМО – упругий элемент, состоящий из слоев полимерного материала и металла, выполненный жестким в вертикальной плоскости, и обладающий малой жесткостью в горизонтальной плоскости. Основными производителями таких опор на сегодняшний день являются Китай, Франция, Новая Зеландия. Срок службы опоры, декларируемый фирмами-производителями, достигает приблизительно 50 лет.

Первоначально такие опоры нашли широкое применение при конструировании сейсмостойких опор мостов, а затем с некоторой доработкой стали применяться и для сейсмоизоляции зданий. Обычно РМО используются для сейсмоизоляции вновь возводимых зданий и устанавливаются между несущими конструкциями здания и фундаментом.

Известны примеры применения РМО при реконструкции зданий. В работе [4] описан способ повышения сейсмостойкости реконструируемого здания, являющегося объектом незавершенного строительства. Необходимость повышения сейсмостойкости связана с изменением расчетной сейсмичности площадки строительства за время приостановки строительства и несоответствием проектных решений требованиям сейсмостойкости. Обеспечение необходимого уровня сейсмостойкости реконструируемого здания достигается за счет ряда конструктивных мероприятий, одним из которых является установка сейсмоизолирующих РМО фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» в уровне подвала и отделения надземных конструкций от подземных горизонтальным антисейсмическим швом. Аналогичный метод также был использован при реконструкции Государственного

концертного зала в г. Грозном [5]. Проведение перечисленных мероприятий позволило снизить нагрузки на наземные конструкции в 1,5-3 раза, тем самым уменьшив объем работ по усилению наземных конструкций.

При реконструкции существующего здания Центрального банка в г. Иркутске [6] так же были применены РМО этой же фирмы. Целью реконструкции является обеспечение сейсмостойкости здания, а также перепланировка помещений и надстройка 1-2 этажей. Необходимый уровень сейсмостойкости обеспечивается за счет установки сейсмоизолирующих резинометаллических опор под всеми стенами, столбами и колоннами в уровне цокольного этажа, что обеспечило снижение сейсмичности надземной части здания на 1-2 балла по сравнению с сейсмичностью площадки строительства.

Необходимо отметить, что устройство системы сейсмоизоляции реконструируемых зданий в описанных выше конструктивных решениях требует большого количества РМО и относится к сложным работам, что значительно усложняет конструкцию реконструируемого здания и повышает трудоёмкость и стоимость реконструкции.

В Национальной академии природоохранного и курортного строительства (сейчас Академия строительства и архитектуры КФУ им. В.И. Вернадского) запатентовано конструктивное решение сейсмостойкого реконструируемого здания [7], согласно которому сейсмоизолирующие резинометаллические опоры установлены в месте опирания стоек каркаса надстройки на несущие стены существующего здания. Таким образом, реконструируемое здание содержит ограниченное количество сейсмоизолирующих РМО, которые просто устанавливаются и легко могут быть заменены в ходе эксплуатации.

Исследовательская часть и результаты. При рассмотрении варианта реконструкции с применением надстроек на самостоятельных опорах исследовалось три варианта конструктивного решения поперечных рам надстройки (рис.1), имеющих различную схему распределения масс и жесткостей по высоте. Были приняты следующие габаритные размеры надстроек: пролет 15м; отметка низа нижнего ригеля 18м; отметка верха 34-36м; количество надстраиваемых этажей 5.

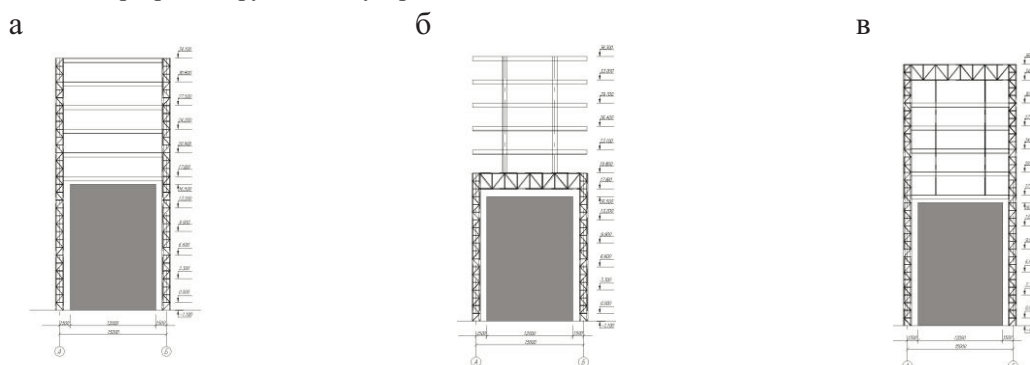


Рис. 1 - Конструктивные решения
а – надстройка 1; б – надстройка 2; в – надстройка 3

Периоды собственных колебаний поперечных рам настроек различного конструктивного решения по первой форме находятся в пределах $T= 2-3,5$ сек. Амплитуды перемещений верхних точек надстроек при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов составляют 240-340 мм. Таким образом, сейсмостойкость надстроек можно считать обеспеченной, так как максимальные перемещения не превышают допустимых в нормативных документах $1/100h$ (350мм) и периоды колебаний соответствуют минимальным значениям коэффициента динамичности. Однако динамические характеристики надстроек, рассматриваемых конструктивных решений значительно отличаются от динамических характеристик реконструируемого здания.

В качестве объекта дальнейшего исследования была принята система с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне

верхнего этажа (рис.1в). Рассматривались два варианта конструктивного решения горизонтальных связей. Вариант 1 - жесткие горизонтальные связи (рис.2а). Надстройка и здание соединены двутавровыми балками, которые крепятся к стене реконструируемого здания болтами через закладные детали, имеющие овальные отверстия в вертикальном направлении, что позволяет исключить передачу вертикальных воздействий от надстройки к зданию. Вариант 2 - упругоподатливые горизонтальные связи (рис.2б). Надстройка и здание соединены пружинами, расположенными в коробчатых направляющих. Пружины установлены с зазором, который заполнен демпфирующим материалом, по отношению к стене реконструируемого здания, что позволяет системе включаться в совместную работу не сразу, а при определенном уровне сейсмического воздействия.

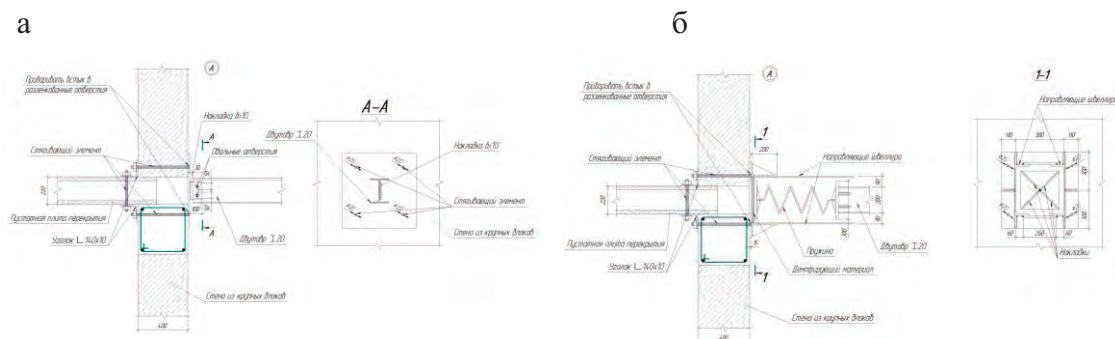


Рис. 2 - Конструктивные решения горизонтальных связей
 а – жесткие горизонтальные связи; б – упругоподатливые горизонтальные связи

Моделирование связей надстройки и реконструируемого здания выполнено: по первому варианту конструктивного решения введением конечных элементов (КЭ) 51, моделирующих связь конечной жесткости по выбранному направлению; по второму варианту конструктивного решения введением одноузловых КЭ 261, моделирующих одностороннюю упругую связь, работающую на

сжатие с зазором. Задавались сейсмические воздействия расчетной интенсивностью 8 баллов.

Анализ результатов численного эксперимента показал изменение динамических характеристик надстройки при введении горизонтальных включающихся связей. Периоды колебаний системы по первой форме (рис.3) составляют $T=1,47 - 2,5$ сек, что меньше чем у надстройки без связей ($T=3,48$ сек).

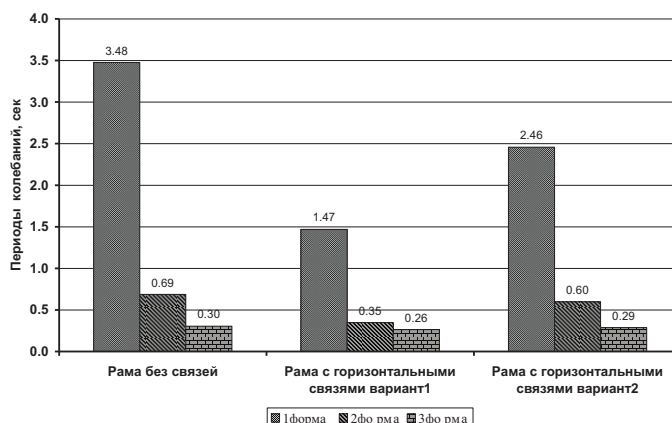


Рис. 3 - Периоды собст венных колебаний надст роек с различным и вариант ами горизонта льных связей

Анализировались амплитудные перемещения (рис.4) надстройки с различными вариантами горизонтальных связей. Амплитудные перемещения поперечной рамы надстройки с горизонтальными связями по варианту 1 уменьшились на 75%. В нижней части надстройки перемещения противоположны по знаку направлению колебания рамы. Амплитудные перемещения поперечных рам надстроек с горизонтальными связями по варианту 2 уменьшились на 50% с более равномерным распределением по высоте.

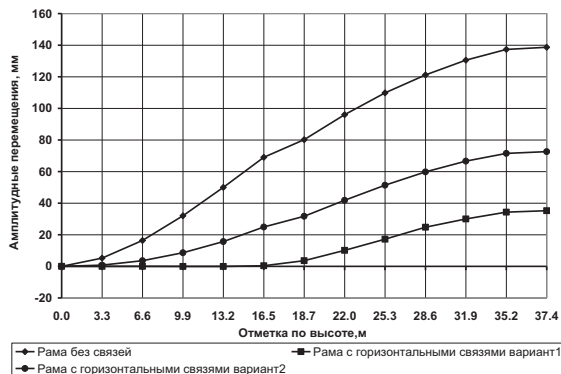


Рис. 4 - Амплитуды перемещений надстроек с различными вариантами горизонтальных связей

Анализировались инерционные силы в уровне перекрытий (рис.5) надстройки с различными вариантами горизонтальных связей. Инерционные силы в уровне нижних ригелей перекрытий поперечных рам надстроек с введением горизонтальных связей по варианту 1 снижаются на 20%, а в уровне верхних ригелей перекрытий практически не изменяются. Для поперечной рамы надстройки с введением горизонтальных связей по варианту 2 инерционные силы в уровне нижних ригелей перекрытий значительно снижаются на 80%, а в уровне верхних ригелей перекрытий увеличиваются на 40%.

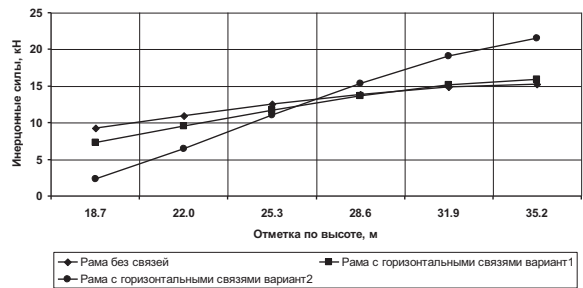


Рис. 5 - Инерционные силы в уровне перекрытий надстроек с различными вариантами горизонтальных связей

При рассмотрении варианта реконструкции с опиранием надстройки на существующее здание объектом исследования является стандартная секция пятиэтажного жилого здания с продольными несущими стенами, из крупных блоков альминского камня и перекрытиями из многпустотных железобетонных плит. Габаритные размеры в осях здания в плане 12x16,4 м. Высота этажей 3м. Надстройка выполнена с тремя эксплуатируемыми жилыми этажами, что позволит увеличить полезную площадь здания на 60%. Конструктивная схема надстройки – рамный металлический каркас. Колонны I 60Ш1. Шаг колонн в продольном направлении 3 м, 3,8м, 3,6 м и в поперечном направлении 6м. Ригель I 45Б1. Исследование напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций и оценка сейсмостойкости здания выполнялась методом численного эксперимента с применением программного комплекса «ЛИРА-САПР 2013». Расчетная модель представлена на рис.6а. Для возможности анализа напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций и оценки сейсмостойкости из пространственной расчетной модели был выделен фрагмент с наиболее нагруженным узким простенком (рис.6б).

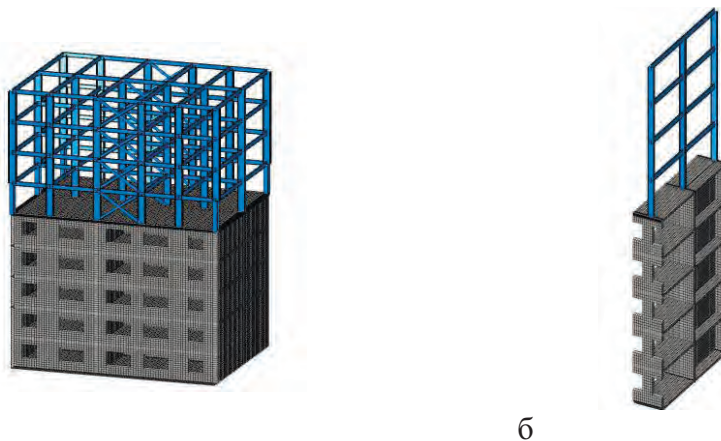
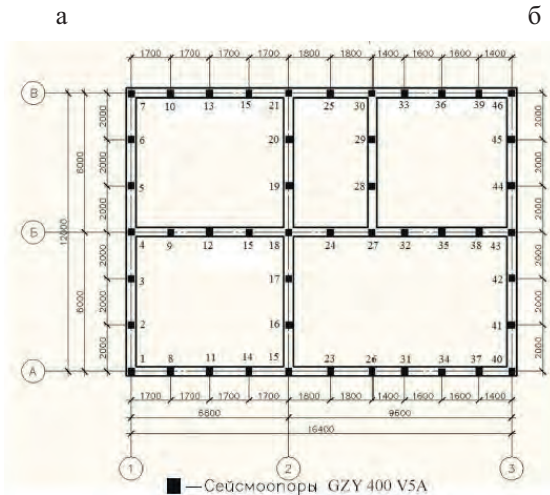


Рис. 6 - Расчетные схемы реконструируемого здания а - пространственная расчетная модель; б - исследуемый фрагмент

В ходе исследования определялся наиболее эффективный способ установки РМО. Согласно 1 варианту система сейсмоизоляции в реконструируемом здании принята в виде устройства резинометаллических опор со свинцовым сердечником китайской фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» под несущими стенами в уровне фундамента. Всего устанавливается 48 опор типа GZY 400 V5A. Каждая опора рассчитана на нагрузку 400 кН. Все опоры квадратные в плане и имеют



одинаковые размеры: 420x420 мм и высоту 162,5 мм. Схема расположения сейсмоизолирующих опор в плане приведена на рис.7а Для установки РМО под несущими стенами реконструируемого здания предусматривается устройство непрерывного железобетонного горизонтального антисейсмического пояса, толщиной 200 мм. РМО моделировались с помощью КЭ55 со следующими характеристиками: вертикальная жесткость $R_z=1890$ кН/мм; горизонтальная жесткость $R_x=R_y=1,66$ кН/мм, длина – 162,5мм.

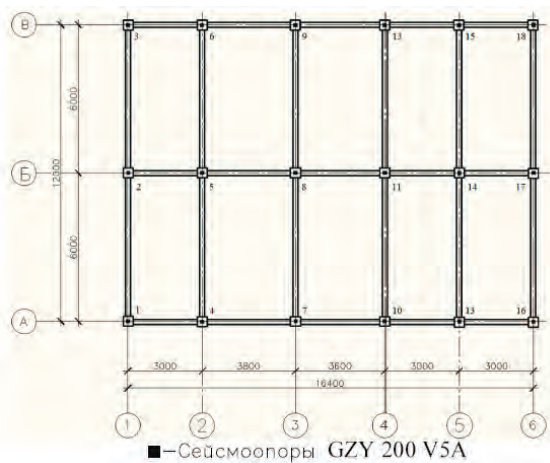


Рис. 7 - Схема установки РМО
а - вариант 1; б – вариант 2

Согласно 2 варианту система сейсмоизоляции в реконструируемом здании принята в виде устройства резинометаллических опор со свинцовым сердечником китайской фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» в месте опирания стоек каркаса надстройки на несущие стены реконструируемого здания. Всего устанавливается 18 опор типа GZY 200 V5A. Каждая опора рассчитана на нагрузку 200 кН. Все опоры квадратные в плане и имеют одинаковые размеры: 240x240 мм и высоту 115,5 мм. Схема расположения сейсмоизолирующих опор в плане приведена на рис.7б. Для установки РМО под каркасом надстройки вдоль несущих стен реконструируемого здания предусматривается устройство непрерывного железобетонного горизонтального антисейсмического пояса, толщиной 200 мм. РМО моделировались с помощью

КЭ55 со следующими характеристиками: вертикальная жесткость $R_z=504$ кН/мм; горизонтальная жесткость $R_x=R_y=0,69$ кН/мм, длина – 115,5мм.

Оценка сейсмостойкости здания с надстройкой для предложенных способов установки РМО выполнялась на основе анализа динамических характеристик и напряженно-деформированного состояния несущих конструкций здания. На рис.8 представлены периоды собственных колебаний здания по первой форме. Как видно из диаграммы выполнение надстройки и установка РМО значительно увеличивают период собственных колебаний реконструируемого здания, что ведет к увеличению амплитуды колебаний и снижению способности к затуханию, то может быть опасным для несущих конструкций реконструируемого здания.

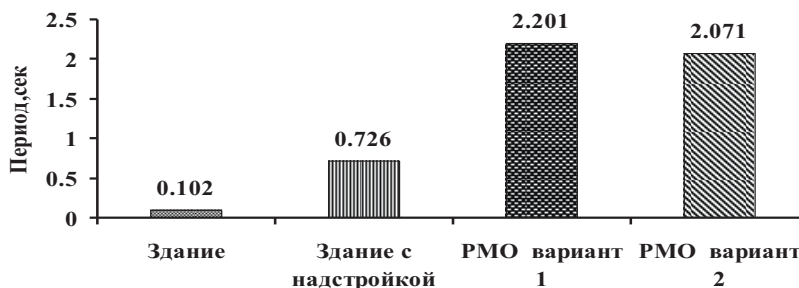


Рис. 8 - Периоды собственных колебаний по первой форме

На рис.9 представлены амплитуды перемещений в уровне перекрытий для расчетной сейсмичности 8 баллов. Необходимо отметить, что надстройка, выполняя роль гасителя колебаний, снижает перемещения реконструируемого здания, максимальные перемещения наблюдаются в уровне верхних этажей надстройки. Применение РМО приводит к значительному увеличению перемещений в месте установки последних, в

следствии их малой жесткости в горизонтальном направлении. В случае 1 варианта установки РМО абсолютные и относительные перемещения здания и надстройки увеличиваются в 10 раз. В случае 2 варианта установки РМО абсолютные и относительные перемещения концентрируются в уровне надстройки, увеличиваясь менее, чем в 2 раза.

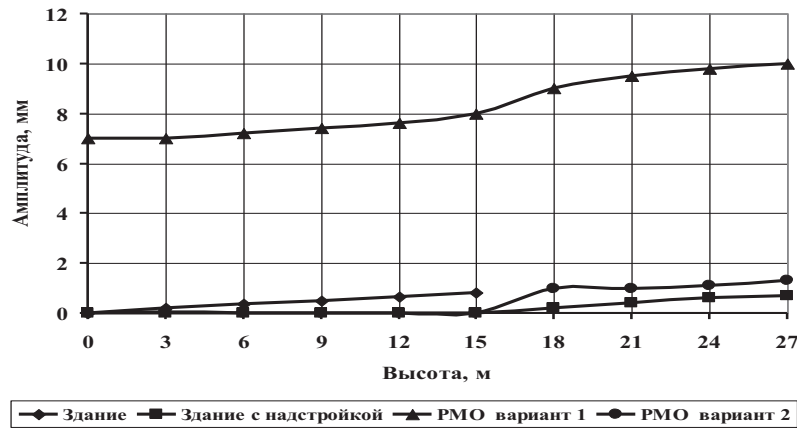


Рис. 9 - Амплитуды колебаний реконструируемого здания

На рис.10 представлены инерционные силы в уровне перекрытий для расчетной сейсмичности 8 баллов. Применение РМО приводит к снижению инерционных сил в уровне перекрытий

реконструируемого здания и надстройки в случае 1 варианта установки на 25%, а в случае 2 варианта установки на 80%.

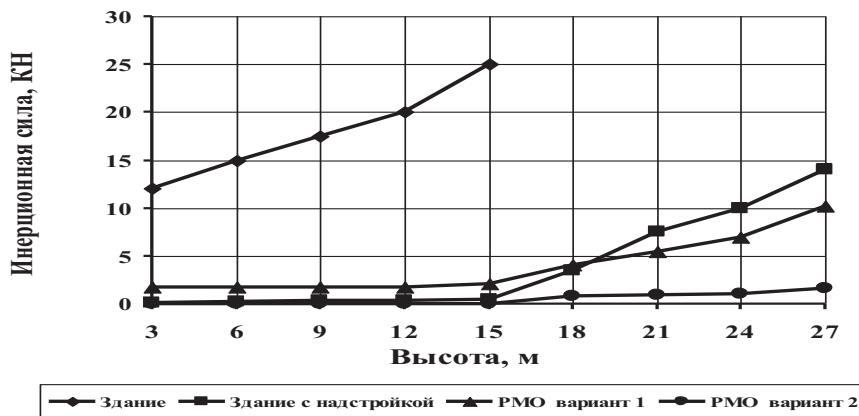


Рис. 10 - Инерционные силы в уровне перекрытий здания и надстройки

На рис.11 представлены нормальные напряжения в наружной несущей стене реконструируемого здания. При сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов наиболее опасные растягивающие напряжения в исследуемом фрагменте стены возникают в месте опирания надстройки на здание, и превышают расчетное

сопротивление растяжению кладки из крупных блоков. В случае установки РМО в исследуемом фрагменте растягивающие напряжения не возникают. При 1 варианте установки РМО наблюдается значительная концентрация сжимающих напряжений в месте опирания стены на РМО и в месте опирания надстройки на здание. При

2 варианте установки РМО напряжения в стене распределяются более равномерно, концентрация сжимающих напряжений, не превышающих

расчетное сопротивление сжатию кладки из крупных блоков, наблюдается только в месте опирания надстройки на здание.

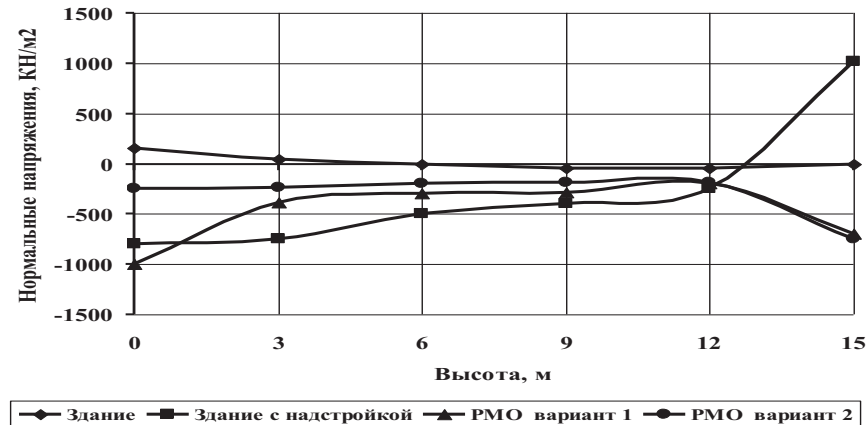


Рис. 11 - Нормальные напряжения в наружной несущей стене реконструируемого здания

В результате проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Реконструкция зданий средней этажности может вестись с применением как надстроек на самостоятельных опорах, так и надстроек, опирающихся на существующие конструкции реконструируемого здания. Выбор метода зависит от целей и задач реконструкции и технического состояния несущих конструкций существующего здания.

2. Обеспечение заданного уровня сейсмостойкости зданий средней этажности в процессе реконструкции требуют дополнительных технических мероприятий, которые зависят от выбранного метода реконструкции.

3. С введением включающихся связей деформативность надстроек на самостоятельных опорах снижается, что повышает способность к затуханию колебаний и повышению сейсмостойкости. Упругоподатливые связи способствуют перераспределению жесткостей в верхней и нижней части надстройки непосредственно в процессе колебания. Дальнейшие исследования планируется проводить в следующих направлениях: определение динамических характеристик надстроек с дополнительными связями различной жесткости; определение оптимального количества дополнительных связей и места их расположения; изучение изменения динамических характеристик надстроек со связями, включающимися в процессе их колебаний.

4. Эффективным способом обеспечения заданного уровня сейсмостойкости зданий, реконструируемых методом надстройки на существующие конструкции, является установка резинометаллических сейсмоизолирующих опор в

месте опирания надстройки на здание. Такой способ позволяет изменить динамические характеристики реконструируемого здания, уменьшить инерционные силы в уровне перекрытий, снизить концентрацию напряжений в несущих стенах и, кроме этого является более простым и менее трудоемким по сравнению со способами известными ранее.

Список литературы

1. Жербин, М.М. Новая концепция модернизации и надстройки существующих малоэтажных жилых зданий до любого количества этажей / М.М. Жербин, В.И. Большаков // Вісник ПДАБА. – 1998. - № 2. - С. 50-51.
2. Поляков, В.С. Современные методы сейсмозащиты / В.С. Поляков, Я.М. Килимник, А.В. Черкашин. - М.: Стройиздат, 1989. – 229 с.
3. Морозова, Е.В. Исследование работы системы «здание- надстройка» при сейсмических воздействиях расчетной интенсивности / Е.В. Морозова // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського / під загальною редакцією заслуженого діяча науки і техніки України, д.т.н., професора О.В. Шимановського. - К.: Вид-во «Сталь», 2009. - Вип. 3. – С. 200-209
4. Акбиев, Р.Т. Технология сейсмоусиления объектов незавершенного строительства (на примере республики Алтай) / Р.Т. Акбиев, Ю.А. Сутырин, А.В. Вайдуров // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2006. - №3. - С. 37-41.

5. Смирнов, В.И. Сейсмоусиление государственного концертного зала в г. Грозном / В.И. Смирнов, Р.Т. Акбиев, М.Ж. Чубаков // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2009. - №3. - С. 55-62.

6. Айзенберг, Я.М. Эффективные системы сейсмоизоляции. Исследование проектирование, строительство / Я.М. Айзенберг, В.И. Смирнов, С.И. Бычков, Ю.А. Сутырин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2002. - №1. - С. 31-37.

7. Ажермачов, Г.А. Сейсмостійка будівля, яка реконструюється Е04Н 9/02 / Г.А. Ажермачов, О.В. Морозова // Патент на корисну модель №56415 от 10.01.2011 МПК(2011.01).

E.V. MOROZOVA V.V. MOROZOV

**THE PERSPECTIVE DIRECTIONS OF
RECONSTRUCTION OF AVERAGE-
STOREYS BUILDINGS WITH
ENSURING THE SET SEISMIC
STABILITY LEVEL**

Methods of reconstruction of average-storeys buildings are analyzed. Ways of ensuring the set level of seismic stability of these buildings at reconstruction are considered. Reconstruction of average-storeys buildings with application of superstructures on independent support with metallic frame is the perspective direction, especially for seismically active areas. Results of researches of seismic stability of system "building - superstructure" with the additional joining communications are given. Assessment of seismic stability of the standard five-floor building with a superstructure is executed. It is proposed to provide seismic stability of the reconstructed building by installing rubber-metallic supports at the points of bearing of the superstructures on the existing building.

Keywords: reconstruction, seismic stability, superstructure, rubber-metallic support, joining communication.

СТРУКТУРНЫЙ ШУМ ОТ НАСОСОВ ОТОПЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО СНИЖЕНИЯ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

М.Ю. Владимиров, О.И. Клименкова, Н.К. Калашникова, И.П. Чеботарев

В настоящее время причины возникновения и распространения структурного шума и методы борьбы с ним являются одной из актуальных проблем в акустике. В данной работе на примере насосов отопления для жилых помещений были показаны основные пути распространения структурного шума и методы борьбы с ним. Выбор данного оборудования обусловлен большим количеством жалоб от жильцов домов, обслуживаемых этим оборудованием.

Ключевые слова: Шум, инженерные системы, насосы, акустический расчёт, звуковое давление, структурный шум, дБ.

Насосное оборудование – неотъемлемая часть классических систем отопления жилых и общественных зданий. Насосы доставляют нагретый до нужной температуры теплоноситель в радиаторы отопления. Размещаются насосы либо в отдельном здании теплового пункта, либо в пространстве технического этажа здания. В некоторых случаях насосы могут входить в состав чиллеров¹.

При работе насосов отопления излучается воздушный шум и структурный шум, который иногда называют виброшумом. Воздушный шум, излучаемый насосами, и возможные шумозащитные мероприятия достаточно хорошо освещены в специализированной периодике. В настоящей статье рассмотрим структурный шум, проблема снижения которого в настоящее время актуальна.

Одной из особенностей структурного шума является распространение его на большие расстояния, и мероприятия, применяемые для снижения воздушного шума, практически не дают эффекта для структурного шума. Как пример можно привести случай с насосами, установленными в насосной станции, предназначенной для обслуживания 25-этажного жилого дома. Машзал насосной станции располагался в подвальном помещении, пристроенном к жилому дому по Волжскому бульвару. Жилые помещения в доме начинались с 3-го этажа. Несмотря на повышенную звукоизоляцию конструкций дома и звукопоглощающую облицовку поверхностей насосной, в жилых помещениях на третьем этаже и выше имел место структурный шум, который вызывал жалобы жильцов.

Другой пример, когда в жилой дом структурный шум от насосов проникал из отдельно стоящей ЦТП, расположенной на расстоянии 30м от этого дома. Здесь также были жалобы от жильцов дома.

Структурный шум от насосов распространяется двумя путями:

1) непосредственно на конструкции здания (фундаментную плиту, перекрытие или стену), в зависимости от схемы монтажа насоса;

2) по трубопроводам.

В первом случае структурный шум, распространяясь далее по конструкциям зданий, преобразуется в воздушный шум в помещениях здания. Во втором случае виброшум, распространяясь по трубопроводам, может передаваться на конструкции здания в местах «жесткого» контакта трубопроводов со стенами и перекрытиями, и далее непосредственно в помещениях преобразовываться в воздушный шум. Кроме того, структурный шум, распространяясь по трубопроводам, может преобразовываться в воздушный шум непосредственно на элементах трубопроводной сети. Трубопроводы и радиаторы отопления могут «гудеть», «звенеть». При этом в нормируемых жилых и административных помещениях зданий возникает акустический дискомфорт. Уровни звукового давления (УЗД) в нормируемых помещениях могут существенно превышать допустимые санитарными нормами значения [1] в октавных полосах. Кроме того, сама вибрация конструкций здания может оказывать существенный дискомфорт.

Правильно подобранная виброизоляция для насосов систем отопления существенно снижает уровни распространяющегося виброшума, а, следовательно, и уровни воздушного шума, излучаемого конструкциями зданий и элементами систем отопления (трубопроводами и радиаторами) во внутрь помещений.

Виброизоляция насоса осуществляется двумя путями: установкой опорных виброизоляторов под корпус насоса и установкой виброгасящих вставок между насосом и подводными трубопроводами.

Структурный шум от работающего исправного насоса распространяется на двух основных частотах f , f_n , Гц, где f - основная расчетная частота вынуждающей силы насоса, f_n - «лопаточная» частота насоса ($f_n = f * n$, где n - число лопаток рабочего колеса насоса). Кроме того, в спектре вибросигнала могут присутствовать гармоники лопаточной частоты. Как правильно подобрать виброизоляторы для вибрирующего насоса? Согласно [2] для насоса необходимо обеспечить требуемую эффективность акустической

¹ В этом случае жидкий теплоноситель циркулирует между фанкойлами потребителей и чиллером.

виброизоляции. Эффективность акустической виброизоляции агрегата ΔL , дБ, ориентировочно определяют по формуле (8) работы [2]:

$$\Delta L = 20 \lg(f^2/f_z^2 - 1), \quad (1)$$

где f - основная расчетная частота вынуждающей силы насоса, Гц;

f_z - собственная частота вертикальных колебаний виброизолируемого агрегата, Гц.

Для обеспечения в помещениях допустимых уровней шума и вибрации, создаваемых работой агрегатов, необходимо, согласно работе [2] соблюдать следующие условия:

1) эффективность акустической виброизоляции агрегата ΔL не должна быть меньше значения $\Delta L_{\text{треб}}$. В нашем случае $\Delta L_{\text{треб}} = 26$ дБ;

2) собственная частота колебаний виброизолируемого агрегата в вертикальном направлении f_z не должна превышать значений допустимых частот собственных колебаний в вертикальном направлении $f_{\text{здоп}}$.

Расчетная частота вынуждающей силы в нашем случае - это частота вращения ротора насоса. Как правило, частоты вращения роторов насосов систем отопления находятся в диапазоне 24 – 50 Гц (1450 – 3000 об/мин).

Для виброизоляции насосов существует достаточно много разновидностей виброизоляторов. Например, резиновые перфорированные виброизоляторы ВИ-1 (см. Рис 1, 2). Они обеспечивают частоту колебаний виброизолированного насоса в вертикальном направлении f_z в интервале 4,2 – 14,0 Гц в зависимости от нагрузки на виброизолятор. Минимальная частота f_z обеспечивается при установке насоса на виброизоляторы ВИ-1 (поперек каналов перфорации). Существенный недостаток виброизолятора ВИ-1 – минимальная требуемая нагрузка на виброизолятор равна 100 кг.

Виброизолировать насосы, при их монтаже на опорные поверхности, достаточно легко. Сложности возникают при виброизоляции насосов в местах их соединения с трубопроводами.



Рис. 1. Виброизоляторы ВИ-1 в свободном состоянии



Рис. 2. Виброизоляторы ВИ-1 под нагрузкой

Как правило, предотвратить передачу структурного шума от насосов на трубопроводы систем отопления пытаются при помощи виброкомпенсаторов (см. Рис 3).



Рис. 3. Виброкомпенсаторы

Основное назначение таких компенсаторов – компенсация продольных и поперечных смещений трубопроводов. Для предотвращения передачи виброшума от насосов на трубопроводы систем отопления рекомендуется выполнять следующие мероприятия:

1) всегда проверять, работают ли насосы в оптимальном рабочем режиме (определяется гидравлическим расчетом системы). При согласованной работе насоса и сети трубопроводов уровни излучаемого насосом виброшума на частотах f и f_n будут иметь минимальные значения. Кроме того, при исправных насосах уровни виброшума гармоник «лопачной» частоты будут существенно ниже уровней на частотах f и f_n ;

2) виброизолировать подводящие трубопроводы от насосов при помощи гибких вставок (см. Рис 4).



Рис.4. Виброизоляция трубопроводов с помощью гибких вставок

Первое мероприятие достаточно эффективно, если насосы установлены в отдельном здании теплового пункта и теплосеть достаточно протяженная. В этом случае можно обойтись вообще без виброизоляции. Снижение уровней виброшума на частотах f , f_n , а также гармониках частоты f_n происходит с расстоянием за счет энергетических потерь виброшума на опорах трубопроводов и за счет преобразования структурного шума в воздушный в здании теплового пункта и коллекторе трубопроводов.

Далее на примере №1 будет показана их крайне низкая виброэффективность в местах традиционной установки – между фланцами насоса и подводящими трубопроводами.

Рассмотрим интересный пример по виброизоляции насосного оборудования.

Пример 1. Отопление 17-этажного жилого дома осуществляется из отдельно стоящего здания центрального теплового пункта (ЦТП). Жилой дом находится на расстоянии 18м, т.е. в непосредственной близости от ЦТП. В помещении ЦТП установлен основной циркуляционный насос отопления ЦО1 «GRUNDFOS» ($Q = 160\text{м}^3/\text{ч}$, $n = 1450$ об/мин). Насос «GRUNDFOS» был установлен после поломки старого основного насоса отопления. При этом между фланцами насоса и подводящими трубопроводами были установлены фланцевые виброкомпенсаторы (см. Рис 3). Внешним теплоносителем в ЦТП является специально подготовленная вода, которая поступает с ТЭЦ и передает тепло через теплообменник теплоносителю ЦТП. Циркуляционный насос перекачивает теплоноситель по трубам из ЦТП в прилегающие здания. В подвале под каждым подъездом рассматриваемого жилого дома установлены элеваторные узлы отопления – устройства, подмешивающие возвратный теплоноситель обратно в систему отопления (см. Рис. 5).

После замены основного циркуляционного насоса отопления ЦО1 в квартирах² указанного дома появился сильный шум от радиаторов и труб системы отопления.

² Все жалобы исходили от жильцов подъезда, ближайшего к месту ввода (прямку подвала) трубопроводов системы отопления, проложенных из ЦТП в жилой дом.

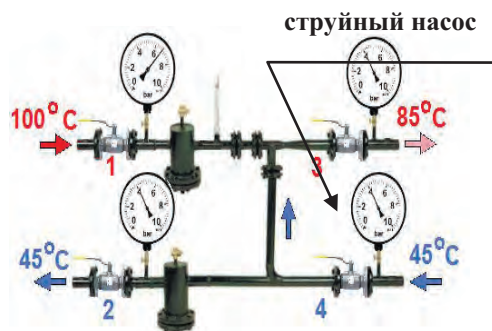


Рис.5. Типовой элеваторный узел системы отопления

Специалистами ООО НПФ «ЭКОПРОЕКТ АММ» были проведены натурные акустические измерения уровней шума в двух жилых комнатах квартиры указанного дома при работе основного циркуляционного насоса отопления ЦО1. Измерения проводились в двух жилых комнатах площадью по 13м^2 . Сравнительный анализ показал, что уровни звука (УЗ) и уровни звукового давления (УЗД) в двух жилых комнатах ($S_1=13\text{м}^2$, $S_2=13\text{м}^2$) квартиры при работе циркуляционного насоса ЦО1 не превышали допустимые уровни (ДУ) шума для дневного и ночного времени суток. В то же время отмечались существенные превышения над фоновыми значениями УЗД - на 3 – 8 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 125 – 1000 Гц, что создавало условия для акустического дискомфорта и оказывало беспокоящее воздействие на жильцов.

В данном случае основной циркуляционный насос системы отопления, расположенный в ЦТП, являлся первичным источником структурного шума (виброшума). От него виброшум распространялся по трубопроводам на частотах: f , f_n и на гармониках частоты f_n , где

$$f = (1450 \text{ об/мин}) / (60 \text{ сек}) = 24 \text{ Гц};$$

$$f_n = (1450/60) \times n, \text{ Гц, где } n - \text{ число лопаток рабочего колеса насоса (в нашем случае } n = 5 \Rightarrow f_n = 120 \text{ Гц);}$$

$$2xf_n = 240 \text{ Гц, } 4xf_n = 480 \text{ Гц и т.д.}$$

Как показано нижеприведенным расчетом, резиновые фланцевые виброкомпенсаторы, которые установлены в ЦТП на подводящих к основному циркуляционному насосу трубопроводах, не снижают уровни структурного шума на частоте f

Эффективность виброизоляции трубопровода фланцевым виброкомпенсатором, установленном на подводящем к основному циркуляционному насосу трубопроводе, дБ, ориентировочно определяют по формуле (2):

$$\Delta L = 20 \lg (f^2/f_y^2 - 1) \quad (2)$$

где f - частота вращения вала насоса в Гц (в нашем случае $f = 24$ Гц);

f_y - собственная частота колебаний виброизолированного трубопровода в горизонтальном направлении (экспериментально установлено, что f_y в нашем случае составляет около 70 Гц).

При этом снижение амплитуды колебаний имеет место, если $f^2/f_y^2 - 1 > 1$. В нашем случае $(f^2/f_y^2 - 1) = -0,88 < 1$ и снижение структурного шума, распространяющегося по трубопроводу на частоте $f = 24$ Гц, не происходит. Рассматриваемый виброкомпенсатор немного снижает виброшум, распространяющийся по трубопроводу на «лопаточной» частоте $f_{л} = 120$ Гц. Снижение структурного шума на «лопаточной» частоте $f_{л}$ составляет $\Delta L = 5,7$ дБ. В то же время происходит существенное снижение виброшума на гармониках «лопаточной» частоты $f_{л}$. На гармонике $2xf_{л}$ виброшум снижается на 20,6 дБ, на гармонике $4xf_{л}$ – 33,2 дБ. Снижение уровней структурного шума на частоте f , и дальнейшее снижение уровней структурного шума на частотах $f_{л}$ и гармониках «лопаточной» частоты происходит с расстоянием за счет энергетических потерь виброшума на опорах трубопроводов и за счет преобразования виброшума в воздушный. При обследовании объекта в приемке подвала жилого дома ощущалась заметная вибрация трубопроводов системы отопления.

Таким образом, вибрация распространяется по трубопроводам из ЦТП в указанный жилой дом на частотах $f, f_{л}$. Вибрация на тех же частотах распространяется и непосредственно теплоносителем. В теплоносителе, при его протекании через струйный насос (см. Рис.6) элеватора, происходит перераспределение энергии колебаний (так называемая «проблема в проточной части») – вновь возникают гармоники «лопаточной» частоты $2xf_{л} = 240$ Гц, $4xf_{л} = 480$ Гц, $8xf_{л} = 960$ Гц. Теплоноситель передает колебания на гармониках «лопаточной» частоты трубам системы отопления. Далее вибрация на частотах $f, f_{л}, 2xf_{л}, 4xf_{л}, 8xf_{л}$ распространялась по трубам к потребителям тепла – в квартиры рассматриваемого жилого дома. Виброшум преобразовывается в воздушный акустический. Как было отмечено, в

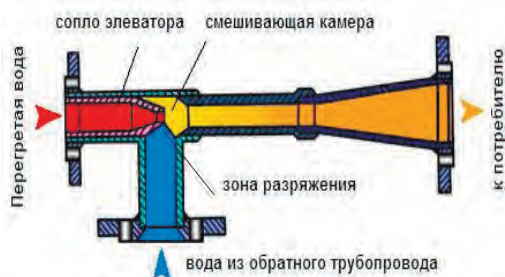


Рис.6. Схема протекания теплоносителя через струйный насос элеватора

жилых комнатах квартиры, в которых были выполнены натурные акустические измерения, отмечались превышения фоновых значений на 3 – 8 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 125, 250,

500, 1000 Гц. Превышения фоновых значений отмечались на частотах, близких к «лопаточной» частоте и ее гармониках.

Были предложены виброзащитные мероприятия:

1) Проверить, работает ли насос ЦО1 в оптимальном рабочем режиме (определяется гидравлическим расчетом системы). При согласованной работе насоса ЦО1 и сети теплоносителя ЦТП уровни излучаемого насосом структурного шума на частотах f и $f_{л}$ будут находиться на минимальном уровне. Следовательно, за элеватором амплитуда частоты $f_{л}$ и амплитуды гармоник $2xf_{л}, 4xf_{л}, 8xf_{л}$ также будут минимальны. Если есть рассогласованность системы трубопроводов и насоса (насос не работает в расчетном режиме), то произвести необходимые ремонтные работы в ЦТП;

2) Установить резиновые фланцевые виброкомпенсаторы на трубопроводах теплоносителя за элеватором подъезда (на участке между элеватором и квартирой 1-го этажа), ближайшем к приямку ввода трубопроводов теплоносителя из ЦТП.

Резиновые виброкомпенсаторы существенно снизили структурный шум, распространяющийся на частотах: $2xf_{л}, 4xf_{л}, 8xf_{л}$. Согласно формуле (2) снижение структурного шума ΔL составляет соответственно 20,6 дБ; 33,2 дБ; 45,4 дБ. Снижение виброшума, распространяющегося на частоте $f_{л}$, составит 5,7 дБ.

В дальнейшем было выполнено виброзащитное мероприятие, рекомендованное в пункте 2, и жалобы жильцов прекратились.

Пример 2. Чиллер фирмы-изготовителя «AERMES» системы кондиционирования квартир жилого дома установлен на кровле 5-этажного здания (см. Рис.7).



Рис. 7. Установленный на крыше чиллер

Чиллер охлаждает или нагревает жидкий теплоноситель и подает его при помощи встроенного насоса по системе трубопроводов в фанкоилы помещений. Чиллер был смонтирован на рекомендованных продавцом виброопорах и экранирован конструкциями здания в направлении окон квартир указанного жилого дома. Помещения квартир обслуживаются системами приточно-вытяжной вентиляции, окна - тройные стеклопакеты, которые не открываются для проветривания. Система кондиционирования работает круглогодично.

Были проведены натурные акустические измерения уровней шума в трех жилых комнатах двухуровневой квартиры на 4-м и 5-м этажах указанного дома. Измерения проводились в столовой (4-й этаж), спальне и кабинете (5-й этаж) квартиры. Измерения были проведены при работающем и выключенном чиллере.

Во всех жилых помещениях квартиры, где проводились измерения уровней шума, выявлены превышения над санитарно-гигиеническими нормами [1] при работе чиллера. Превышения составили:

- в дневное время суток – на 4 - 10 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц и на 3 дБ по шкале «А»;

- в ночное время суток – на 1 - 18 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц и на 7 - 10 дБ по шкале «А».

Необходимо отметить, что при работе чиллера во всех жилых комнатах, где проводились измерения шума, уровни звукового давления на октавных полосах со среднегеометрической частотой 63 Гц совпадали с уровнями звукового давления в 1/3-октавных полосах со среднегеометрической частотой 50 Гц. Во всех случаях имелась ярко выраженная тональность на третьоктавной частоте 50 Гц. Скорость вращения вала рабочего колеса насоса составляло 2900 об/мин, а частота вращения - $f = 2900/60 = 48,3$ Гц. Таким образом, можно говорить о проникающем структурном шуме. Структурный шум насоса чиллера распространялся по строительным конструкциям здания и трубопроводам, преобразуясь в акустический воздушный шум, и вызывая дискомфорт в нормируемых помещениях жилого дома.

Для снижения уровней проникающего структурного шума были предложены следующие шумовиброзащитные мероприятия:

1) демонтировать существующие виброопоры чиллера и установить чиллер на виброизоляторы ВИ-1 (поперек каналов перфорации). Использовать 12 – 14 виброизоляторов (см. Рис 1, 2);

2) установить гибкие вставки на трубопроводах чиллера на участках от чиллера до манометров (см. Рис 4);

3) трубопроводы чиллера виброизолировать на участке «манометры – резиновые компенсаторы» при помощи четырех виброизоляторов ТМТО-1;

4) для предотвращения горизонтальных перемещений чиллера выполнить 10 виброизолированных упоров с 20 виброизоляторами ТМТО-1.

После выполнения указанных виброзащитных мероприятий с незначительными коррективами³ были проведены повторные натурные акустические измерения в тех же трех комнатах квартиры. Превышений над санитарно-гигиеническими нормами не было выявлено. Причем эффективность реализованных шумовиброзащитных мероприятий составила 16-19 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц и 8-11 дБ по шкале «А».

³ В ограничивающих упорах вместо ТМТО-1 были применены другие виброизоляторы.

Заключение

В данной работе рассмотрены основные причины возникновения и распространения структурного шума от насосов отопления для помещений, а также методы борьбы с ним. Выбор данного оборудования заключается в большом количестве жалоб на шум от этого оборудования.

В данной работе перечислены основные причины возникновения структурного шума, определены пути его распространения и приведены мероприятия по его снижению.

На примере 1 показано, что при правильном определении причин возникновения структурного шума и путей его распространения подобранные мероприятия дали снижение структурного шума на 5.7 дБ на низких и на 20–45 дБ на средних и высоких частотах.

На примере 2 рассмотрено применение чиллера как источника тепла или холода в помещениях. Входящий в состав чиллера насос также может вызывать жалобы жильцов, когда является источником повышенного структурного шума в помещениях. При правильном подборе обесшумливающих мероприятий снижение шума может достигать 8-11 дБА и 16-19 дБ по спектру.

В обоих случаях жалобы прекратились после внедрения мероприятий по снижению структурного шума.

Литература

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: Санитарные нормы. - М.: Минздрав России, 1997.
2. Пособие к МГСН 2.04-97. Проектирование защиты от шума и вибрации инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях. М.: Правительство Москвы, Москомархитектура, 1998.

M.Y. Vladimirov, O.I. Klimenkova, N.K. Kalashnikova,
I.P. Chebotarev

STRUCTURAL NOISE FROM PUMPS IN HEATING SYSTEMS AND PROBLEMS OF ITS MITIGATION IN RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

At present, the causes for the emergence and spread of structural noise and methods of dealing with it are one of the most actual problems in acoustics. In this paper, the heating pumps for residential buildings were taken as the example to show the main pathways of structural noise and methods to combat it. This equipment was chosen due to the large number of complaints from residents of homes served by this equipment.

Keywords: Noise, engineering systems, pumps, acoustic calculations, sound pressure, structural noise, dB.

УДК 697.11

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ АККУМУЛЯЦИИ ТЕПЛА ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

Дихтярь Т.В., доцент, к.т.н., Илаев Г.А., к.э.н., Зайцев О.Н., профессор, д.т.н.

Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, ул. Киевская 181.

Аннотация. В выполненном исследовании показано что полученных данных свидетельствует о том, что затраты на эксплуатацию системы отопления и вентиляции можно сократить на 20% при использовании новой схемы организации тепломассобмена в цехах с естественным притоком наружного воздуха в помещение, за счет перенаправления холодного потока между нагревательным прибором и ограждающей поверхностью, путем обеспечения нормируемого перепада температур между ними и исключения дополнительных затрат на подогрев холодного воздуха поступающего в помещение.

Ключевые слова: инерционность, теплопроводность, ограждающие конструкции.

В современном мире одной из острейших проблем современности является снижение энергетических затрат на системы отопления в зданиях и сооружениях различного назначения, при этом теплоснабление производственных предприятий составляет большую часть от общего количества вырабатываемой тепловой энергии. В тоже время, в современных нормативных документах, действующих как в Украине, так и в Европейском Союзе не учитывается влияние локального перегрева термооболочки здания нагревательными приборами систем теплоснабжения или тепловыделяющим оборудованием. При этом термическое сопротивление ограждающих конструкций проектируется равномерным и не учитывает тепловых потоков в помещении.

Таким образом, исследования, направленные на совершенствование энергоэффективного использования систем теплоснабжения с управлением аэродинамики входящих воздушных потоков являются актуальными и отвечают современным тенденциям развития теплоэнергетики.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно [1], преобладающие на отечественном рынке стеклопакеты не обеспечивают регламентируемый нормами [2] приток воздуха, что приводит к установке вентиляционных приточных отверстий непосредственно в помещении и, соответственно, поступлению холодного воздуха в рабочую зону помещения, что приводит к значительному увеличению теплопотерь и компенсируется увеличением расхода тепла в системе отопления. Однако,

такие мероприятия снижают показатели энергетической эффективности здания и не позволяют достичь максимально экономически оправданного использования топливно-энергетических ресурсов [3].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Цель работы - совершенствование систем отопления и вентиляции на основе снижения локального перегрева ограждающих конструкций нагревательными приборами системы отопления, что обеспечивает уменьшение энергозатрат и улучшение условий эксплуатации ограждающих конструкций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для решения поставленной задачи было предложено теплоизолировать наружную поверхность отопительного прибора (обращенную к стене) и установить оконный проветриватель в нижней части стеклопакета. Так свежий воздух беспрепятственно и с наименьшим сопротивлением смешивается с воздухом за нагревательным прибором и уже теплой струей не отличающейся температурой от окружающей среды восполнит помещение необходимым притоком, а перегрева ограждающей конструкции не происходит, поскольку температура струи принимает значение температуры в помещении. Как показывают расчеты [1], для организации такого процесса перепад температуры между теплоизолированной и ограждающей поверхностями должен быть не более 10 °С. В этом случае достигается нисходящее направление движения холодного воздуха между нагревательным прибором и огражда-

дающей конструкцией.

Данный вывод был подтвержден в результате выполнения эксперимента с использованием тепло-

визора Testo 882 с учетом требованиям [2] и [4]. На рисунках срез температуры дан на высоте 400 мм от плоскости пола.

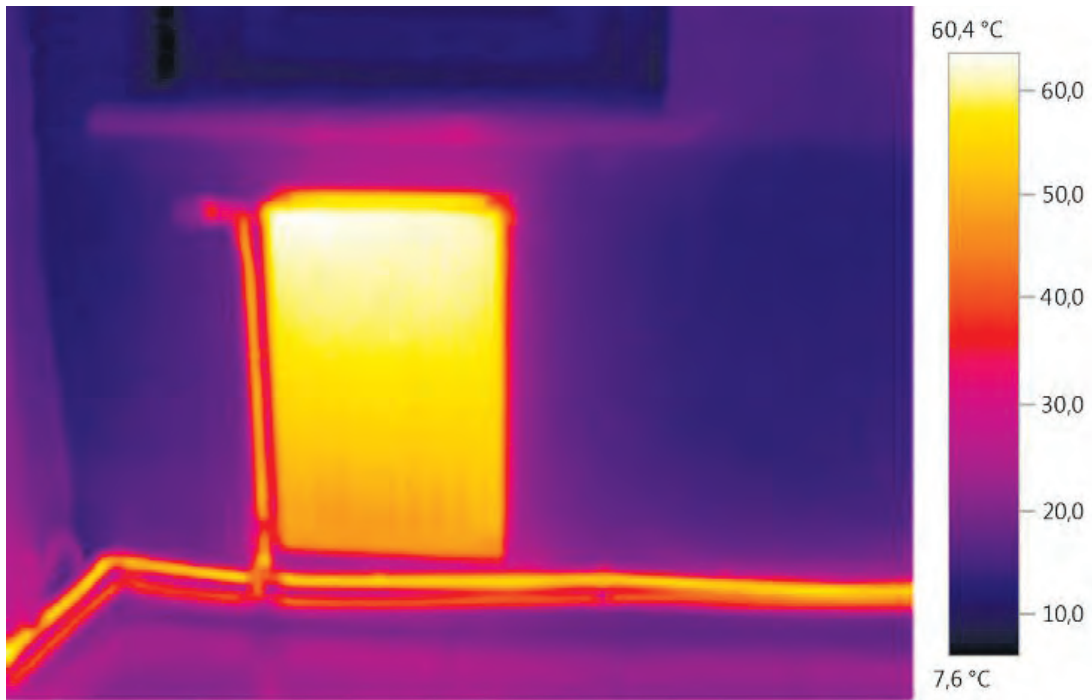


Рис. 1. Снимок поверхности нагревательного прибора, температура поверхности +60 °C

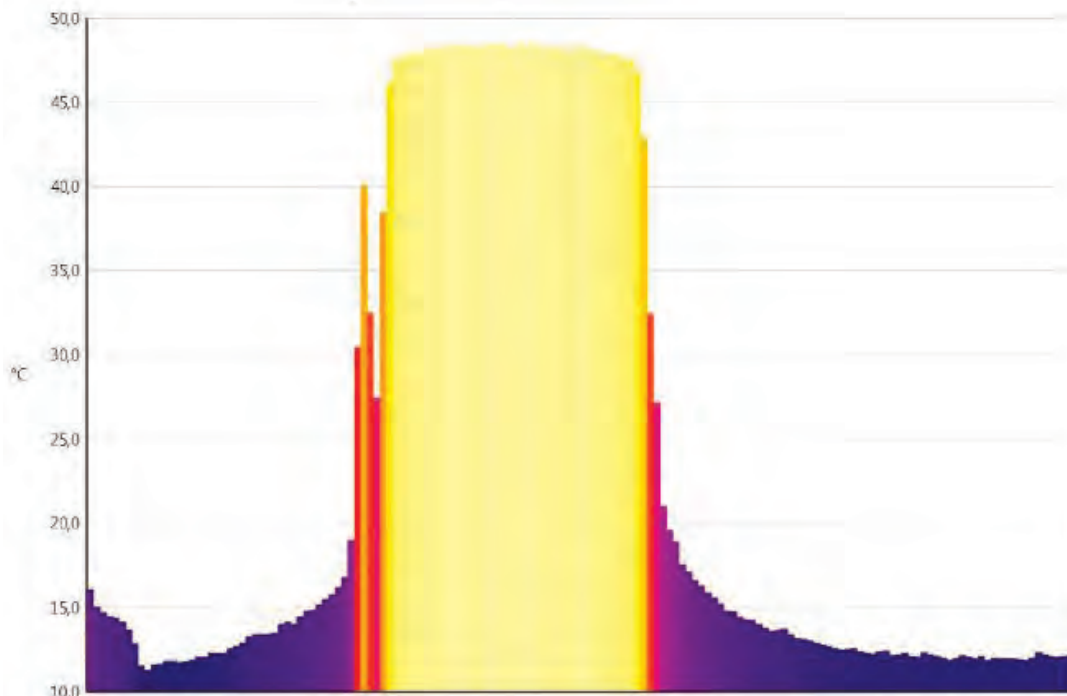


Рис. 2. Термограмма поверхности внешней ограждающей конструкции
Минимум – 11 °C. Максимум – 47,8 °C. Среднее значение – 20,8 °C

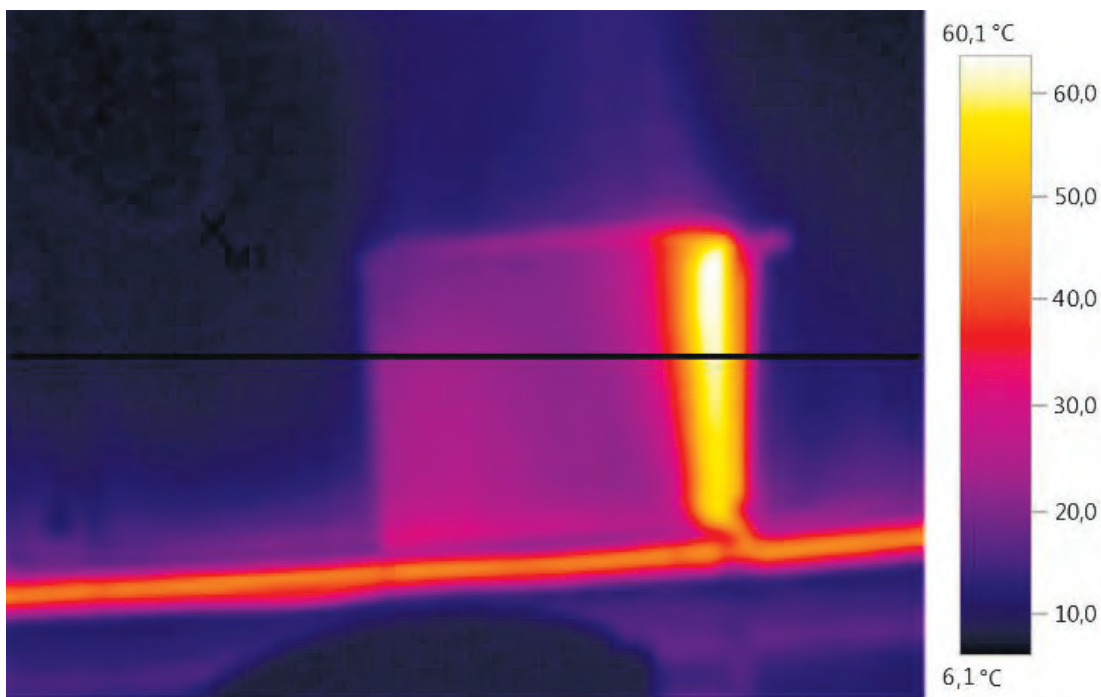


Рис. 3. Работа предложенной системы отопления с изолированной поверхностью радиатора

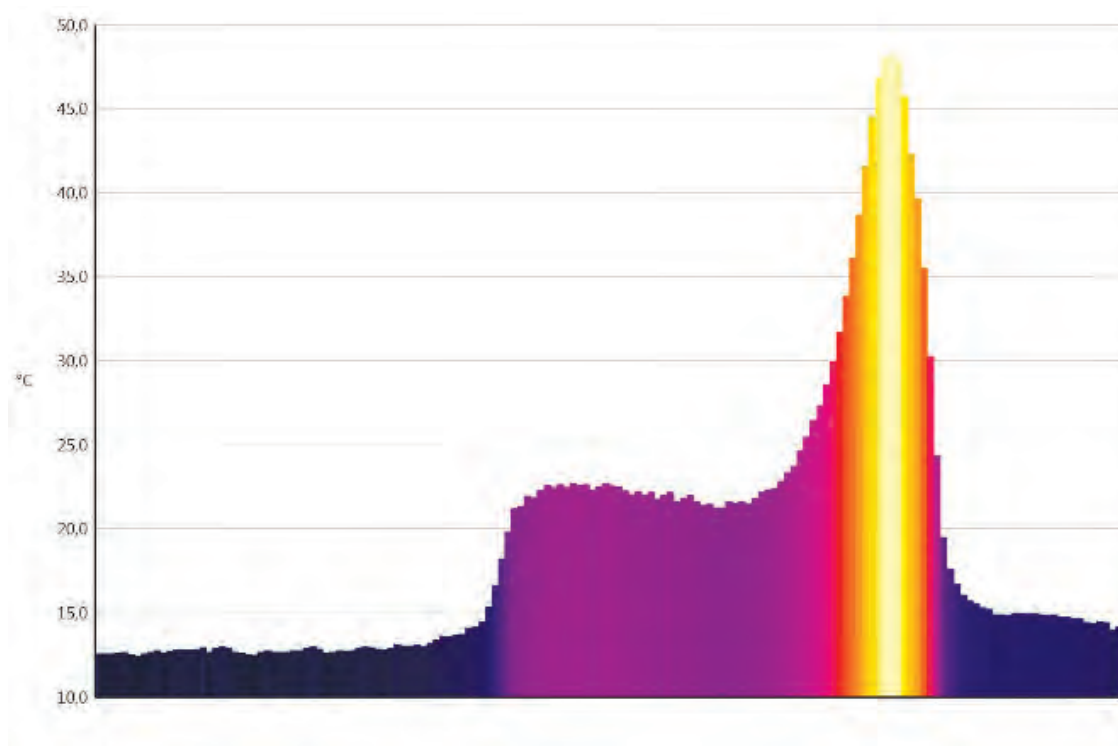


Рис. 4. Термограмма поверхности внешней ограждающей конструкции
 Минимум – 12 °С. Максимум – 47,7 °С. Среднее значение – 19,4 °С

Анализируя полученные данные, выявлено некоторое повышение температуры в зоне за нагревательным прибором и резкое повышение в боковой торцевой части. Скачок температуры объясняется

тем, что в данном месте осуществляется подача теплоносителя, т.е. данная область имеет наибольшую температуру. Повышение же на несколько градусов температуры внешней стены за отопительным прибором - тем, что изолируется лишь задняя поверх-

ность, при этом верхний и нижний торец выделяют тепловой поток согласно расчетам.

Однако, для применения предложенных мероприятий был выполнен экономический расчет для зданий различного назначения. Сравнение производилось для предложенной системы с локальным теплоизолированием поверхности нагревательных приборов со стороны наружного ограждения с типовым решением.

К расчету приняты следующие здания: главный корпус ремонтно-производственной базы на 100 спецмашин по уборке городов, областное отделение Сбербанка и 9-этажный жилой дом с поквартирным отоплением. Температурные зоны представлены горо-

дами Росто-на-Дону и Симферополь.

Расчет проводился согласно [5, 8-9] для зданий с равнозначными низкотемпературными системами отопления, т.е. материалы труб, виды отопительных приборов и режимы регулирования для каждого из них одинаковы, учитывались также затраты на принятые термостатические клапаны, на установку оконных проветривателей, трудозатраты на применение теплоизоляции, ее цена, экономия электрической и тепловой энергии при эксплуатации предложенного метода [5-7, 10-12]. Результаты расчетов приведены в гривнах и сведены в таблицу.

Таблица 1

Результаты технико-экономических расчетов

Назначение здания	Город	г. Ростов-на-Дону		г. Симферополь	
		Типовое решение	С использ. мероприятий	Типовое решение	С использ. мероприятий
Главный корпус РПБ на 100 спецмашин по уборке городов		584620	467696	427520	342016
9-этажный жилой дом, блок-секция «Г»		90720	72576	83990	67122
Областное управление АО «Сбербанк»		108785	87028	95180	76144

Как видно из сводной таблицы наибольшая экономия получена для производственных зданий, что объясняется большими размерами таких зданий и соответственно большими теплопотерями. Величина экономии за счет уменьшения мощности механической вентиляции будет варьироваться в зависимости от количества людей находящихся в помещении.

Выводы

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что затраты на эксплуатацию системы отопления и вентиляции можно сократить на 20% при использовании новой схемы организации теплообмена в цехах с естественным притоком наружного воздуха в помещение, за счет перенаправления холодного потока между нагревательным прибором и ограждающей поверхностью, путем обеспечения перепада температур между ними до 10 °С, и исключения дополнительных затрат на подогрев холодного воздуха поступающего в помещение.

Получен срок окупаемости (5,1 год) и коэффициент экономической эффективности (0,15). Выше сказанное позволяет сделать вывод, что предложенные разработки могут считаться экономически эффективными.

Список литературы

1. Рябова Е., Богатикова Н. «Совершенствование систем отопления в помещениях с естественным притоком свежего воздуха». MOTROL, 2014, Vol 16, №5, с. 239-242.
2. ДБН В.2.5-67.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013.
3. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Гершкович В.Ф. Альбом рекомендаций по применению современного эффективного оборудования в системах отопления и горячего водоснабжения зданий при централизованном теплоснабжении К.: КиевЗНИИЭП, 2003.
5. Отставнов А.А. К технико-экономическому обоснованию устройства систем водяного отопления. - М.: С.О.К., - 2005 - №1, 2005.
6. Денисихина Д.М., Бассина И.А., Никулин Д.А., Стрелец М.Х. Численное моделирование автоколебаний турбулентной струи, истекающей в прямоугольную плоскость // ТВТ. 2005. Том 43. №4 – с. 568-579.
7. Гримитлин А.М., Дацюк Т.А., Денисихина Д.М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования: монография

/ А.М.Гримитлин, Т.А.Дацок, Д.М. Денисихина.- СПб : АВОК Северо-Запад, 2013. – 192 с.

8. *Борисенко К.А., Зайцев О.Н.* Современные системы обеспечения теплового режима зданий // Труды Междунар. научно-технической конф. «11-ой Европейский форум энергетиков». – Opole (Poland). – 2008.- С. 247-252.

9. *Lubarec A.P., Zaitsev O.N.* Power saving technologies in modern systems of water heating // Motrolyzacja I energetyka rolnictwa. Lublin: Motrol, 2009, №11, p.214-219

10. *Довмир Н.М.* Низкотемпературные режимы систем отопления как предпосылка эффективного

применения конденсационных котлов и тепловых насосов // Пром. теплотехника. — 2008. № 5 с. 62-68;

11. *Накорчевский А.И.* Система теплоснабжения теплоавтономного дома // Пром. теплотехника. — 2009. № 1 с. 67-73

12. *Юрченко О., Любарец А., Дихтярь Т., Зайцев О.* Экспериментальные исследования колебаний скорости в сильнозакрученной газовой струе с прецессирующим вихревым ядром // Труды международной конференции «Энергия -2010», Lublin: Motrol, 2010, сб. № 12С, с.266-272

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ С ИСТОЧНИКАМИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Завалий А.А.

Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского"

Адрес: Россия, Республика Крым, г.Симферополь, пгт. Аграрное

e-mail zavalym@mail.ru

Аннотация. Численным моделированием выполнен анализ теплового состояния системы обогрева помещения инфракрасными излучателями и системы концентрации солнечного теплового излучения для обеспечения холодом и теплотой коттеджа или фермерского хозяйства.

Получены оценки эффективности использования источников излучения различного вида и влияния на тепловое состояние размещения в помещении тел различной формы и изменения условий теплообмена на внешних границах ограждающих помещение поверхностей. Определены условия эффективного обеспечения холодом и теплотой коттеджа или фермерского хозяйства с использованием параболических концентраторов солнечного излучения.

Ключевые слова: тепловое излучение, солнечный концентратор, численное моделирование.

Введение

Целью численного моделирования является, как правило, сужение диапазона экспериментальных исследований изучаемого явления или разрабатываемого объекта. Кроме того, численное моделирование зачастую позволяет лучше понять суть происходящих в исследуемом явлении процессов. Традиционно наиболее «узким» местом численного моделирования является создание или выбор модели, обеспечивающей корректное решение поставленной задачи. Нами при разработке тепловых систем с источниками и приемниками теплового излучения используется CFD-программа Fluent, оснащенная DO-моделью (модель дискретных ординат) теплового излучения [1, 2]. Программа позволяет в сопряженной и несопряженной постановках решать задачи сложного теплообмена и гидрогазодинамики в двух- и трехмерных расчетных областях сложной формы, заполненных излучающе-поглощающими и рассеивающими серыми и селективными средами при наличии диффузно и зеркально отражающих серых и селективных непрозрачных и полупрозрачных границ в произвольном диапазоне оптической толщины расчетной области.

Цель и задачи исследования

Целью настоящей статьи является анализ теплового состояния системы обогрева помещения инфракрасными излучателями и системы концентрации солнечного теплового излучения для обеспечения холодом и теплотой коттеджа или фермерского хозяйства. В обеих системах использованы параболические зеркально отражающие экраны. В фокусе параболы экрана размещены источник теплового излучения или приемник солнечного излучения.

1. Система обогрева помещения инфракрасными излучателями.

Рассмотрена двумерная задача для помещения шириной 5 м и высотой 2,7 м (рис. 1). В помещении размещены инфракрасные (ИК) обогреватели на высоте от 2 м до 2,5 м (поз. 1, 2, 3 на рис. 1).

Поперечный размер параболического отражателя ИК обогревателя – 300 мм, мощность источника – 1880 Вт. Стоки теплоты через ограждающие стены определяются условиями 3-го рода: коэффициент конвективного теплообмена на наружной поверхности ограждения – 10 Вт/м², температура окружающей среды – 300 К, степень черноты окружающего пространства – 1.

Цель моделирования – определение распределений температуры, тепловых потоков, потоков теплового излучения, конвективных потоков, тепловых потерь в ограждающие поверхности замкнутого объема.

Результаты исследования и их анализ

Выполнено сравнение источников направленного (поз. 4 на рис. 1) и рассеянного (поз. 5 на рис. 1) теплового излучения. Схемы источников приведены на рис. 2.

На рис. 3 представлены поля потоков теплового излучения в помещении для источников направленного (а) и рассеянного (б) излучения, в в таблице 1 – величины тепловых потоков в ограждающие поверхности.

Как следует из таблицы 1, применение направленных источников теплового излучения на 14% увеличивает поток теплового излучения в пол по сравнению с источниками рассеянного излучения.

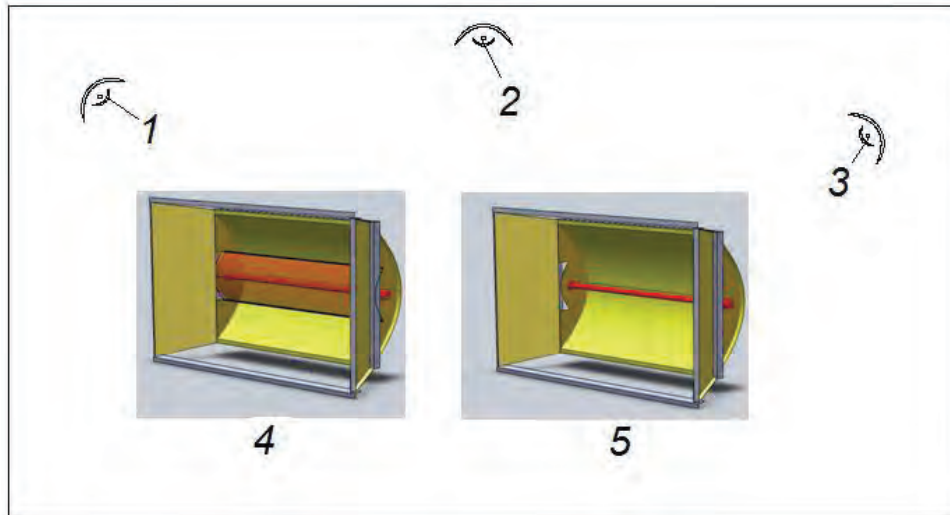


Рис. 1. Схема размещения ИК обогревателей в помещении

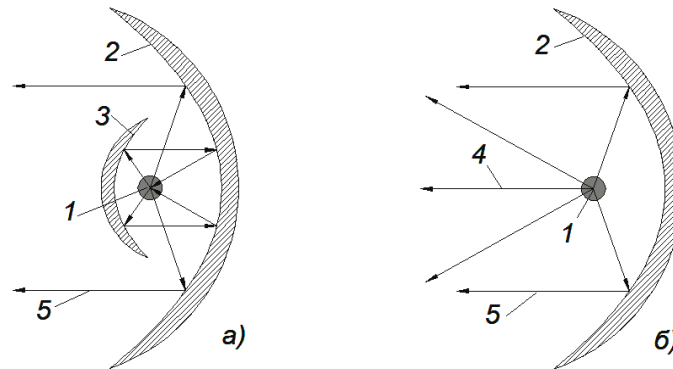


Рис. 2. Схема источника направленного излучения а) и рассеянного излучения б)

1 – источник излучения в фокусе параболического зеркального отражателя; 2 – параболический зеркальный отражатель; 3 – встречный параболический зеркальный отражатель; 4 – лучи прямого излучения; 5 – лучи отраженного излучения

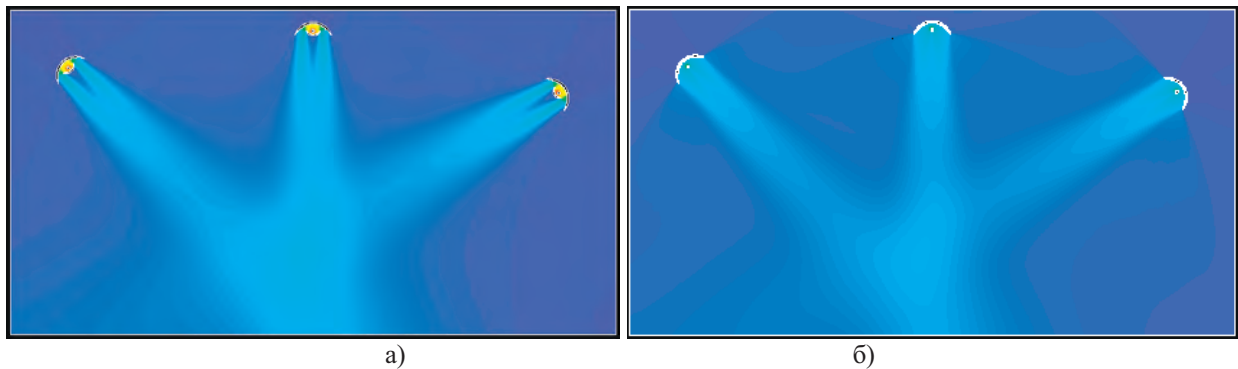


Рис. 3. Распределение потоков теплового излучения в расчетной области

Таблица 1 – Тепловые потоки излучения в ограждающие поверхности

Ограждающая поверхность	Размерность	Источник излучения	
		Направленный	Рассеянный
потолок	Вт	836,1	983,2
стена левая	Вт	633,3	756,8
стена правая	Вт	319,3	521,9
пол	Вт	3838,7	3367,9

Совместное решение задачи теплообмена в рамках модели Буссинеска для естественной излучением, теплопроводностью и конвекцией в конвекции воздуха позволяет получить

распределение полного теплового потока в ограждающие поверхности (таблица 2) и поле скоростей и линий токов воздуха в помещении (рис. 4).

Суммарный поток теплоты в пол в случае использования направленных источников теплового излучения на 12,4% больше чем при использовании источников рассеянного излучения. Линии тока естественно конвективных потоков воздуха в помещении для обоих видов источников излучения идентичны, но для направленных источников скорость движения воздуха в 2 раза выше, чем для источников рассеянного излучения (максимальные значения 0,04 м/с против 0,02 м/с).

Таким образом, использование источников направленного теплового излучения позволяет более экономно расходовать энергию излучения, необходимую для нагрева тел, размещаемых в помещении. При этом в помещении возникают конвективные потоки, интенсивность которых в разы превышает интенсивность таких потоков при использовании источников рассеянного теплового излучения.

Решение совместной задачи теплообмена и конвекции позволяет исследовать влияние на распределение тепловых потоков и конвективные потоки воздуха при размещении в расчетной

области тел различной формы и различных условиях теплообмена на внешних границах расчетной области. На рис. 5 приведены линии тока воздуха при размещении в расчетной области тела овальной формы и охлаждении правой стенки путем снижения температуры окружающей среды, контактирующей с ее внешней поверхностью, до 250 К.

В таблице 3 приведены величины тепловых потоков в ограждающие поверхности для случаев, представленных на рис. 5, показывающие, что размещение в расчетной области тел и изменение условий теплообмена на внешних границах расчетной области приводят к существенному перераспределению потоков теплоты в ограждающие поверхности.

Таким образом, численное моделирование процессов переноса теплоты и естественно конвективного движения воздуха в закрытом помещении позволяет оценить эффективность использования источников излучения различного вида и исследовать влияние на распределение тепловых и конвективных потоков размещения в помещении тел различной формы и изменения условий теплообмена на внешних границах ограждающих помещение поверхностей.

Таблица 2 – Полные тепловые потоки в ограждающие поверхности

Ограждающая поверхность	Размерность	Источник излучения	
		Направленный	Рассеянный
потолок	Вт	1710,5	1796,2
стена левая	Вт	949,9	1002,0
стена правая	Вт	826,5	920,3
пол	Вт	2766,5	2461,8

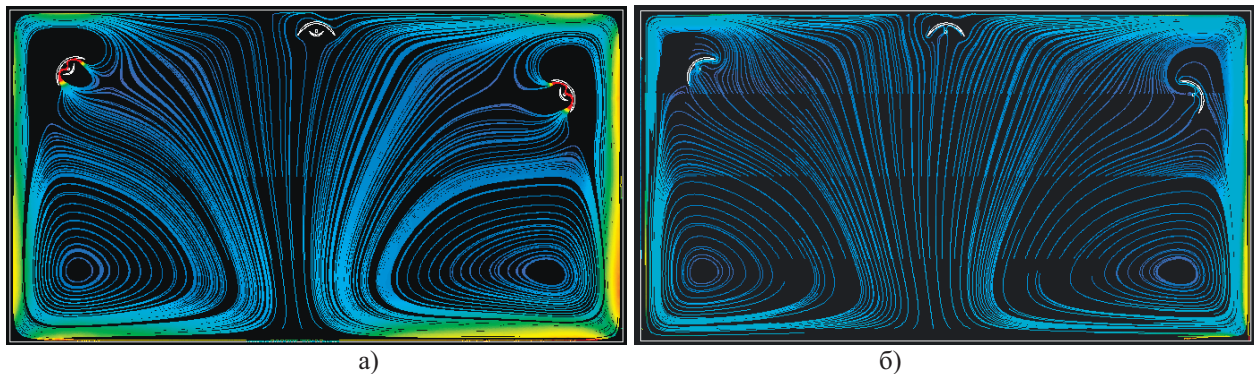


Рис. 4. Линии тока воздуха в расчетной области с направленными (а) и рассеянными (б) источниками теплового излучения

Таблица 3 – Полные тепловые потоки в ограждающие поверхности

Ограждающая поверхность	Размерность	Исходная геометрия помещения	Овальное тело внутри помещения	Овальное тело в помещении и охлажденная правая стена
потолок	Вт	1710,5	1921,1	1322,6
стена левая	Вт	949,9	1019,5	782,8
стена правая	Вт	826,5	982,6	2388,2
пол	Вт	2766,5	2297,4	1710,6

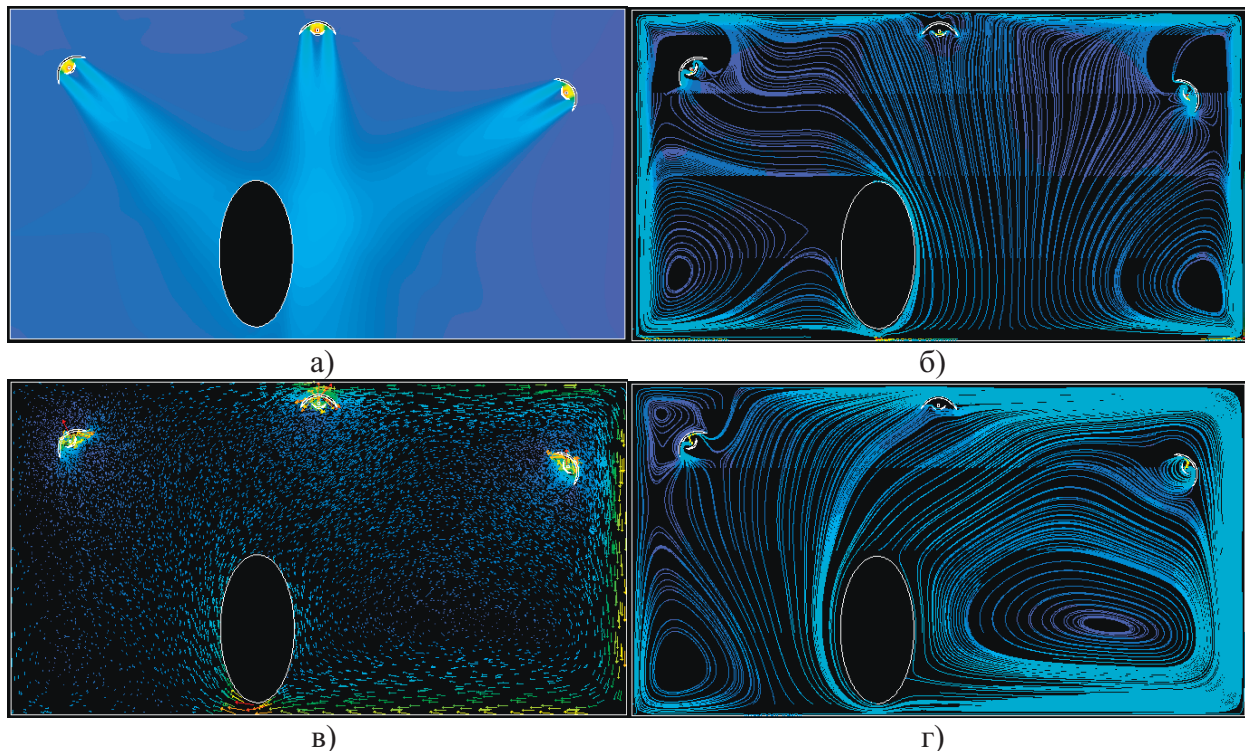


Рис. 5. Распределение потоков теплового излучения и конвективных потоков воздуха в расчетной области при наличии в ней тела овальной формы
 а – овальное тело в поле потоков теплового излучения; б – линии тока при размещении в расчетной области овального тела; в, г – векторное поле скоростей и линии тока при размещении в расчетной области овального тела и снижении температуры окружающей среды, контактирующей с внешней поверхностью правой стенки, до 250 К

2. Система концентрации солнечного теплового излучения для обеспечения холодом и теплотой коттеджа, фермерского хозяйства.

Цель моделирования – определение энергетических характеристик теплоносителя, обеспечивающего работу абсорбционной холодильной машины в летнее время и системы теплоснабжения помещения в зимнее время.

Для эффективной работы абсорбционной холодильной машины необходим горячий теплоноситель температурой около 350 К для бромистолитиевых и 430 К для водоаммиачных машин [3]. Коэффициент использования теплоты или холодильный коэффициент таких машин составляет 0,2...0,8 [4]. При суточном расходе энергии 0,006 кВт·ч/дм³ [5] для холодильной камеры объемом 10м³ необходимая тепловая мощность составляет 2,5 кВт.

В качестве источника горячего теплоносителя рассмотрена батарея параболических концентраторов солнечного теплового излучения, схема которой представлена на рис. 6, а. Зеркало одного концентратора имеет размеры 1000x1000 мм в плане, диаметр трубки концентратора – 68 мм. На рис. 6, б представлена конечно-элементная разбивка двумерной модели концентратора.

Для численного моделирования нами на основании данных, приведенных в [6], средняя

мощность теплового излучения Солнца, поступающая на поверхность Земли принята равной 800 Вт/м² летом и 200 Вт/м² зимой при пиковой мощности 1400 Вт/м² летом и 400 Вт/м² зимой. Результаты расчета полей потоков теплового излучения в концентраторе для условий лета при различных углах отклонения оси параболы от направления излучения Солнца приведены на рис. 7. Диаграмма соотношений температуры теплоносителя и снимаемой с одного концентратора тепловой мощности для этих же условий приведена на рис. 8.

Как следует из рис.8, отклонение оси параболы концентратора от направления потока солнечного излучения приводит к существенному ухудшению тепловых параметров теплоносителя. Для эффективной работы концентратора ось его параболы должна совпадать с направлением потока излучения Солнца, то есть положение батареи концентраторов должно изменяться в пространстве в течение дня.

На рис. 9 приведены соотношения снимаемой тепловой мощности с одного концентратора и температуры теплоносителя в нем для условий пиковых значений солнечного излучения летом и зимой. Для принятого выше диапазона температур теплоносителя 350 – 430 К летом один концентратор способен обеспечить холодильную машину тепловой мощностью 850 –

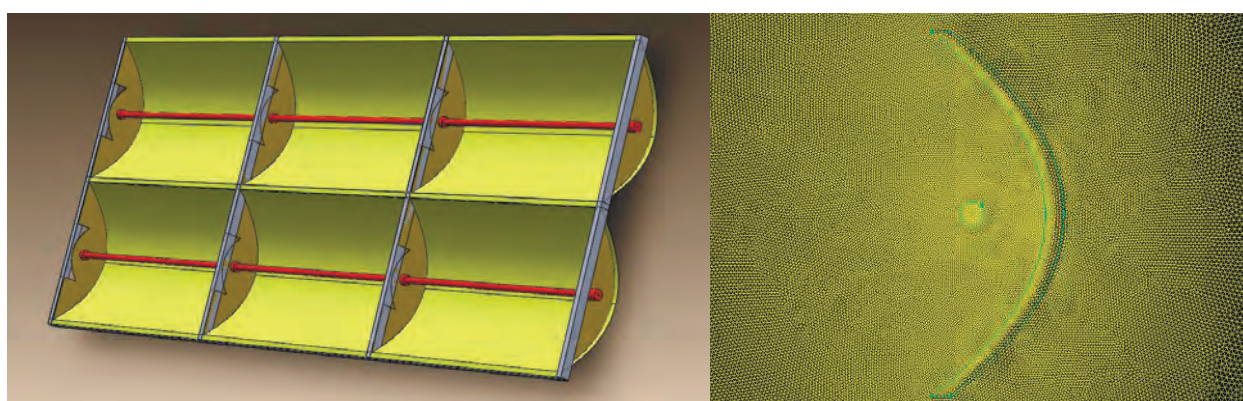
1100 Вт при пиковом значении солнечного излучения. Зимой тепловая мощность для температур теплоносителя 300 – 400 К составит 200 – 350 Вт.

Таким образом, пиковые значения тепловой мощности батареи из 6 концентраторов составят 6,6 кВт летом и 2,1 кВт зимой, что позволяет обеспечить работу абсорбционной холодильной машины рабочим объемом 10 м³, а также существенно снизить затраты на генерацию теплоты для отопления в зимний период.

Выводы

Применение численного моделирования для анализа теплового состояния концентраторов

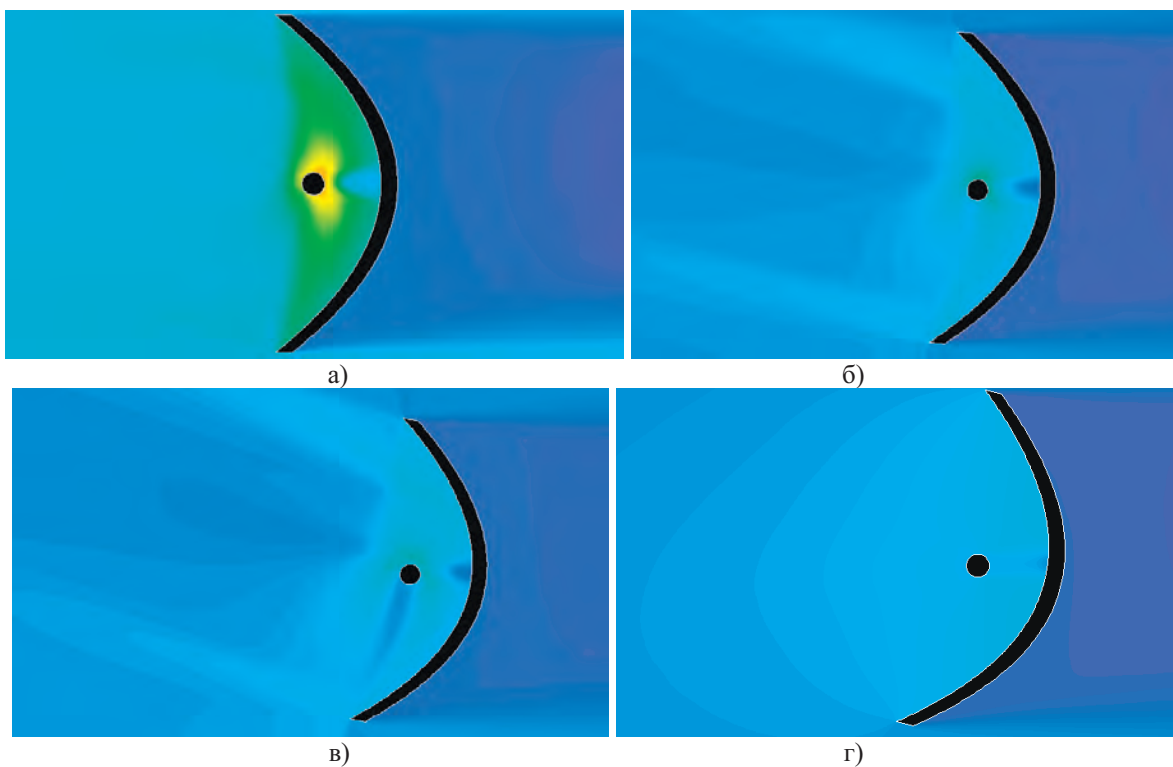
солнечного теплового излучения с использованием DO-модели CFD-программы Fluent позволяет корректно учесть как прямое, так и диффузное тепловое излучение, благодаря возможности задавать рассеивающие и диффузионные излучательные характеристики газовой среды, разделяющей источники и приемники теплового излучения. Возможность решать совместные задачи переноса теплоты излучением, конвекцией и теплопроводностью позволяет оценивать интегральные характеристики теплового состояния разрабатываемого объекта, в нашем случае – параболического концентратора солнечного излучения.



а)

б)

Рис. 6. Батарея параболических концентраторов солнечного теплового излучения (а) и конечно-элементное представление двумерной модели концентратора (б)



а)

б)

в)

г)

Рис. 7. Поле потоков теплового излучения в концентраторе при различных углах отклонения оси параболы от направления излучения Солнца: а - 0°; б - 5°; в - 10°; г - 15°

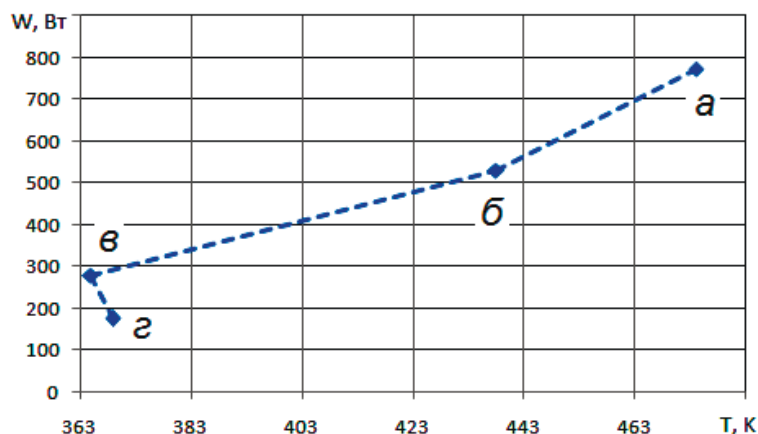


Рис. 8. Соотношение снимаемой тепловой мощности с одного концентратора и температуры теплоносителя для различных углов отклонения оси параболы от направления излучения Солнца
а – 0°; б – 5°; в – 10°; г – 15°

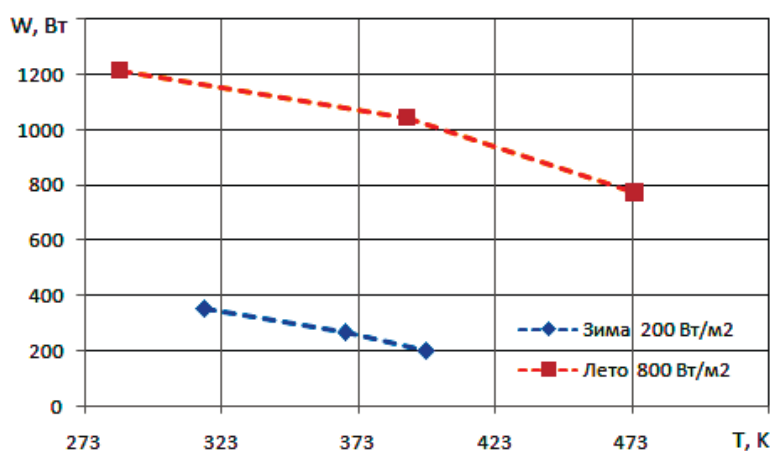


Рис. 9. Соотношение снимаемой тепловой мощности с одного концентратора и температуры теплоносителя для условий лета и зимы

Литература

1. FLUENT 6.2 User's Guide [Электронный ресурс] / FLUENT – Режим доступа: http://sydney.edu.au/engineering/aeromech/AMME5202/documents/manuals/fluent_help/html/ug/main_pre.htm.
2. The Discrete Ordinates (DO) Radiation Model. Radiative Heat Transfer. Modeling Heat Transfer : Fluent 6.0 manual // Help for Fluent 6.1 package. Fluent Inc. - 2001. –Vol.11.–Р. 14–15.
3. Кошкин Н.Н. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / Н.Н.Кошкин, А.К.Стукаленко и др. – Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. – 464 с.
4. Алабовский А.Н. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб. пособие / А.Н.Алабовский, И.А.Недужий – 3-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк., 1990. – 255 с.
5. Бабакин Б.С. Бытовые холодильники и морозильники (Справочник)/ Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин – М.: Колос, 1998. – 631 с.
6. Богословский В.Н. Энергия окружающей среды и строительное проектирование / В.Н.Богословский - М.: Стройиздат, 1983. - 125 с.

NUMERICAL MODELING OF THERMAL SYSTEMS WITH INFRARED RADIATION SOURCES

Summary: Using the numerical modeling we performed an analysis of thermal state of the space heating system with infrared emitters as well as solar thermal radiation concentration system to provide cold and warm for a cottage or a farm.

We had estimated the efficiency of use of various types of radiation sources and the impact on the thermal state of placing of bodies of different shapes in the premises together with changes in heat transfer conditions at the external borders of the room enclosing surfaces. The conditions of effective cold and warm providing for a cottage or farm using solar parabolic concentrators have been identified.

Keywords: thermal radiation, solar concentrator, numerical modeling.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПОДКАЧКИ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Илья Николенко, Елена Котовская

Академия Строительства и Архитектуры КФУ им.В.И.Вернадского,
г.Симферополь, ул. Киевская 181

e-mail: nikoshi@mail.ru

Аннотация. Показано, что одним из путей совершенствования инженерных систем жизнеобеспечения является энергосбережение и повышение энергетической эффективности. Ключевым вопросом оценки этих показателей является определение индекса энергетической эффективности. Рассмотрены современные тенденции оценки энергопотребления при функционировании насосного оборудования систем водоснабжения и водоотведения. Представлены методики определения индекса энергетической эффективности, а также индекса минимального КПД. Выполнен расчет этих параметров энергетической эффективности на примере действующей насосной станции системы водоснабжения, с учетом реальных условий эксплуатации.

Ключевые слова: Индекс энергетической эффективности, целевое значение, индекс минимального КПД, «домик» КПД, коэффициент быстроходности, частота вращения, типоразмер насоса.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач экономического и социального развития Российской Федерации является разработка и осуществление в каждой отрасли, в объединениях и на предприятиях комплексных программ технического перевооружения и реконструкции производства, его непрерывного обновления на основе современной техники и передовых технологий. При этом обращается внимание на необходимость более рационального и эффективного использования всех видов ресурсов [1]. Национальные законодательно закрепленные цели по повышению энергетической эффективности российской экономики, количественно отражаются в виде снижения к 2020 г. энергоемкости валового внутреннего продукта на 40% по сравнению с 2007 г. при развитии экономики по «инновационному» сценарию.

Определить приоритеты и очерёдность реализации указанных целей и задач поможет изучение и применение опыта передовых зарубежных стран. За последние десятилетия политика европейских стран является примером комплексного подхода к решению проблемы повышения эффективности использования энергии. Ключевую роль здесь сыграло принятие ряда документов, призванных создать систему стимулирования массового внедрения энергосберегающих технологий. Помимо традиционных направлений энергосбережения, получивших развитие после энергетического кризиса конца прошлого века, в новом тысячелетии выделилось новое направление – маркировка энерго-эффективности оборудования и изделий. Суть маркировки состоит в том, что на основе исследования энергопотребления и анализа

условий эксплуатации в группе однотипных изделий каждому из них рассчитывается и присваивается определенный индекс энерго-эффективности, который устанавливается в технической документации. В целях унификации шкала энергоэффективности для всех групп маркируемых изделий разбивается на несколько классов. Несмотря на то, что для расчета индекса энергоэффективности требуется большой объем дополнительной информации, показатель более точно отражает технический уровень оборудования и роль технологического фактора при его применении.

Основополагающим документом, определяющим политику ЕС в области энергосбережения, стала Директива 2002/91/ЕС, в которой нашли отражение ключевые вопросы повышения энергетической эффективности инженерных систем зданий [2]. С 2010 года вступила в силу новая Директива по маркировке энергетической эффективности 2010/30/ЕС, которая охватывает не только бытовую продукцию, но расширяет сферу регулирования на промышленные и торговые приборы и оборудование, а также на продукцию, которая сама не потребляет энергию, но может оказать значительное прямое или косвенное воздействие на её экономию. Реализация указанного комплекса мер неразрывно связана с вопросами повышения экономичности работы насосного оборудования, эксплуатируемого в различных инженерных системах.

Стоимость энергопотребления насосного оборудования в системах водоснабжения и водоотведения (СВВ) является одной из главных составляющих эксплуатационных затрат предприятий коммунального хозяйства. Снижение затрат на энергопотребление - первостепенная задача эксплуатационных предприятий, для которых энергосбережение – прямой доход. Для проектных организаций и производственных предприятий,

разрабатывающих новые конструктивные исполнения насосного оборудования уровень энергетической эффективности является весомым показателем технического уровня. Важным направлением деятельности научно-исследовательских учреждений в области энергетической эффективности, является анализ параметров насосного оборудования, которое используется в различных сферах применения, выявление существующих недостатков и поиск возможных решений для их устранения, а также рекомендации критериев выбора насосного оборудования.

К известным методам энергосбережения относится: разработка насосного оборудования, обладающего максимальным КПД с минимально возможным энергопотреблением; корректный подбор агрегатов с учетом реальных условий эксплуатации; грамотный монтаж, наладка и квалифицированная эксплуатация; оптимизация работы системы насос - сеть потребителя [3]. Для принятия тех или иных решений по энергосбережению необходимо проанализировать реальное энергопотребление действующих насосных агрегатов [4].

Для разработки стандартных подходов оценки энергетической эффективности насосных агрегатов в РФ были подготовлены ГОСТ EN16297-1-2015 «Общие требования и методика испытаний и расчета индекса энергетической эффективности (ИЭЭ)» [5] и ГОСТ EN16297-2-2015 «Расчет индекса энергетической эффективности (ИЭЭ) автономных циркуляционных насосов» [6].

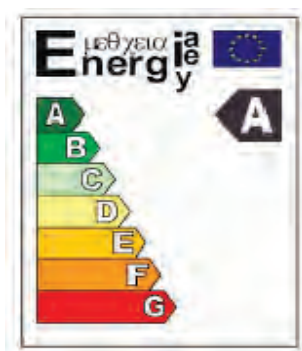


Рис. 1. Классификационная схема энергоэффективности

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель данной работы – возможность применения ГОСТ EN16297-1-2015 [5] и ГОСТ EN16297-2-2015 [6] к расчету ИЭЭ агрегатов насосных станций (НС) с учетом фактических условий эксплуатации, а также рассмотрение методики расчета минимального индекса КПД для действующих НС в условиях эксплуатации.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

С недавнего времени обсуждается вопрос применения так называемого «расширенного подхода» к оценке энергетической эффективности насосного оборудования [7, 8, 9]. Для этого планируется применять критерии эффективности для системы насос–двигатель–привод–сеть в целом. Российская ассоциация производителей насосов (РАПН) проводит политику, направленную на снижение энергопотребления насосов. План работы РАПН включает разработку нормативной базы в области насосного оборудования, учебно-методическую работу и другие мероприятия по созданию высокоэффективных насосов и совершенствованию насосных систем.

На рис. 1 представлена классификационная схема энергетической эффективности оборудования, свидетельствующая о том, что чем меньше значение индекса энергоэффективности, тем выше класс энергопотребления оборудования. Индекс энергоэффективности определяется как отношение средневзвешенной, потребляемой насосом мощности в различных режимах работы, к базовой мощности, рассчитываемой для режима с максимальным КПД. То есть индекс энергоэффективности определяется как отношение фактического энергопотребления от суммарной работы оборудования на различных режимах к энергопотреблению на максимальном (эталонном) режиме.

Класс	Индекс энергоэффективности (EEI)
A	$EEI < 0.4$
B	$0.4 \leq EEI < 0.6$
C	$0.6 \leq EEI < 0.8$
B	$0.8 \leq EEI < 1$
E	$1 \leq EEI < 1.2$
F	$1.2 \leq EEI < 1.4$
G	$1.4 \leq EEI$

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим рекомендуемый алгоритм определения ИЭЭ по методике представленной в стандартах [5, 6].

1. Выполняются гидравлические испытания.

1.1 Определяется номинальная гидравлическая мощность на выходе, $P_{hyd,r}$

Расчет номинальной гидравлической мощности на выходе, $P_{hyd,r}$, (рис. 2) выполняется с применением следующей процедуры:

- a) Если циркуляционный насос может работать на двух или более характеристиках напора и подачи, то измерение необходимо выполнять на максимальной из них;
- b) Следует использовать не менее 10 точек, распределенных вокруг прогнозируемой точки $Q_{100\%}$, $H_{100\%}$, подходящей для аппроксимации рассматриваемого участка характеристики $H=f(Q)$ методом наименьших квадратов;

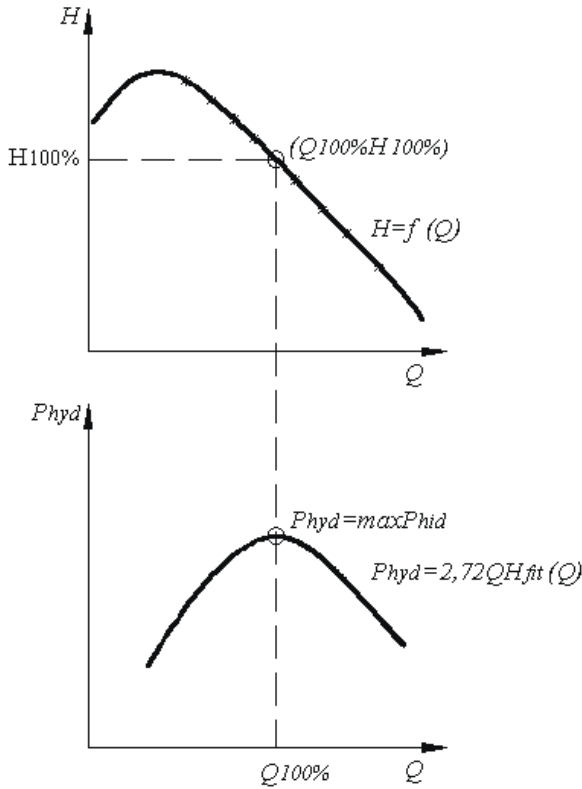


Рис. 2. Номинальная гидравлическая мощность на выходе

- c) Методом наименьших квадратов подбирается функция:
для насосов с «западающей» характеристикой:

$$H_{fit} = a \cdot Q^3 + b \cdot Q^2 + c \cdot Q + D; \quad (1)$$

- для насосов с «ниспадающей» характеристикой:

$$H_{fit} = a \cdot Q^2 + b \cdot Q + c; \quad (2)$$

- d) Выполняется расчет гидравлической мощности на выходе:

$$P_{hyd(Q)} = 2,72 \cdot Q \cdot H_{fit(Q)}; \quad (3)$$

- e) Определяется номинальная гидравлическая мощность на выходе ($P_{hyd,r}$) при макс. $\{P_{hyd}\}$;
- f) Определяется подача при номинальной гидравлической мощности, $Q_{100\%}$;
- g) Используя $H_{fit}(Q_{100\%})$, определяется $H_{100\%}$, как напор при $Q_{100\%}$.

- 1.2 Определяется эталонная мощность на входе, P_{ref} . Исходная мощность на входе, P_{ref} , рассчитывается по формуле:

$$P_{ref} = 1,7 \cdot P_{hyd,r} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot P_{hyd,r}}); \quad (4)$$

- 1.3 Устанавливается допуск по напору $H_{100\%}$ при максимальной гидравлической мощности. Допуск t при $H_{100\%}$ составляет - 20% от $H_{100\%}$ или - 0,5 м (в зависимости какая из них является наибольшей абсолютной величиной) (рис. 3).

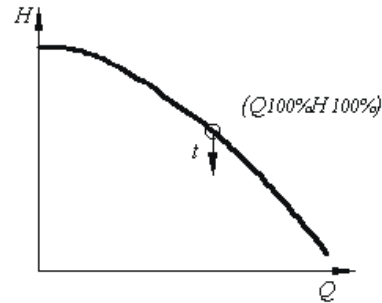


Рис. 3. Допуск по $H_{100\%}$.

- 1.4. Находится эталонная характеристика регулирования.

Прямая линия между $(Q_{100\%}, H_{100\%})$ и $(Q_{0\%}, H_{100\%}/2)$, где теоретические рабочие точки (Q, H_{ref}) определены согласно (рис. 4).

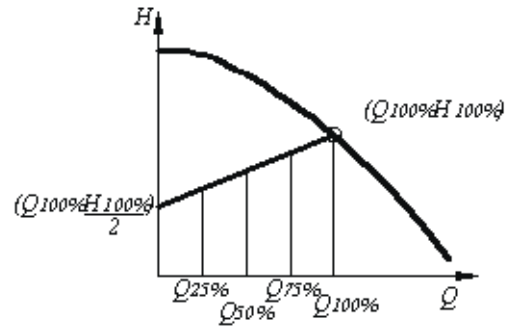


Рис. 4. Эталонная характеристика регулирования

- 1.5 Определяется профиль нагрузки для расчета усредненной компенсирующей мощности на входе, $P_{L,avg}$.

Профиль нагрузки для расчета усредненной компенсирующей мощности на входе, $P_{L,avg}$, указан в таблице 2.

Таблица 1

Результаты графического определения эталонной характеристики регулирования

Q в % от $Q_{100\%}$	H_{ref} в % от $H_{100\%}$
100	100
75	87,5
50	75
25	62,5

Таблица 2

Профиль нагрузки для расчета усредненной компенсирующей мощности на входе, $P_{L,avg}$.

Q в % от $Q_{100\%}$	Время в % от количества часов работы в год
100	L_1
75	L_2
50	L_3
25	L_4

1.6 Расчет компенсирующей мощности на входе, P_L .

В зависимости от измеренной мощности на входе, в рабочих точках недогрузки выполняется расчет компенсирующей мощности на входе, P_L , точке на каждом режиме недогрузки (рис. 5) следующим образом:

$$P_L = \frac{H_{ref}}{H_{meas}} \cdot P_{1,meas} \quad \text{если } H_{meas} \leq H_{ref}; \quad (5)$$

$$P_L = P_{1,meas} \quad \text{если } H_{meas} > H_{ref}; \quad (6)$$

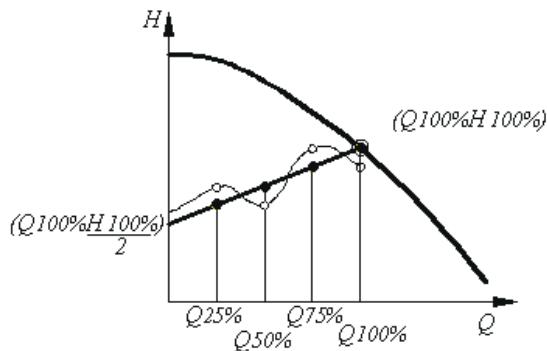


Рис. 5. Отклонения напора от эталонной характеристики регулирования

1.7 Расчет усредненной компенсирующей мощности на входе, $P_{L,avg}$.

Расчет усредненной компенсирующей мощности на входе, $P_{L,avg}$, производится по формуле:

$$P_{L,avg} = L_1 P_{L,100\%} + L_2 P_{L,75\%} + L_3 P_{L,50\%} + L_4 P_{L,25\%}; \quad (7)$$

Значения приведенных величин берутся из профиля нагрузки, определенного в табл. 2, и с эталонной характеристики регулирования, определенной в пункте 1.4.

1.9 Расчет индекса энергетической эффективности, εEEI .

Расчет индекса энергетической эффективности, εEEI , выполняется следующим образом:

$$\varepsilon EEI = \frac{P_{L,avg}}{P_{ref}} \cdot C_{XX\%};$$

(8)

где $C_{XX\%}$ – это поправочный коэффициент, который зависит от типа насоса и сферы применения. Подстрочный индекс $XX\%$ означает, что при определении конкретного значения поправочного коэффициента только $XX\%$ насосов определенного типа имели $IЭЭФ < 0,20$. Конкретное значение поправочного коэффициента $C_{XX\%}$ указано в соответствующих частях настоящего стандарта. Разрешается заменять параметр εEEI аббревиатурой $IЭЭ$ в листах технических данных, руководствах, буклетах, брошюрах и др.

Рассмотрим предлагаемую методику определения $IЭЭ$ адаптированную к действующей подкачивающей НС, служащей для водоснабжения группы из восьми 9-этажных жилых домов, расположенных по ул. Октябрьская в г. Алушта, Республики Крым, РФ. Вода в агрегаты НС поступает из РЧВ, находящихся на отметке 140,5 м, сама насосная станция расположена на отметке 109,3 м, наивысшая точка подъема воды 155,3 м. НС оборудована двумя насосами марки К 20/30 (один рабочий, один резервный). Показания давления на напорном трубопроводе измеряли при помощи манометра, полученный массив числовых данных, обработали стандартными статистическими методами и в результате получили дифференциальную кривую распределения значений напоров (рис. 6) [10, 11]. В ходе статистической обработки и выбраковки ложных значений пришли к выводу, что фактические условия эксплуатации данного насоса по напору находятся в диапазоне от 22,8 до 28 м, а значение соответствующее рабочей точки равно 25,2 м. Насосная станция не оборудована расходомером

поэтому, воспользовавшись паспортной характеристикой данного насоса по зависимости $H=f(Q)$ определим диапазон по подачам, который соответствует от 6,5 до 8,5 л/с (23,4 до 30,6 м³/ч), что входит в рекомендуемый заводом-изготовителем диапазон (рис. 7). В нормативных

документах [5,6] представлена схема темпов снижения показателей средней наработки на отказ при отдалении рабочей точки насоса от точки оптимального КПД.

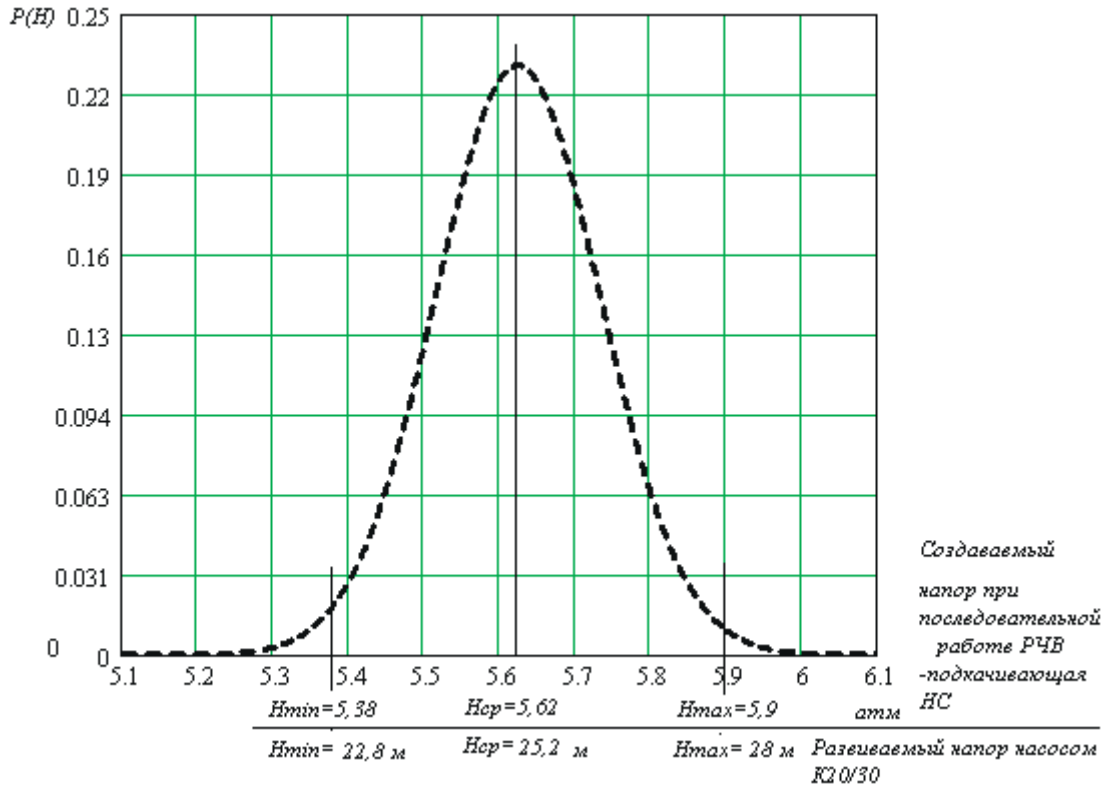


Рис. 6. Дифференциальная кривая распределения напора насоса К20/30 с частотой вращения рабочего колеса $n=2900$ об/мин, в реальных условиях эксплуатации.

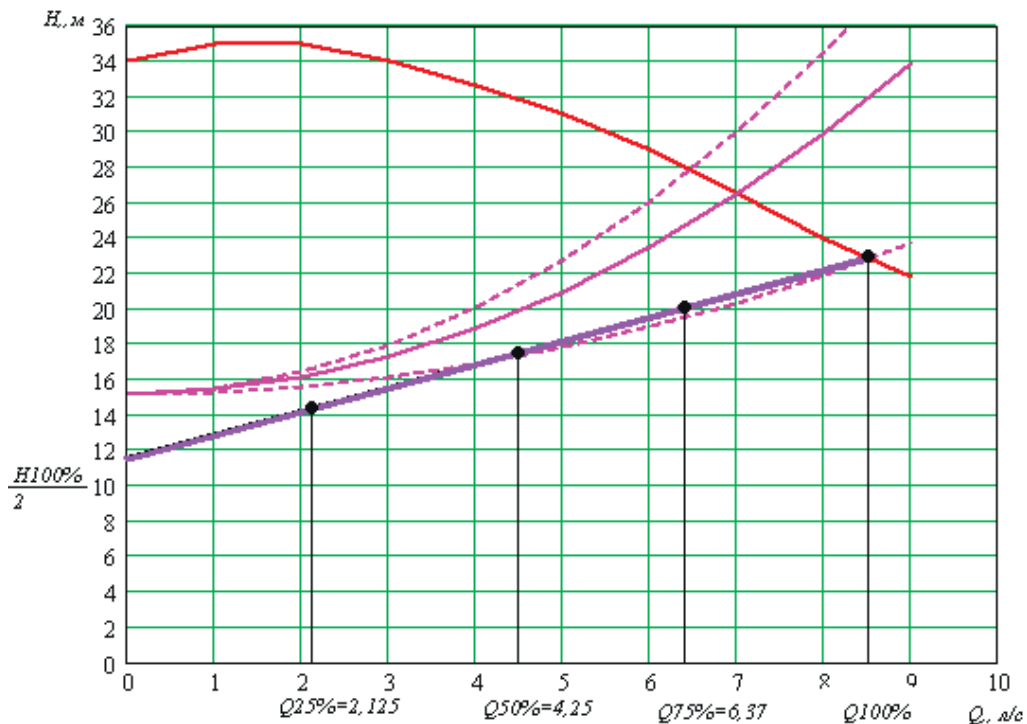


Рис. 7. График совместной работы насоса и водопроводной сети, с диапазоном регулирования.

Проанализировав данные (рис. 7) можно сделать вывод, что методика предложенная в [5, 6 в данном случае не применима так как значения $Q_{25\%}$, $Q_{50\%}$, $Q_{75\%}$ лежат за пределами фактического режима эксплуатации насоса. Для получения данных выберем значения из диапазона

параметров эксплуатации и эти значения составляют $Q_{76\%}$, $Q_{82\%}$, $Q_{88\%}$, $Q_{94\%}$. В соответствии этим значениям Q в % от $Q_{100\%}$ снимем с графика (рис. 8) значения H_{ref} в % от $H_{100\%}$, данные внесем в таблицу 3. Затем по графику (рис. 6) определим для $Q_{76\%}$, $Q_{82\%}$, $Q_{88\%}$, $Q_{94\%}$ соответствующие время работы.

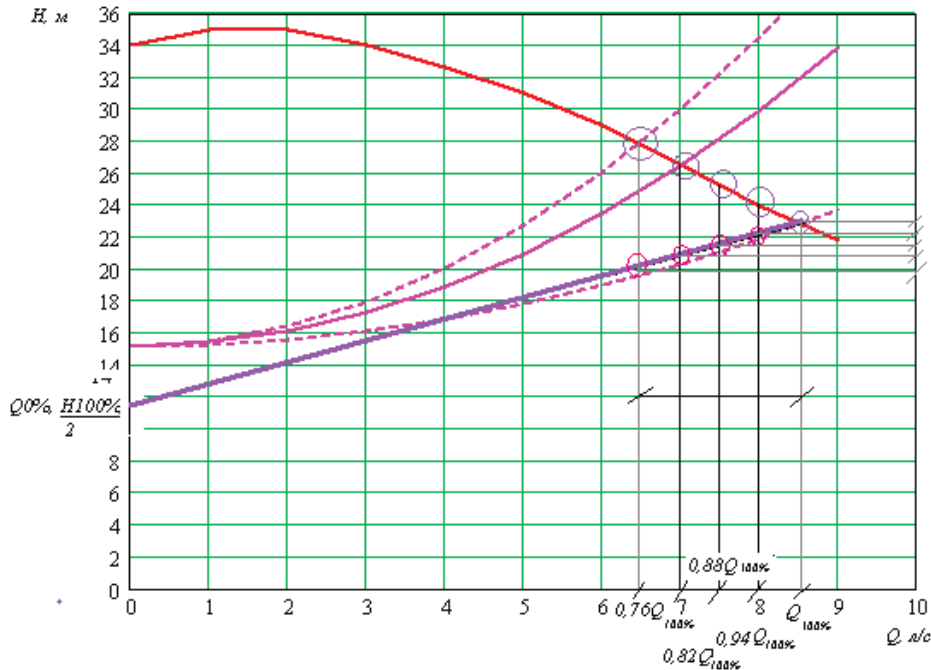


Рис. 8. График совместной работы насоса и водопроводной сети, с диапазоном регулирования для определения Q в % от $Q_{100\%}$ и H_{ref} в % от $H_{100\%}$.

Таблица 3

Результаты графического определения эталонной характеристики регулирования

Q в % от $Q_{100\%}$	H_{ref} в % от $H_{100\%}$
100	100
94	96,49
88	94,29
82	92,10
76	87,72

Таблица 4

Профиль нагрузки для расчета усредненной компенсирующей мощности на входе, $P_{L,avg}$.

Q в % от $Q_{100\%}$	Время в % от количества часов работы в год
100	5
94	20
88	50
82	20
76	5

$$P_{L,avg} = 0,05 \cdot 1,98 + 0,2 \cdot 1,88 + 0,5 \cdot 1,83 + 0,2 \cdot 1,81 + 0,05 \cdot 1,77 = 1,84;$$

$$P_{hyd(Q)} = 2,72 \cdot 30,6 \cdot 22,8 = 1,89 \text{ кВт}.$$

$$P_{ref} = 1,7 \cdot 1,897 + 17 \cdot (1 - e^{-0,31 \cdot 1,897}) = 10,46 \text{ кВт}.$$

$$\varepsilon EEI = \frac{1,84}{1,89} = 0,97.$$

Расчет индекса минимального КПД

Для развития концепции энергоэффективности центробежных насосов разработан, и в настоящее время проходит обсуждение европейский стандарт EN16480 «Минимальный требуемый КПД центробежных насосов для воды» [8, 9]. Данный стандарт будет определять эффективность насосов с

подачей до 1000 м³/ч шести конструктивных схем консольных, консольно-моноблочных, консольных моноблочных с расположением патрубков «в линию», вертикальных многоступенчатых и погружных многоступенчатых насосов (рис. 10), для которых вводится показатель энергоэффективности *MEI* (minimum efficiency index) - индекс минимального КПД.

MEI представляет собой десятичное число менее 1,0 и отражает количественное отношение представленной на рынке продукции разного технического уровня.

Стандарт EN16480 фактически определяет порядок оценки технического уровня насоса по трем точкам характеристики КПД – Q_{PL} (частичной нагрузки, при $Q=0,75Q_{BEP}$), Q_{BEP} (в точке максимального КПД) и Q_{OL} (перегруза, при $Q=1,1Q_{BEP}$) и задает значения КПД в этих точках («домик» КПД), ниже которых фактические величины КПД насоса опускаться не могут (рис. 9). По следующим выражениям:

$$(\eta_{BEP})_{\min,requ} = -11,48 \cdot x^2 - 0,85 \cdot y^2 - 0,38 \cdot x \cdot y + 88,59 \cdot x + 13,46 \cdot y - C; \quad (9)$$

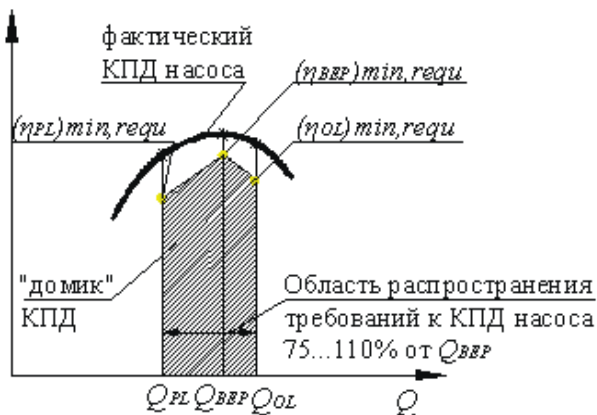


Рис. 9. «Домик» КПД.

$$Q_{PL} = 0,75 \cdot Q_{BEP}; \quad Q_{OL} = 1,1 \cdot Q_{BEP}; \quad (10)$$

$$(\eta_{PL})_{\min,requ} = 0,947 \cdot (\eta_{BEP})_{\min,requ}; \quad (11)$$

$$(\eta_{OL})_{\min,requ} = 0,987 \cdot (\eta_{BEP})_{\min,requ}; \quad (12)$$

$$x = \ln(n_s); \quad y = \ln(Q_{BEP}); \quad (13)$$

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q_{BEP}}}{H^{0,75}}. \quad (14)$$

По результатам работ специалистов Технического университета г. Дармштадт (Германия) на основе статистической обработки характеристик насосов европейских производителей в табличном виде определен ряд значений *MEI*, которым соответствуют определенные величины точек «домика» КПД. Эти величины вычисляются с учетом конструктивной схемы и частоты вращения ротора насоса. Законодательно закреплены значения *MEI*, которым должны соответствовать насосы в 2015 г., и указан целевой ориентир на перспективу *MEI* = 0,7 (табл. 5, рис. 10).



Рис. 10. Конструктивные схемы насосов.

Таблица 5
Минимальный индекс КПД и коэффициент *C*, изменяющийся в зависимости от типа насоса и частоты вращения рабочего колеса

Тип насоса	Частота вращения, мин ⁻¹	Индекс минимального КПД - <i>MEI</i>						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Консольные (К; Calpeda N, N4)	1450	132,5	130,68	129,35	128,07	126,97	126,1	124,85
	2900	135,6	133,43	131,61	130,27	129,18	128,12	127,06
консольно-моноблочные (KM; Calpeda NM, ND)	1450	132,74	131,2	129,77	128,46	127,38	126,57	125,46
	2900	135,993	133,82	132,23	130,77	129,86	128,8	127,75
консольно моноблочные с расположением патрубков «в линию» (Calpeda NR)	1450	136,67	134,6	133,44	132,3	131	130,32	128,98
	2900	139,45	136,53	134,91	133,69	132,65	131,34	129,83
вертикальные многоступенчатые (Calpeda MXSU)	2900	138,19	135,41	134,89	133,95	133,43	131,87	130,37
погружные многоступенчатые (ЭЦВ; Ciris; Calpeda SDS, SD, SDN, SDX)	2900	134,31	132,43	130,94	128,79	127,27	125,22	123,84

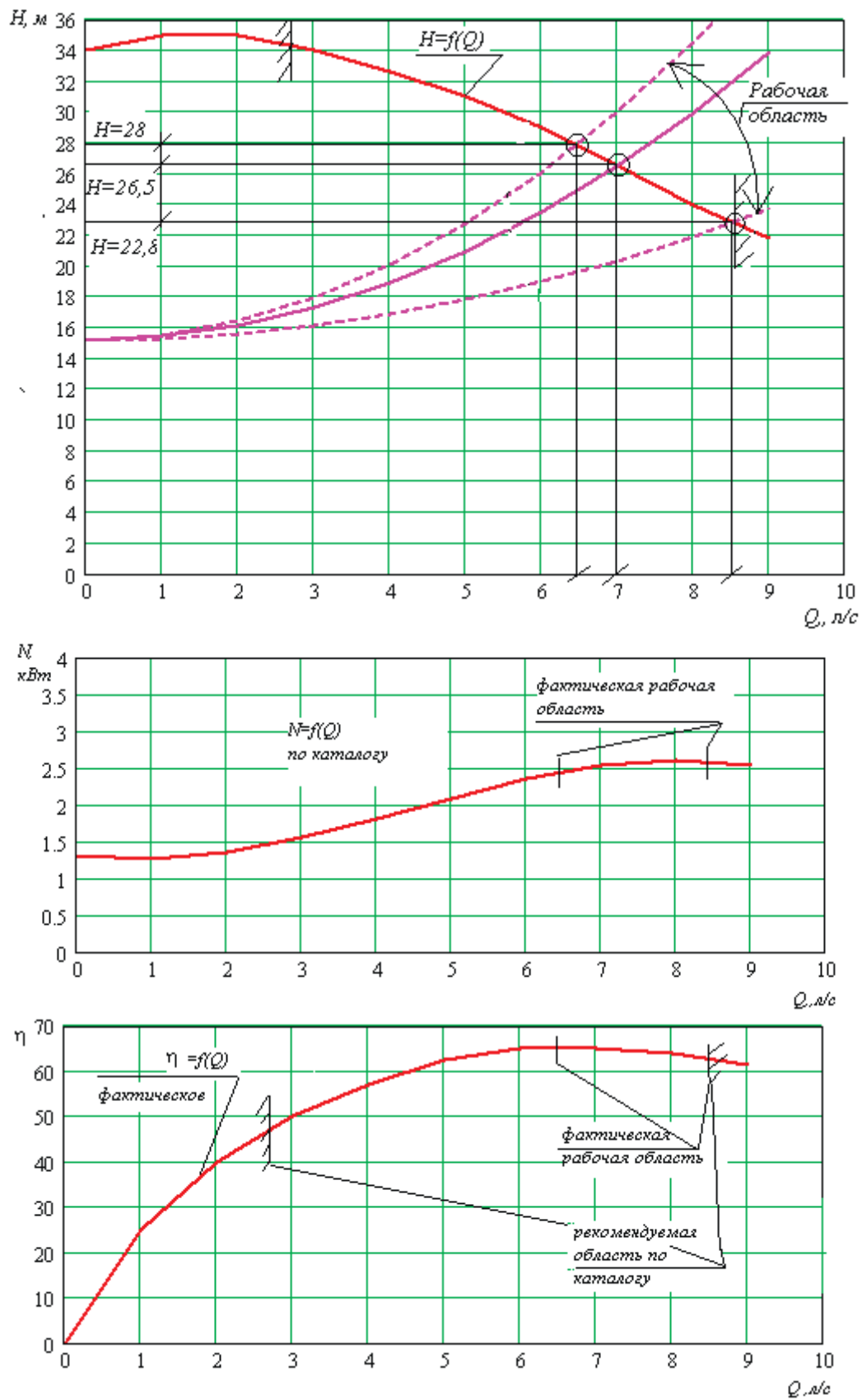


Рис. 11. Характеристика насоса К20/30 с частотой вращения рабочего колеса $n=2900$ об/мин.

По значению максимального КПД, которому соответствует значение подачи $7 л/с=25,2 м^3/ч$

определим $(\eta_{ВЕР})_{\min,requ}$, а также сопутствующие параметры.

Коэффициент быстроходности насоса
 $n_s = 3,65 \cdot \frac{2900 \cdot \sqrt{0,007}}{26^{0,75}} = 79,91$; параметры:
 $x = \ln(79,91) = 4,34$; $y = \ln(25,2) = 3,22$;
 частичная нагрузка $Q_{PL} = 0,75 \cdot 7 = 5,25 \text{ л/с}$;
 перегрузка $Q_{OL} = 1,1 \cdot 7 = 7,7 \text{ л/с}$.
 При $MEI=0,1$; $C=135,6$; $(\eta_{BEP})_{\min,requ} = 61,87$;
 $(\eta_{PL})_{\min,requ} = 58,6$; $(\eta_{OL})_{\min,requ} = 61,1$.
 При $MEI=0,4$; $C=130,27$; $(\eta_{BEP})_{\min,requ} = 67,206$;
 $(\eta_{PL})_{\min,requ} = 63,64$; $(\eta_{OL})_{\min,requ} = 66,33$.

При $MEI=0,7$; $C=127,06$; $(\eta_{BEP})_{\min,requ} = 70,416$;
 $(\eta_{PL})_{\min,requ} = 67,303$; $(\eta_{OL})_{\min,requ} = 69,501$.
 После расчета данных характеристик их нанесли на рис. 11 и получили так называемый «домик» КПД. Также на рис. 11 была нанесена кривая $КПД=f(Q)$ по паспорту насоса. Затем по потребляемой мощности равной 4 кВт, с учетом запаса для электродвигателя 1,25 и полезной мощности насоса были определены фактические КПД для диапазона работы насоса в реальных условиях эксплуатации.

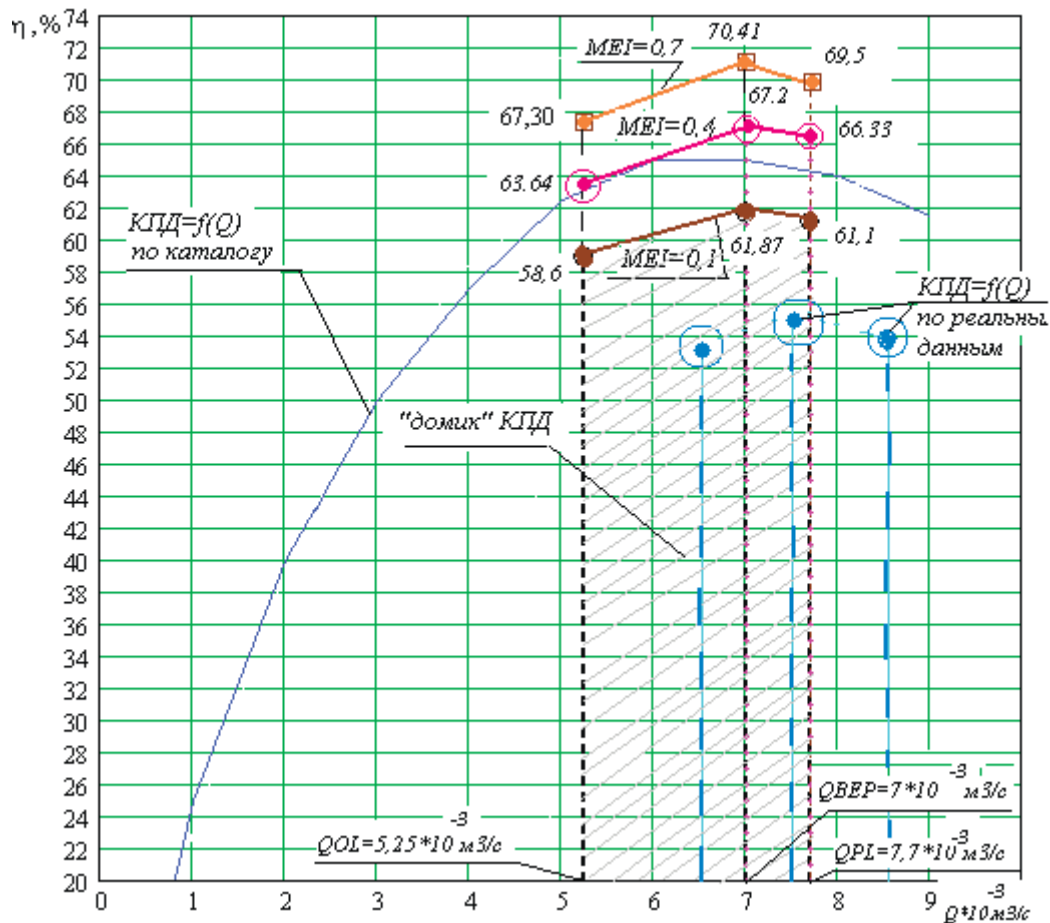


Рис. 12. Определение минимального индекса КПД.

Проанализировав данные на рис. 12 можно сделать вывод о том, что фактическое КПД данного насоса находится ниже минимального индекса КПД соответствующего целевому значению $MEI=0,1$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Из рассмотренного примера расчета ИЭЭ и представленных аналитических графиков методика, предложенная в [3, 4] применима к действующим подкачивающим НС и позволяет определить индекс энергетической эффективности для насосного оборудования, работающего в связке

с гидравлической сетью, с учетом геодезических особенностей и в реальных условиях эксплуатации.

Индекс минимального КПД позволяет выявить не только фактическое значение, но и определить необходимый порядок действий для достижения целевых ориентиров.

ВЫВОДЫ

1. Одним из главных направлений совершенствования СВВ является решение проблем энергосбережения, что является приоритетным направлением исследований в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2. Индекс энергетической эффективности - значимый параметр любого энергетического оборудования, который характеризует отношение затрачиваемой мощности на различных режимах эксплуатации к эталонной мощности.

3. Достижение параметров работы насосного оборудования до таких значений, которые были бы выше на 2015 год значений $MEI=0,4$ а на 2020 год на уровне $MEI=0,7$ – одна из приоритетных задач современных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (с ред. от 13.07.2015) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

2. Филотич И.С. Нормирование энергопотребления насосного оборудования и электропривода как важный элемент энергосберегающей политики. Электронный ресурс: режим доступа: http://www.web-energo.by/page.php?form_id=495 (дата обращения 02.08.2016 г.)

3. Николенко И. В. Обоснование оптимальных параметров насосных агрегатов с учетом условий эксплуатации / И. В. Николенко, А. В. Пастушенко, Е. Е. Котовская // Науковий вісник будівництва. Зб наук. праць. — Харків, 2010. — Вип. 60. — С. 212—222.

4. Николенко И. В. Анализ влияния условий эксплуатации насосной станции на параметры насосных агрегатов / И. В. Николенко, А. В. Пастушенко, Е. Е. Котовская // MOTROL. — Lublin, 2010. — Vol. 12D. — P. 36—47.

4. Представленная методика оценки энергетической эффективности работы агрегатов НС подкачки с учетом условий эксплуатации позволяет установить правильность выбора типоразмеров насосов, их приводных двигателей, а также определить реальные резервы энергосбережения.

5. ГОСТ EN16297-1-2015. Энергетическая эффективность. Насосы циркуляционные герметичные. Общие требования и методики испытаний и расчета индекса энергетической эффективности (ИЭЭ).

6. ГОСТ EN16297-2-2015. Энергетическая эффективность. Насосы циркуляционные герметичные. Расчет индекса энергетической эффективности (ИЭЭ) автономных циркуляционных насосов.

7. ISO/ASME 14414:2015 (E) Pumping system energy assessment, MOD.

8. ISO/ASME 14414:2015, MOD. Оценка энергоэффективности насосных систем. Проект межгосударственного стандарта.

9. Draft EUROPEAN STANDARD prEN 16480 Pumps- Minimum required efficiency of rotodynamic water pumps, p. 68.

10. Бурмкулов Ф.Х. Мировская Е.А., 1981. Основы теории вероятностей и математической статистики. – М.: Издательство стандартов – 164 с.

11. Гмурман В.Е., 1979. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, – 400 с.

EVALUATION OF THE ENERGY EFFICIENCY OF PUMPING STATIONS SUBJECT TO THE CONDITIONS

Summary. It is shown that one of the ways of improvement of engineering systems is energy conservation and energy efficiency. A key issue in the evaluation of these indicators is the determination of energy performance index. The paper discusses current trends in the evaluation of energy consumption for operation of pumping equipment, water systems and sanitation. The presented methodology for determining the energy performance index and index of minimal efficiency. The calculation of these parameters the energy efficiency on the example of the existing pumping station of the water supply system, taking into account the real operating conditions.

Key words: energy performance index, target value, minimum efficiency index, "house" efficiency, coefficient of specific speed, rotation speed, size of the pump.