

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕТОДОМ ПОДВИЖНОГО СИМПЛЕКСА

Т. П. Малютина ^а, к.т.н., доцент.; И. П. Давыденко ^б, к.т.н

^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

^б ЧАО «Авдеевский завод металлических конструкций»

Аннотация. Рассмотрен точечный алгоритм задания цилиндрической поверхности с направляющей осью в виде эвольвенты окружности и образующей в виде круговой синусоиды с помощью метода подвижного симплекса (МПС), разработанного и развиваемого авторами работы. Данный метод является одним из основных методов БН-исчисления (точечного исчисления Балюбы-Найдыша) по конструированию и моделированию поверхностей любой сложности, процессов и явлений в n-мерном пространстве. Точечные уравнения рассматриваемых кривых разработаны для n-мерного пространства с учетом графических алгоритмов построения таких кривых на плоскости общего положения. Полученная цилиндрическая поверхность может быть применена при моделировании сложных поверхностей гидротехнических сооружений, что существенно расширяет сферу применения метода подвижного симплекса в практику инженерных расчетов для получения эффективных решений в гидротехническом строительстве.

Ключевые слова: точечный алгоритм, эвольвента окружности, круговая синусоида, цилиндрическая поверхность, метод подвижного симплекса, БН-исчисление, гидротехнические сооружения.



Малютина Татьяна Петровна



Давыденко Иван Петрович

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При моделировании поверхностей таких гидротехнических сооружений как каналы, водопроводы сложной формы, горки в аквапарках, состоящих из плавных криволинейных участков, инженеры сталкиваются с тем, что жидкость при прохождении по сооружению набирает высокую скорость. Наличие подобных больших скоростей является крайне нежелательным и опасным явлением, что может привести к потере устойчивости гидросооружения, с последующим его разрушением. В связи с этим возникает необходимость в моделировании гидротехнических сооружений с плавными очертаниями поверхностей. Разработка алгоритма построения синусоидального цилиндра с эвольвентной осью на основе метода подвижного симплекса для моделирования контура гидротехнических сооружений является актуальной задачей.

В качестве направляющей таких криволинейных поверхностей можно принимать эвольвенту окружности, а образующей – круговую синусоиду. В данной работе поставлена задача по разработке точечного алгоритма задания криволинейной поверхности технической формы, на основе метода подвижного симплекса, с образующей в виде синусоиды и направляющей в виде эвольвенты. Для этого использованы полученные ранее точечные уравнения круговой синусоиды и эвольвенты окружности методами БН-исчисления (точечного исчисления Балюбы-Найдыша) на основании графических алгоритмов их построения [6, 7].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Аналитическому описанию различных кривых линий, в точечном исчислении, посвящены работы д.т.н., профессора Балюбы И. Г. [1] и его последователей [2-4], в которых получено множество точечных уравнений кривых линий в БН-исчислении, алгебраические уравнения которых известны из аналитической математики [5]. Но есть кривые линии, которые не имеют единых алгебраических уравнений, и получают только графическим путем. К таким кривым линиям относится эвольвента окружности, которая в аналитической математике не имеет алгебраического уравнения, а в БН-исчислении уже аналитически определена через графический алгоритм ее построения [7]. На основании полученного алгоритма задания эвольвенты было выполнено построение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса [8]. Подобные поверхности позволяют описывать различные сооружения для анализа их напряженно-деформированного состояния [9].

ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ

Привести точечные уравнения круговой синусоиды и эвольвенты окружности, на основании графических алгоритмов построения кривых, методами БН-исчисления и рассмотреть примеры применения алгоритма построения синусоидального цилиндра с эвольвентной осью с помощью МПС [4] при моделировании поверхностей гидротехнических сооружений.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Пусть заданы три точки А, В, С, образующие произвольно заданный симплекс двумерного пространства САВ [1]. Представим в плоскости САВ эвольвенту М окружности Т радиуса $|CT| = \rho$, с центром в точке С (рис. 1).

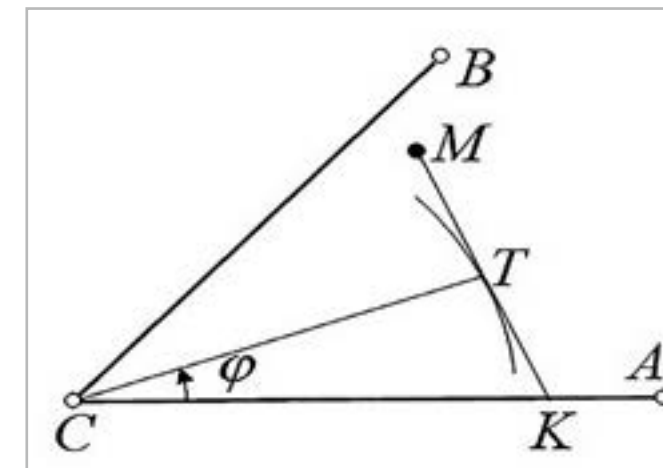


Рис. 1. Эвольвента окружности в симплексе двумерного пространства

По определению эвольвенты окружности, согласно графическому алгоритму построения кривой, имеем:

$$TM = \varphi\rho, \angle CTM = \frac{\pi}{2}. \tag{1}$$

Точечные уравнения двух точек, определяющих касательную к окружности, имеют вид:

$$K = (A-C)\frac{\rho}{b\cos\varphi} + C, T = (A-C)\frac{\rho\sin(\gamma-\varphi)}{b\sin\gamma} + (B-C)\frac{\rho\sin\varphi}{a\sin\gamma} + C, \tag{2}$$

$$KT = \rho tg\varphi, KM = KT + TM = \rho(\varphi + tg\varphi).$$

Тогда точечное уравнение эвольвенты М окружности Т имеет вид [6]:

$$M = (T-K)(\varphi ctg\varphi + 1) + K = \frac{(A-C)\rho}{b\sin\gamma\sin\varphi} [(\varphi\cos\varphi + \sin\varphi)\sin(\gamma-\varphi) - \varphi\sin\gamma] + \frac{(B-C)\rho}{a\sin\gamma} (\varphi\cos\varphi + \sin\varphi) + C, \tag{3}$$

где $\gamma = \angle BSA, 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \rho$ – радиус окружности.

Ниже приведен пример построения эвольвенты окружности, в плоскости общего положения, с помощью программного пакета Maple (рис. 2, 3).

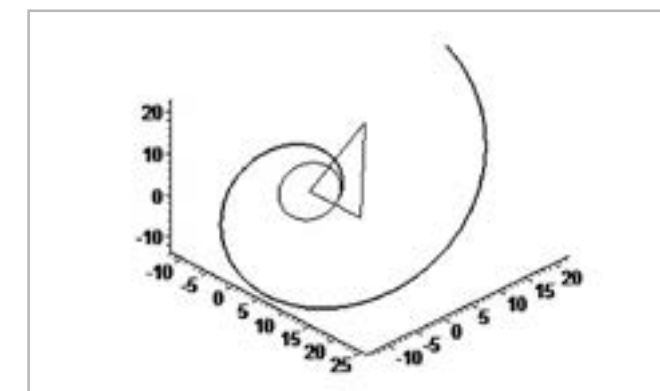


Рис. 2. Эвольвента окружности в симплексе трех точек

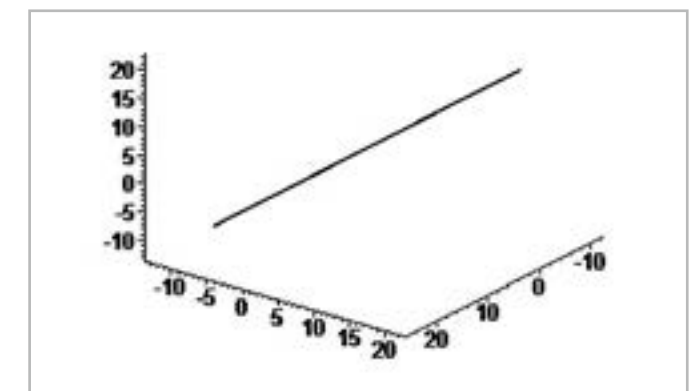


Рис. 3. Эвольвента окружности в плоскости общего положения

Рассмотрим точечное уравнение круговой синусоиды, осью которой является окружность [6]. Используя полярную параметризацию плоскости, зададим точечное уравнение окружности в симплексе точек ABC при $|CA|=b$ – радиус осевой окружности; $|AP|=\rho$ – радиус образующей окружности; $0 \leq \varphi \leq 2\pi - |AP|=|PT|$ параметр; (рис. 4).

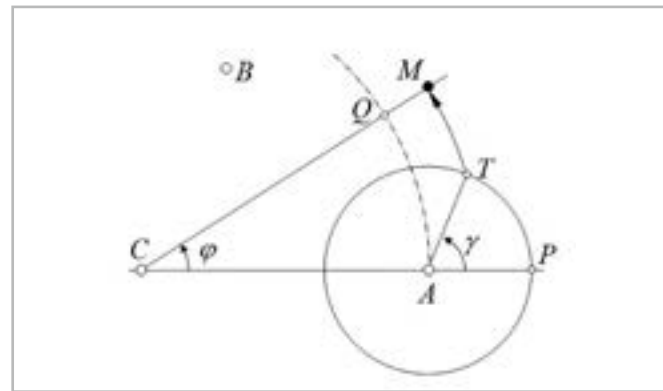
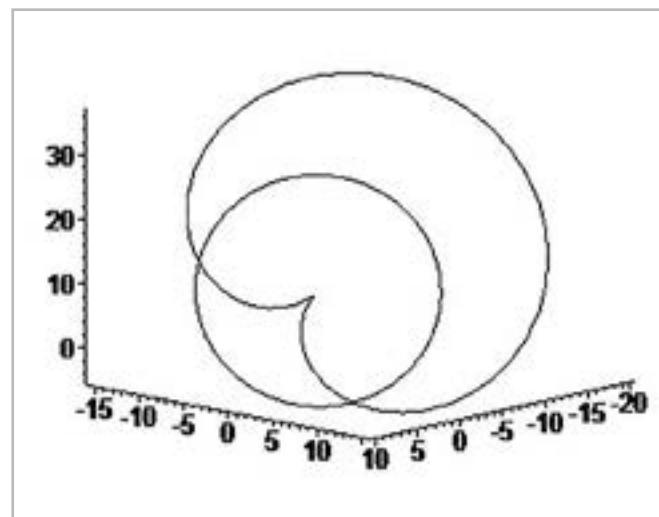


Рис. 4. Задание круговой синусоиды с осью в виде окружности

Алгоритм построения круговой синусоиды имеет вид:

1. A, B, C, k .
2. $a = |BC| = \sqrt{\sum_{BB}^C} = \sqrt{\sum (B-C)^2} = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 + (z_B - z_C)^2}$.
3. $b = |AC| = \sqrt{\sum_{AA}^C} = \sqrt{\sum (A-C)^2} = \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2}$.
4. $\sum_{AB}^C = \sum (A-C)(B-C) = (x_A - x_C)(x_B - x_C) + (y_A - y_C)(y_B - y_C) + (z_A - z_C)(z_B - z_C)$.
5. $\cos \gamma = \frac{\sum_{AB}^C}{\sqrt{\sum_{AA}^C} \sqrt{\sum_{BB}^C}}$.
6. $2k\rho = 2\pi b \rightarrow \rho = \frac{b}{k}$.
7. $M = (A-C) \frac{\sin(\gamma - \varphi) \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos k\varphi}}{k \sin \gamma} + (B-C) \frac{b \sin \varphi \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos k\varphi}}{ak \sin \gamma} + C$,
 $0 \leq \varphi \leq 2\pi$.

При $k=1$:



При $k=5$:

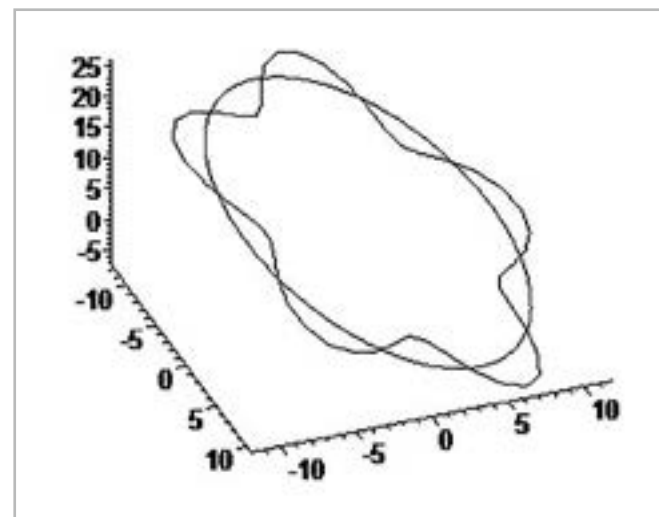


Рис. 5. Примеры компьютерной визуализации синусоиды в Maple

Рассмотрим аналитическое описание синусоидального цилиндра с эвольвентной осью, на основе МПС [4]. Пусть плоский подсимплекс PQR движется в симплексе $CABD$ по эвольвентам P, Q, R . Определим синусоидальный цилиндр с эвольвентной осью R (рис. 6).

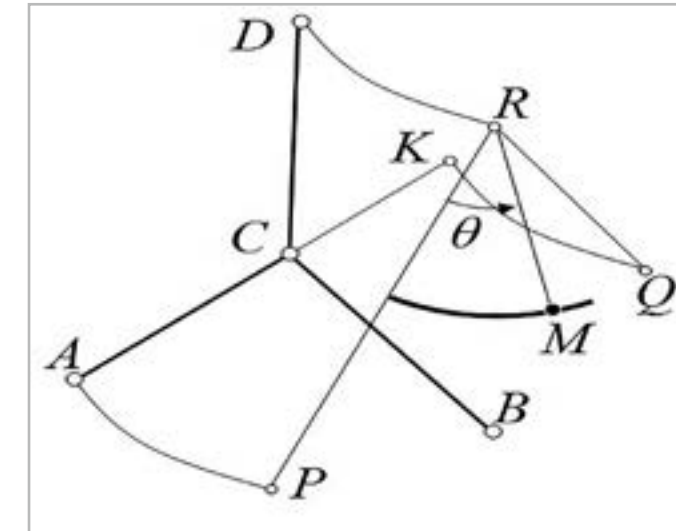


Рис. 6. Схема построения синусоидального цилиндра с эвольвентной осью

Зададим точечное уравнение эвольвенты P в подсимплексе BCA :

$$P = \frac{(A-C)\rho}{b \sin \gamma \sin \varphi} [(\varphi \cos \varphi + \sin \varphi) \sin(\gamma - \varphi) - \varphi \sin \gamma] + \frac{(B-C)\rho}{a \sin \gamma} (\varphi \cos \varphi + \sin \varphi) + C, \quad (4)$$

где $\gamma = \angle BCA$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, $b = |AC|$, $a = |BC|$, ρ – радиус окружности.

Учитывая, что $K = 2C - A$ из параллелограммов $QKAP$ и $RDAP$ находим:

$$Q = P - 2(A - C), \quad R = P + D - A \quad (5)$$

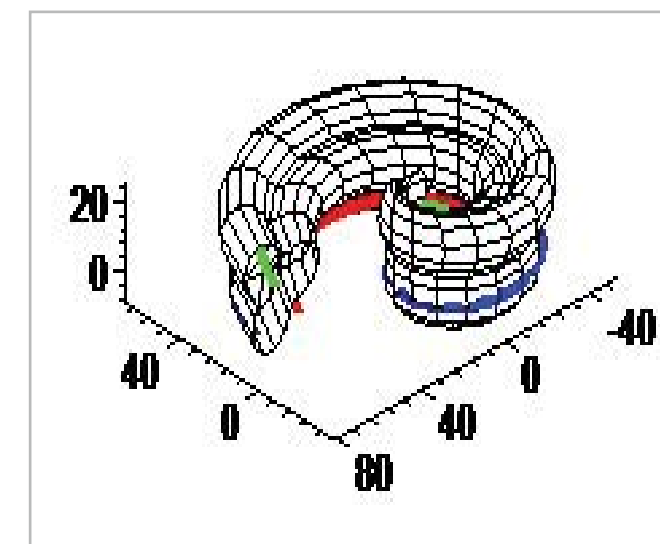
Тогда точечное уравнение синусоидального цилиндра с эвольвентной осью R , на основе точечного уравнения окружности, имеет вид:

$$M = (P - R) \frac{\sin(\gamma - \theta) \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos k\theta}}{k \sin \gamma} + (Q - R) \frac{b \sin \theta \sqrt{1 + k^2 + 2k \cos k\theta}}{ak \sin \gamma} + R, \quad (5)$$

где $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

Приведем пример построения синусоидального цилиндра с эвольвентной осью R при задании значений текущего параметра (рис. 7).

При $k=3$



При $k=5$

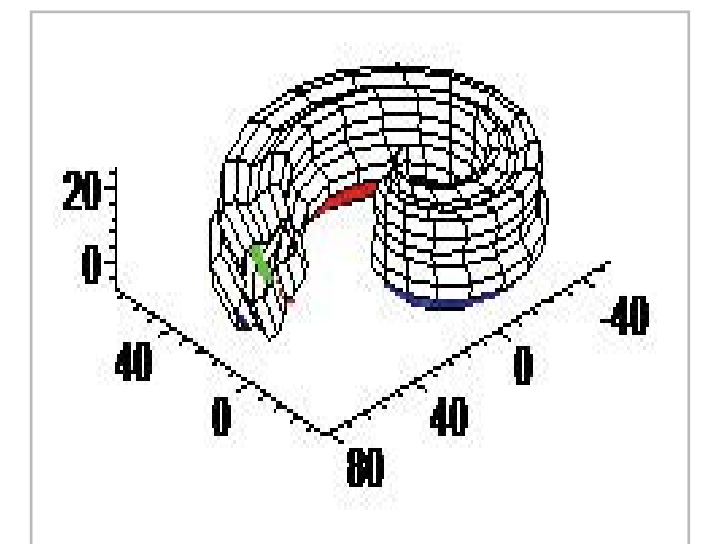


Рис. 7. Синусоидальный цилиндр с эвольвентной осью в Maple

Область применения подобных поверхностей представлена на рис. 8.



Рис. 8. Применение водопропускных каналов в дорожном строительстве

ВЫВОДЫ

В статье представлен точечный алгоритм построения синусоидального цилиндра с эвольвентной осью на основе метода подвижного симплекса. Для получения такого алгоритма были приведены точечные уравнения круговой синусоиды и эвольвенты окружности, полученные по графическим алгоритмам построения кривых. На основании приведенных точечных уравнений кривых был разработан алгоритм, который дает возможность описывать гидротехнические сооружения с плавными очертаниями.

Разработанные в работе модели плавных контуров гидротехнических сооружений, и построенные для них точечные аналитические уравнения кривых, существенно расширяют сферу применения метода подвижного симплекса в практике инженерных расчетов, что позволяет получать эффективные решения в гидротехническом строительстве.

Список литературы

1. Балюба, И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении: диссертация на соискание научной степени доктора технических наук: 05.01.01 [Текст] / Балюба Иван Григорьевич. — Макеевка: МИСИ, 1995. — 227 с.
2. Малютина, Т. П. Интерпретация вычислительной геометрии плоских фигур в точечном исчислении: диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.01.01 [Текст] / Малютина Татьяна Петровна. — Макеевка: МИСИ, 1998. — 161 с.
3. Конопацкий, С. В. Геометричне моделювання алгебраїчних кривих та їх використання при конструюванні поверхонь у точковому численні Балюби-Найдиша: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.01.01 [Текст] / Конопацкий Євген Вікторович. — Макіївка: ДонНАБА, 2012. — 163 с.
4. Давыденко, И. П. Конструирование поверхностей пространственных форм методом подвижного симплекса: диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.01.01 [Текст] / Давыденко Иван Петрович. — Макеевка: ДОННАСА, 2012. — 164 с.

5. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов [Текст] / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. — М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1956. — 608 с.
6. Конопацкий, С. В. Конструювання системи спеціальних плоских кривих типу «синусоїда» методом узагальнених тригонометричних функцій / Сборник научных трудов SWorld. — Выпуск 3. Том 12. — Иваново: Маркова А. Д., 2013. — ЦИТ: 313-0698. — С. 76-80.
7. Малютина, Т. П. Точечное уравнение эвольвенты и его применение при конструировании поверхностей технических форм методом подвижного симплекса [Текст] / Т. П. Малютина, И. П. Давыденко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури: зб. наук. праць / МОН України; ДонНАБА. — Макіївка, 2015. — Вип. 2015-3(113): Будівлі та конструкції із застосуванням нових матеріалів та технологій. — С. 66-69.
8. Малютина, Т. П. Построение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса [Текст] / Т. П. Малютина, И. П. Давыденко, Ж. В. Старченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: Сборник научных трудов / МОН Украины; ДонНАСА. — Макеевка, 2017. — Вып. 2017-3(125): Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. — С. 62-66.
9. Крысько, А. А. Анализ напряженно-деформированного состояния стенки резервуара с геометрическими несовершенствами при действии гидростатической нагрузки / Крысько А. А. // Металлические конструкции. — 2017. — Т. 23, №3 — С. 97-106.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. А. Олексюк, д.т.н., профессор; А. В. Плужник, аспирант; Б. В. Кляус, аспирант

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы энергоэффективной эксплуатации систем водяного отопления зданий общественного назначения. Проанализированы действующие нормы по обеспечению требуемого микроклимата в помещениях зданий общественного назначения. Выполнен мониторинг температурно-влажностного режима в общественном помещении, на основании которого предложены рекомендации по применению энергосберегающих мероприятий. Проанализированы задачи энергосберегающих мероприятий, позволяющие минимизировать затраты тепловой энергии при эксплуатации систем водяного отопления. Выявлено, что удельную энергоёмкость систем отопления в общественных зданиях необходимо снижать путем использования автоматически управляемых режимов снижения тепловой мощности отопления в нерабочее время, используя так называемый режим периодического отопления. Также в комплексе с режимом периодического отопления рекомендуется эксплуатировать индивидуальные тепловые пункты (ИТП) и автоматические терморегуляторы систем водяного отопления.

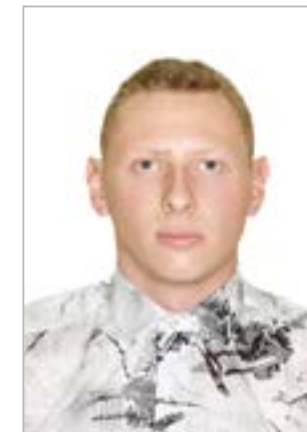
Ключевые слова: энергосбережение, периодическое отопление, тепловая мощность, инерционность здания, индивидуальный тепловой пункт.



Олексюк
Анатолій Алексеевич



Плужник
Анастасія Вадимівна



Кляус
Богдан Валентинович

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях рыночной экономики и значительно повышения цен на энергоресурсы большое значение приобретает задача эффективного использования тепловой энергии в системах теплоснабжения зданий. В настоящее время большинство существующих систем отопления общественных зданий работают практически в неконтролируемом режиме. В свою очередь нагревательные приборы в течение длительного времени выделяют большое количество избыточной теплоты, что ведет к увеличению температуры внутреннего воздуха в помещениях выше нормируемых величин, то есть к снижению теплового комфорта, а также к перерасходу энергоресурсов. При этом отсутствие индивидуальных средств учета и регулирования потребления тепла и воды, негерметичность наружных ограждающих конструкций, потери в теплотрассах приводят к тому, что абонент дополнительно оплачивает 30...40% за потери от потребленных энергоресурсов [1].

Большинство общественных зданий не работает в ночной и вечерний период. В выходные дни помещения пустуют, а отопление работает в обычном рабочем режиме, что не целесообразно с точки зрения оптимального использования энергоресурсов.

Некоторые системы отопления оснащены устройствами автоматического ночного понижения температуры, что приводит к ощутимой экономии энергоресурсов, но данные системы практически не задействованы в связи с их высокой стоимостью.

Такой массовый потребитель как школы, детские сады, поликлиники, клубы, проектные организации, районные и городские администрации, различного рода конторы и другие здания общественного назначения не в состоянии