

УДК 621.182.26

ПОВЫШЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. БИШКЕК)

Абдиев¹ Ш.А., Бердыбаева¹ М.Т., Мамбетова² Р.Ш.

¹Кыргызско-Российский славянский университет им. Б.Н. Ельцина

²Научно-технический центр им. проф. Ш.А. Мамбетова «Геоквантум»

В статье рассматриваются проблемы функционирования систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) в условиях сложного рельефа и дефицита тепловой мощности. Обоснована неэффективность применения традиционных водоструйных элеваторов при современных гидравлических режимах. Предложен переход к независимым индивидуальным тепловым пунктам (ИТП) с погодозависимым ПИД-регулированием, что позволяет снизить непроизводительные потери тепловой энергии на 15–18% и улучшить гидравлический режим тепловых сетей.

Ключевые слова: теплоснабжение, водоструйный элеватор, индивидуальный тепловой пункт (ИТП), ПИД-регулирование, энергоэффективность, 4GDH.

ШААРЛАШКАН АЙМАКТАРДЫН ЖЫЛУУЛУК ТҮЙҮНДӨРҮНҮН ГИДРАВЛИКАЛЫК ТУРУКТУУЛУГУН ЖАНА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВДҮҮЛҮГҮН ЖОГОРЛАТУУ (БИШКЕК ШААРЫНЫН МИСАЛЫНДА)

Абдиев¹ Ш.А., Бердыбаева¹ М.Т., Мамбетова² Р.Ш.

¹ Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университети

² проф. Ш.А. Мамбетов атындагы «Геоквантум» илимий-техникалык борбору

Макалада татаал рельеф жана жылуулук кубаттуулугунун жетишсиздиги шартында борборлоштурулган жылуулук менен камсыздоо системаларынын (БЖКС) иштөө көйгөйлөрү каралат. Азыркы

гидравликалык режимдерде салттуу суу агызуучу элеваторлорду колдонуунун натыйжасыздыгы негизделген. Аба ырайына жараша ПИД-жөнгө салуучу көз карандысыз жеке жылуулук пункттарына (ЖЖП) өтүү сунушталат. Бул жылуулук энергиясынын өндүрүмсүз жоготууларын 15–18%га чейин кыскартууга жана жылуулук түйүндөрүнүн гидравликалык режимин жакшыртууга мүмкүндүк берет.

Баштапкы сөздөр: жылуулук менен камсыздоо, суу агызуучу элеватор, жеке жылуулук пункту (ЖЖП), ПИД-жөнгө салуу, энергоэффективдүүлүк, 4GDH.

INCREASING THE HYDRAULIC STABILITY AND ENERGY EFFICIENCY OF HEATING NETWORKS IN URBANIZED AREAS (CASE STUDY OF BISHKEK)

Abdiev¹ Sh.A., Berdybaeva¹ M.T., Mambetova² R.Sh.

¹ Boris Yeltsin Kyrgyz-Russian Slavic University

² Prof. Sh.A. Mambetov Scientific and Technical Center "Geokvantum"

The article examines the operational problems of district heating systems (DHS) under conditions of complex terrain and thermal power shortages. The inefficiency of using traditional water-jet elevators in modern hydraulic regimes is justified. A transition to independent individual heat substations (IHS) with weather-compensated PID control is proposed, which allows for reducing unproductive heat energy losses by 15–18% and improving the hydraulic regime of heating networks.

Keywords: heat supply, water-jet elevator, individual heat substation (IHS), PID control, energy efficiency, 4GDH.

1. Введение

Системы теплоснабжения г. Бишкек характеризуются высокой степенью износа и разбалансированностью. В условиях Южной зоны города, характеризующейся геодезическим подъемом на 90 метров относительно промышленной площадки ТЭЦ-1, традиционные зависимые схемы присоединения (водоструйные элеваторы) не обеспечивают требуемого циркуляционного расхода. Это приводит к массовому переходу потребителей на электроотопление, что перегружает электрические сети и усугубляет проблему зимнего смога (PM2.5).

2. Методология исследования

На основе уравнения Бернулли (1) и закона сохранения импульса (3) была проведена оценка энергетического баланса проточной части элеватора. Установлено, что при снижении располагаемого напора на вводе ниже 2–4 м вод. ст., зона разрежения P2 в камере смешения исчезает, что блокирует подмес обратной воды.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g} + h_{\text{пот}} \quad (1)$$

где: P_1 – статическое давление высокотемпературной сетевой воды на входе в коническое сопло элеватора, Па; P_2 – минимальное статическое давление в сечении выхода из сопла (в зоне максимального разрежения и инъекции), Па; w_1 – средняя скорость движения потока теплоносителя на входе в элеваторный узел, м/с; w_2 – скорость истечения высокоскоростной струи из стесненного сечения сопла, м/с; ρ – плотность сетевого теплоносителя, принимаемая в зависимости от расчетной температуры подающего трубопровода тепловой сети, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; $h_{\text{пот}}$ – суммарные потери напора в конфузорной части сопла на преодоление сил путевого трения и местных гидравлических сопротивлений, м.

$$\rho \cdot Q_1 \cdot w_2 + \rho \cdot Q_2 \cdot w_{\text{обр}} = \rho \cdot (Q_1 + Q_2) \cdot w_{\text{см}} + (P_{\text{см}} - P_2) \cdot F_{\text{камеры}} \quad (2)$$

где: Q_1 – объемный расход сетевой воды из подающего магистрального тракта, м³/с; Q_2 – объемный расход подмешиваемой обратной воды из внутренней системы отопления здания, м³/с; $w_{\text{обр}}$ – скорость движения потока обратной воды на входе в камеру всасывания элеватора, м/с; $w_{\text{см}}$ – средняя скорость результирующего смешанного потока на выходе из камеры смешения, м/с; $P_{\text{см}}$ – статическое давление смешанного теплоносителя перед его входом в расширяющийся диффузор, Па; $F_{\text{камеры}}$ – площадь поперечного сечения цилиндрической камеры смешения аппарата, м².

3. Результаты и анализ

Анализ пьезометрического графика тепломагистрали ТМ-5 (Рис. 1) подтверждает, что в точках 10–12 (Южная зона) располагаемый напор падает ниже критических значений.

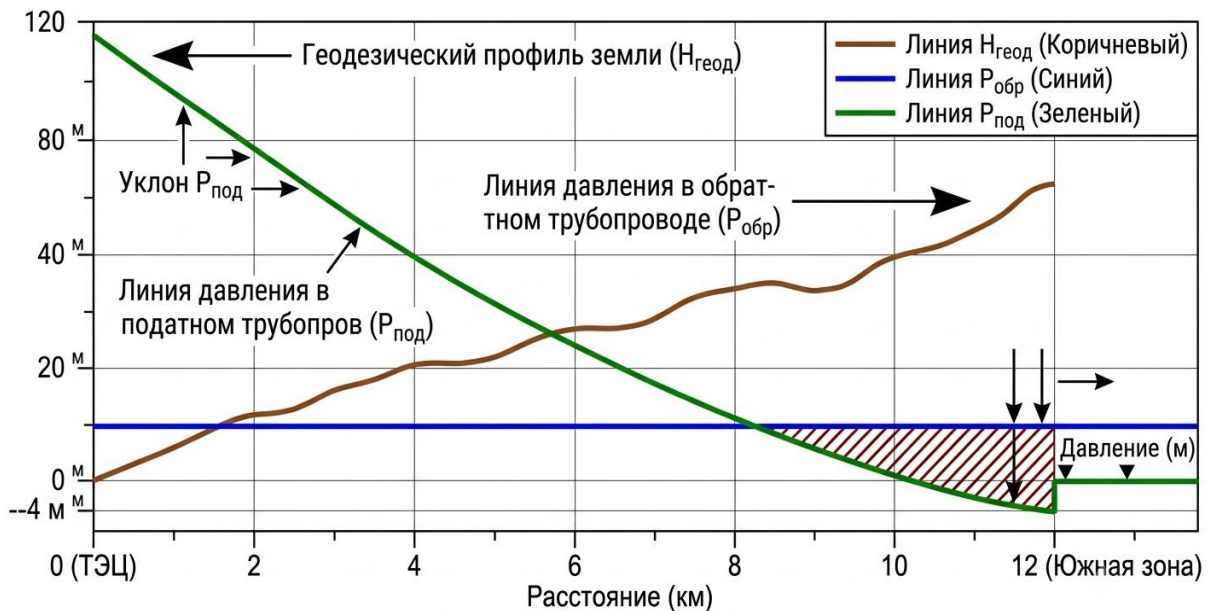


Рисунок 1 – Пьезометрический график тепломагистрали ТМ-5 при пиковом зимнем режиме.

Для решения данной проблемы предложен переход на независимую схему через пластинчатые теплообменники. Управляющий сигнал ПИД-регулятора рассчитывается по формуле (3):

$$Y_{\text{сигн}} = K_{\text{п}} \cdot e(\tau) + \frac{K_{\text{п}}}{T_{\text{и}}} \cdot \int_0^t e(t) dt + K_{\text{п}} \cdot T_{\text{д}} \cdot \frac{de(\tau)}{d\tau} \quad (3)$$

где: $K_{\text{п}}$ – коэффициент пропорционального усиления контура регулирования; $T_{\text{и}}$ – постоянное время интегрирования ПИД-регулятора, с; $T_{\text{д}}$ – постоянное время дифференцирования регулятора, с; $e(t)$ – текущая величина рассогласования (ошибка регулирования), определяемая как разность: $e(\tau) = t_{\text{пм}}^{\text{требуемая}} - t_{\text{пм}}^{\text{фактическая}}$

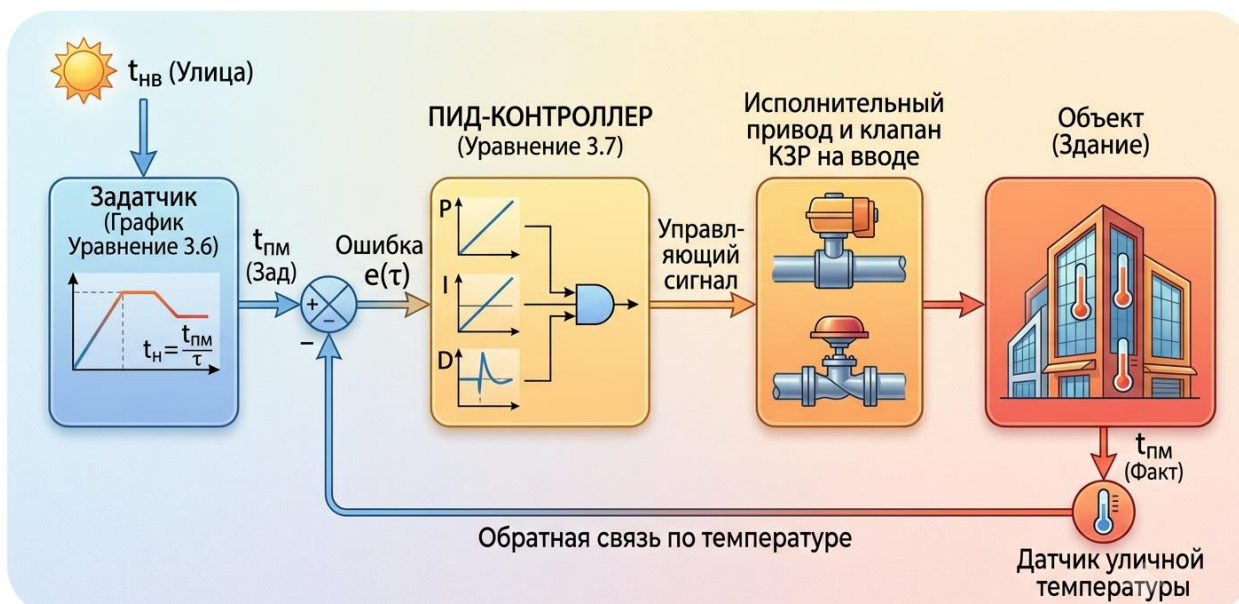


Рисунок 2 – Блок-схема контура ПИД-регулирования ИТП.

4. Экологический аспект

Снижение потребления тепловой энергии автоматизированными узлами на 15–18% позволяет уменьшить расход топлива на ТЭЦ-1. При сжигании Кара-Кечинского угля с зольностью $A_p > 25\%$, уменьшение объемов генерации напрямую коррелирует со снижением выбросов мелкодисперсных частиц PM2.5, что является критически важным для экологического оздоровления Бишкека.

Выводы

Переход к архитектуре интеллектуальных сетей 4GDH/5GDH через внедрение ИТП является безальтернативным вектором модернизации. Это обеспечивает гидравлическую устойчивость сети, исключает зависимость от нестабильного располагаемого напора и снижает углеродный след теплоэнергетического комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП КР 41-01:2020. Теплоснабжение, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Бишкек, 2021.
2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с.
3. Пырков, В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: Таки СиС, 2017. – 252 с.
4. Шарапов, В. И., Ротов, П. В. Регулирование нагрузки систем централизованного теплоснабжения. – М.: Новости теплоснабжения, 2017.

5. Lund, H. et al. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids // Energy. 2014. Vol. 68. P. 1–11.
6. Kazatov, U., ... Abdiev, Sh. A. Estimation of coal reserves in lower horizons of operating mines // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2025. № 3. P. 5–12.
7. Mambetova, R. Sh., Abdiev, Sh. A. Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 201.