

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ТЕПЛОМ ПУНКТЕ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ НЕСКОЛЬКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Блинникова Е.Е.

СФУ, Инженерно-строительный институт, г. Красноярск

Аннотация

Управление гидравлическими режимами в индивидуальном тепловом пункте заключается в обеспечении нужного расхода теплоносителя в системе теплоснабжения здания независимо от перепадов давления в наружной тепловой сети и изменения потребностей абонента. Работу внутридомовой системы теплоснабжения можно оценить с помощью гидравлической характеристики тепловой сети, которая представляет собой зависимость потерь давления в сети от расхода теплоносителя. В работе выполнен расчёт гидравлического режима и определены гидравлические характеристики контуров системы теплоснабжения лабораторного стенда с индивидуальным тепловым пунктом. Лабораторный стенд подключён к централизованной системе водоснабжения, источником тепла является электрический котел, потребители представлены отопительными приборами. В работе рассмотрена работа контура отопления при работе всех отопительных приборов, а также работа системы при поочерёдном отключении нескольких радиаторов. Для построения гидравлической характеристики теплового пункта определены потери давления в контурах горячего водоснабжения и отопления, рассчитаны характеристики сопротивления сети. При отключении абонентов общее гидравлическое сопротивление сети увеличивается, что приводит к росту давления в магистрали и изменению расходов у подключенных потребителей. Построены графические зависимости характеристики сети рассмотренных контуров. Регулирование гидравлических режимов в рассматриваемом индивидуальном тепловом пункте с различным составом потребителей осуществляется без перегрузки насосов.

Ключевые слова: гидравлические режимы, гидравлическая характеристика сети, характеристика сопротивления сети, потери давления, расход теплоносителя, контур горячего водоснабжения, радиатор отопления, потребители тепла.

DETERMINATION OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS IN AN INDIVIDUAL HEATING POINT IN CASE OF DISCONNECTION OF SEVERAL CONSUMERS

Elizaveta Blinnikova

SibFU, Civil Engineering School, Krasnoyarsk

Abstract

The management of hydraulic modes in an individual heating point is to ensure the required flow of coolant in the building's heat supply system, regardless of pressure fluctuations in the external heating network and changes in the needs of the subscriber. The operation of the in-house heat supply system can be assessed using the hydraulic characteristics of the heat network, which is the dependence of pressure losses in the network on the flow rate of the coolant. The hydraulic regime was calculated and the hydraulic characteristics of the circuits of the heat supply system of a laboratory stand with an individual heating point were determined. The laboratory stand is connected to a centralized water supply system, the heat source is an electric boiler, and consumers are represented by heating devices. The paper considers the operation of the heating circuit during the operation of all heating devices, as well as the operation of the system when several radiators are alternately turned off. To build the hydraulic characteristics of the heating point, pressure losses in the hot water and heating circuits were determined, and the network resistance characteristics



were calculated. When subscribers are disconnected, the total hydraulic resistance of the network increases, which leads to an increase in pressure in the pipeline and a change in costs for connected consumers. Graphical dependences of the network characteristics of the considered contours are constructed. The regulation of hydraulic modes in the individual heating point under consideration with a different composition of consumers is carried out without overloading the pumps.

Keywords: hydraulic modes, hydraulic characteristics of the network, characteristics of network resistance, pressure loss, coolant flow, hot water circuit, radiator, heat consumers.

Введение

Управление гидравлическими режимами в индивидуальном тепловом пункте заключается в обеспечении нужного расхода теплоносителя в системе теплоснабжения здания независимо от перепадов давления в наружной тепловой сети и изменения потребностей абонента. Зависимые схемы присоединения абонентов к тепловой сети заменяются подключением по независимой схеме с использованием теплообменников для гидравлического изолирования системы теплоснабжения здания от внешней сети. Управление гидравлическими режимами в индивидуальном тепловом пункте осуществляется непрерывным движением теплоносителя по замкнутому контуру через теплообменник с помощью циркуляционного насоса. Основная задача такого управления – создание и поддержание постоянного расчетного расхода теплоносителя через систему теплоснабжения здания. Управление производится с помощью автоматической работы насосов с частотным регулированием, которые поддерживают заданный перепад давления между подающим и обратным трубопроводами системы [1]. Запорно-регулирующая арматура, расположенная в разных местах системы теплоснабжения, также управляется контроллером и поддерживает необходимый расход сетевой воды в системе. Гидравлическим режимом называется совокупность значений расхода и давления, характеризующих состояние теплоносителя в трубопроводах тепловой сети в любой момент времени. Основными параметрами, определяющими гидравлический режим, являются расход теплоносителя, давление, напор и скорость теплоносителя. Главная задача поддержания правильного гидравлического режима — доставка необходимого количества тепла каждому потребителю в соответствии с его нагрузкой без повреждения элементов системы [2]. При возникновении аварийных ситуаций в системе теплоснабжения меняется расход горячей воды на бытовые нужды, в сети изменяется перепад давлений, что характеризует изменение гидравлического режима и отпуска теплоты потребителям [3].

Зависимость потерь давления в сети от расхода теплоносителя определяется гидравлической характеристикой сети. Тепловая сеть имеет сопротивление потоку теплоносителя, значение которого зависит от диаметра труб, длины трубопроводов, количества и типа местных сопротивлений, состояния внутренней поверхности труб [4].

При проектировании тепловой сети гидравлическая характеристика необходима для правильного подбора насосного оборудования. При эксплуатации существующей сети с помощью гидравлической характеристики можно оценить работу системы при управлении гидравлическими режимами, рассчитать, как изменится давление в системе при изменении расхода, и выявить проблемы, связанные с изменением расхода при прежнем значении давления [5, 6]. Также гидравлическая характеристика необходима при расчете сопротивления регулирующей арматуры на вводе у разных потребителей, чтобы выполнить увязку потерь давления в тепловой сети.

Цель исследования – построение гидравлической характеристики индивидуального теплового пункта при различном составе подключенных потребителей.



Основная часть

Во внутренней системе теплоснабжения здания индивидуальный тепловой пункт отвечает за регулирование гидравлических режимов и необходимое обеспечение абонентов расчетными расходами теплоносителя [7, 8]. Для данного исследования выбран лабораторный стенд, представленный действующим тепловым пунктом с подключенными радиаторами в контуре отопления и теплообменником в контуре горячего водоснабжения. Индивидуальный тепловой пункт расположен в учебной аудитории Инженерно-строительного института в городе Красноярске и подключен к действующей системе водоснабжения здания. В качестве источника тепла выступает электрический котел. На рис. 1 представлен общий вид лабораторного стенда. В данном исследовании рассмотрены контуры горячего водоснабжения с подключенными теплообменниками и контур отопления с радиаторами, подключенными по параллельной и последовательной схемам. Схема исследуемой системы с выбранными контурами изображена на рис. 2. Значения расходов теплоносителя сняты с помощью компьютерной программы «Лабораторный стенд для изучения диспетчеризации узлов учета тепловой энергии в тепловых пунктах».



Рис. 1. Индивидуальный тепловой пункт

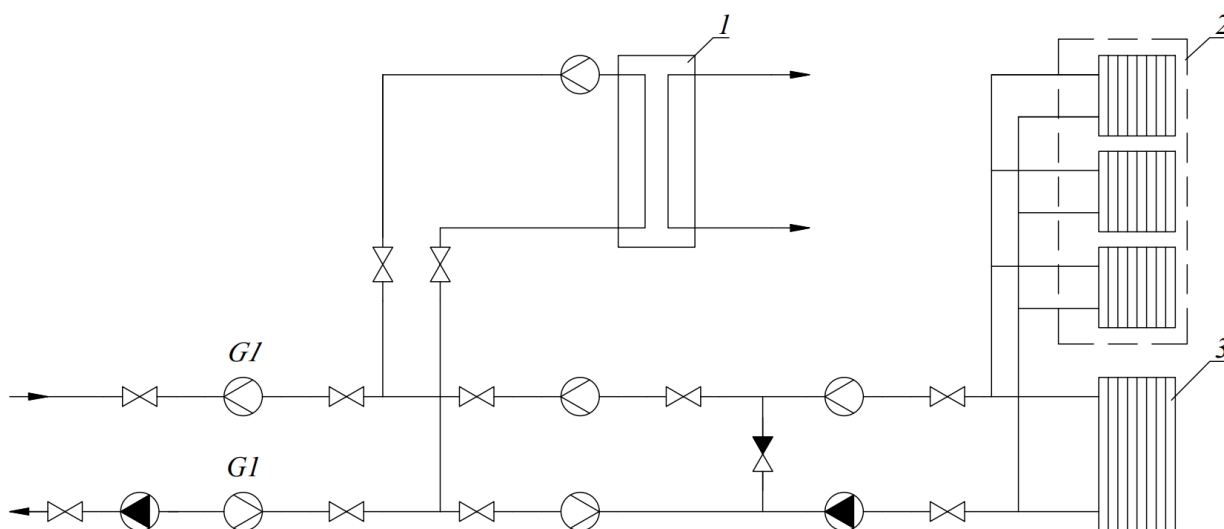


Рис. 2. Схема исследуемой системы индивидуального теплового пункта:
1 – пластинчатый теплообменник ГВС, 2 – радиаторы отопления, подключенные по параллельной схеме, 3 – радиатор отопления, подключенный по последовательной схеме



Для построения гидравлической характеристики теплового пункта необходимо определить потери давления в контурах горячего водоснабжения и отопления. Потери давления на участке зависят от квадрата расхода на данном участке, м,

$$\Delta P = S \cdot G^2, \quad (1)$$

где S – характеристика сопротивления участка сети, $(\text{с}^2 \cdot \text{м})/\text{кг}^2$; G – расход теплоносителя, $\text{кг}/\text{с}$.

Характеристика сопротивления участка сети определяется выражением

$$S = \frac{8 \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right)}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g \cdot \rho^2}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения, о.е.; d – внутренний диаметр трубопровода, м; l – длина трубопровода, м; $\sum \xi$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений на участке трубопровода, о.е.; g – ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; ρ – плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Рассмотрена работа контура отопления при работе всех отопительных приборов, при отключении двух параллельно присоединенных радиаторов и одного последовательно присоединенного и при работе последовательно присоединенного радиатора. При отключении различных потребителей в контуре изменяется значение характеристики сопротивления сети. Итоговая характеристика сети показана на рис. 3.

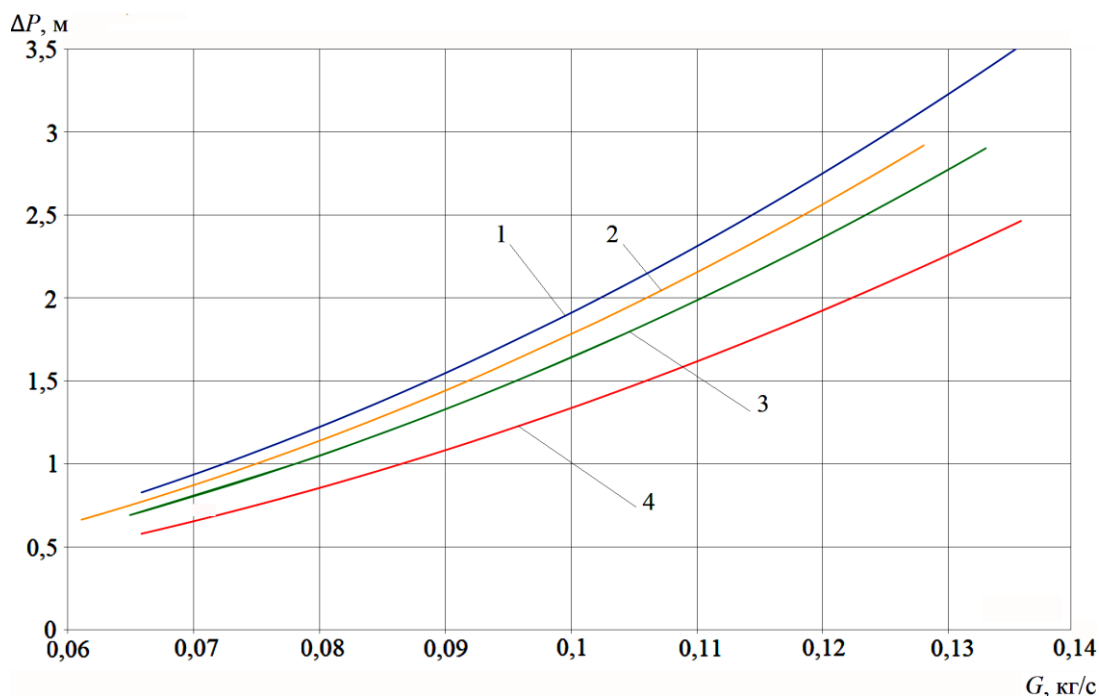


Рис. 3. Характеристика сети:

1 – характеристика контура горячего водоснабжения, 2 – характеристика контура отопления при дальнем открытом параллельно присоединенном радиаторе, 3 – характеристика контура при всех открытых радиаторах, 4 – характеристика контура при открытом последовательно присоединенном радиаторе



Изменение гидравлической характеристики сети в индивидуальном тепловом пункте напрямую связано с отключением одного или нескольких потребителей теплоносителя. Чем длиннее путь от источника теплоносителя до потребителя, тем больше потери давления в трубопроводе между источником и данным потребителем. При отключении абонентов общее гидравлическое сопротивление сети увеличивается, что приводит к росту давления в магистрали и изменению расходов у оставшихся подключенными потребителей. Вследствие таких изменений растет напор в сети, так как насосы развивают больший напор для преодоления возросшего сопротивления. Это приводит к росту давления в подающем трубопроводе и в точках, ближайших к источнику тепла.

Результаты

Построенные зависимости показывают, что при равном значении расхода контуру ГВС соответствуют наибольшие потери давления, его характеристика лежит выше других исследуемых контуров. При работе контура отопления с параллельно подключенными радиаторами характеристика сети повышается при отключении потребителей. При равном расходе данный контур отопления имеет наибольшие потери давления при одном подключённом дальнем радиаторе. Работа контура отопления с последовательно подключённым радиатором имеет наименьшее сопротивление, его гидравлическая характеристика располагается ниже всех рассмотренных контуров. Это происходит потому, что путь от источника тепла к последовательно присоединённому радиатору является наиболее коротким и прямым, без дополнительных местных сопротивлений в виде отводов, поворотов и тройников.

Выводы

Рассматриваемый индивидуальный тепловой пункт полностью справляется с задачей регулирования гидравлических режимов, так как регулирование с различным составом потребителей осуществляется без перегрузки насосов.

В результате проведения эксперимента подтверждено, что определение гидравлической характеристики в индивидуальном тепловом пункте позволяет оценить работу внутридомовой системы теплоснабжения, правильность выбора насосного оборудования и запорно-регулирующей арматуры.

Библиографический список

1. **Кипина О.И.** Разработка мероприятий по повышению надежности и живучести систем теплоснабжения // Проспект Свободный – 2024: Мат-лы юбилейной XX Межд. научной конф. ст., асп. и мол. уч. – Красноярск: СФУ, 2024. – С. 550-553. EDN: [STKTWD](#)
2. **Гусячкин А.М., Хафизова А.Ш.** Стабилизация гидравлического режима в местных системах теплоснабжения // Поволжский научный вестник. – 2017. – № 2. – С. 25-31. EDN: [YXHFJR](#)
3. **Блинникова Е.Е.** Расчёт гидравлических режимов тепловой сети с открытой и закрытой схемами подключения горячего водоснабжения // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: Мат-лы III Всерос. научно-практ. конф. – Красноярск: СФУ, 2024. – С. 533-537. EDN: [AFUSYZ](#)
4. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети. – 7. изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
5. **Липовка Ю.Л., Венин А.С., Михайлова А.С.** Гидравлический режим тепловой сети при переходе с открытой на закрытую систему // Энергосбережение и водоподготовка. – 2019. – № 6(122). – С. 53-56. EDN: [GBIYQX](#)
6. **Моисеев Б.В., Богомолов В.П., Шаповал А.Ф.** Оптимизация работы тепловых сетей в условиях Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 4. – С. 58-62. EDN: [TYNDHX](#)



7. Рудских Н.А. Гидравлические режимы тепловых сетей с автоматизированными индивидуальными тепловыми пунктами // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 99-8. – С. 73-75. EDN: [UEWKDW](#). DOI: [10.18411/trnio-07-2023-437](https://doi.org/10.18411/trnio-07-2023-437)
8. Липовка Ю.Л., Калабин Д.А. Гидравлическая устойчивость в условиях неравномерной автоматизации систем теплоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. – 2018. – № 3(113). – С. 19-24. EDN: [XVLQDB](#)

References

1. Kipina, O. I. (2024). Razrabotka meropriyatij po povыsheniyu nadezhnosti i zhivuchesti sistem teplosnabzheniya [Development of measures to improve the reliability and survivability of heat supply systems]. In *Proc. Prospekt Svobodny`j - 2024 : Materialy` yubilejnoj XX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molody`x ucheny`x* (pp. 550-553). SibFU. [In Russian]
2. Gusyachkin, A. M., & Khafizova, A. Sh. (2017). Stabilization of the hydraulic regime in local heating systems. *Povolzhskij nauchny`j vestnik*, 2, 25-31. [In Russian]
3. Blinnikova, E. E. (2024). Raschyot gidravlicheskih rezhimov teplovoj seti s otkry`toj i zakry`toj sxemami podklyucheniya goryachego vodosnabzheniya [Calculation of hydraulic modes of a heating network with open and closed hot water supply connection schemes]. In *Proc. Aktual`ny`e vo-prosy` stroitel`stva: vzglyad v budushhee: materialy` III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (pp. 533-537). SibFU. [In Russian]
4. Sokolov, E. Ya. (2001). *Teplofikaciya i teplovy`e seti* [Heating and heating networks] (7th ed., stereotypical). Izd-vo ME`I. [In Russian]
5. Lipovka, Yu. L., Venin, A. S., & Mikhaylova, A. S. (2019). Hydraulic mode of the heat network when transiting with open to closed heat supply system. *Ènergobere`enie i vodopodgotovka*, 6(122), 53-56. [In Russian]
6. Moiseev, B. V., Bogomolov, V. P., & Shapoval, A. F. (1997). Optimizaciya raboty` teplovy`x setej v usloviyax Zapadnoj Sibiri [Optimization of heating networks in Western Siberia]. *Oil and gas studies*, 4, 58-62. [In Russian]
7. Rudskikh, N. A. (2023). Gidravlicheskie rezhimy` teplovy`x setej s avtomatizirovanny`mi individual`ny`mi teplovy`mi punktami [Hydraulic modes of heating networks with automated individual heating points]. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 99-8, 73-75. <https://doi.org/10.18411/trnio-07-2023-437> [In Russian]
8. Lipovka, Yu. L., & Kalabin, D. A. (2018). Hydraulic stability of heat supply systems. *Ènergobere`enie i vodopodgotovka*, 3(113), 19-24. [In Russian]

Сведения об авторах

Блинникова Елизавета Евгеньевна, аспирант кафедры инженерных систем зданий и сооружений ИСИ СФУ. SPIN-код: [4684-9855](#). ORCID: [0000-0001-9873-451X](#).

Authors about

Elizaveta E. Blinnikova, postgraduate student of the Engineering Systems of Buildings and Structures department of Civil Engineering School SibFU. ORCID: [0000-0001-9873-451X](#).

Ссылки для цитирования

Блинникова Е.Е. Определение гидравлической характеристики в индивидуальном тепловом пункте при отключении нескольких потребителей // Энергетические системы. – 2025. – № 4. – 59-64.

Blinnikova, E. (2025). Determination of hydraulic characteristics in an individual heating point in case of disconnection of several consumers. *Energy Systems*, 4, 59-64. <https://doi.org/10.34031/es.2025.4.06>

