



УДК 697.35

А. П. ЛЕВЦЕВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой теплоэнергетических систем; **П. Н. КУЗНЕЦОВ**, преп. кафедры теплоэнергетических систем

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СМЕШЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕКЦИОННЫХ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

Россия, 430007, г. Саранск, ул. Осипенко, д. 46.

Тел.: (906) 163-32-00; эл. почта: levtzevap@mail.ru

Ключевые слова: эффективность, секционные радиаторы, отопление, элеватор, коэффициент смешения, теплоноситель, температура.

В статье показано влияние коэффициента смешения на эффективность секционных радиаторов отопления. На основе ранее установленной зависимости эффективности секционных радиаторов от температуры теплоносителя получены рациональные графики изменения коэффициента смешения элеваторного узла от температуры наружного воздуха для трех температурных графиков качественного регулирования, как для «традиционного», так и для пульсирующего режима подачи теплоносителя.

Введение. Современные мировые тенденции развития систем теплоснабжения направлены на снижение нерациональных затрат и потерь теплоносителя при одновременном повышении качества поддержания температурного режима в зданиях. Подобные тенденции наблюдаются практически во всех программах, связанных с комплексным развитием городов. При развитии систем теплоснабжения в России приоритет отдается системам централизованного теплоснабжения от комбинированных источников электрической и тепловой энергии [1].

Опыт разработки перспективных схем теплоснабжения городских поселений показывает, что качество, эффективность и надежность работы систем теплоснабжения связаны с новыми технологиями и оборудованием, которые используются при создании индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) на вводах в здания.

Массовое внедрение ИТП вместо традиционных элеваторных узлов не только улучшает температурный режим в зданиях, но и решает проблему создания необходимого резерва тепловой мощности на вводах в здание за счет более рационального использования энергоносителя [2].

Материалы и методы. В настоящее время из-за отсутствия резерва тепловой мощности ИТП успешно реализуется только в районах новой застройки, где в системах отопления преимущественно используются панельные радиаторы, и подключаются они независимо к тепловым сетям. В то же время в районах старой застройки системы отопления зданий (отопление и вентиляция) по-прежнему подключены к тепловым сетям через элеватор, а в качестве отопительных приборов в основном используются секционные радиаторы (СР) [3]. Что касается последних, то эффективность СР (отношение фактически достигнутой тепловой мощности к проектной) при снижении температуры



теплоносителя на 50 °С уменьшается до 30 %. Это неоднократно доказано в результате многочисленных энергетических обследований различных зданий с СР [4].

Основным параметром, влияющим на эффективность работы отопительных приборов, в том числе и СР, является коэффициент смешения. Поэтому не случайно наиболее ответственные здания оборудованы элеваторными узлами с регулируемым соплом. Практика показывает, что в весенне-осенний период коэффициент смешения необходимо уменьшать [5]. Однако большая часть зданий оборудована обычными нерегулируемыми элеваторными узлами смешения теплоносителя. В связи с этим научный и практический интерес имеет исследование зависимости коэффициента смешения от температуры наружного воздуха, влияющей на эффективность СР, что и является целью данной статьи.

Для определения расчетного коэффициента смешения u пользуются зависимостью (1) [6]:

$$u = \frac{t_1 - t_3}{t_3 - t_2}, \quad (1)$$

где t_1 – температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;

t_2 – температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С;

t_3 – температура теплоносителя после смешения, °С.

Для трех наиболее распространенных температурных графиков качественного регулирования на рис. 1 построена зависимость коэффициента смешения от текущей температуры наружного воздуха $u = f(t_{\text{нар}})$.

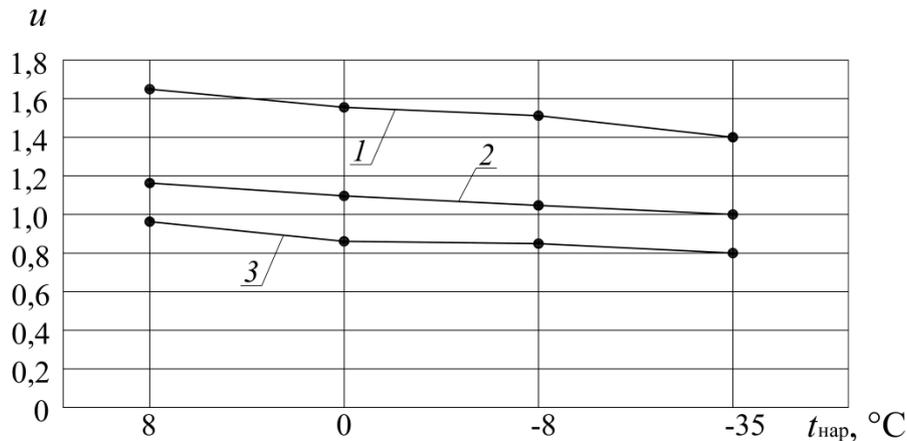


Рис. 1. Коэффициент смешения элеваторного узла u :

1 – температурный график $t_1 / t_2 = 130 / 70$ °С;

2 – температурный график $t_1 / t_2 = 120 / 70$ °С;

3 – температурный график $t_1 / t_2 = 115 / 70$ °С

Анализируя данные рис. 1, можно сделать вывод, что с понижением температуры наружного воздуха число единиц теплоносителя из обратного трубопровода снижается, то есть, чем теплее на улице, тем подмес больше, что ухудшает тепловую эффективность СР.

Одним из наиболее оптимальных мероприятий, повышающих эффективность СР при низких температурах теплоносителя, является создание



пульсирующего режима. На рис. 2 показано изменение эффективности E секционных радиаторов в зависимости от средней температуры теплоносителя для стационарного 1 и пульсирующего 2 режима на частоте 0,6 Гц: $E = f(t_{cp})$ [7].

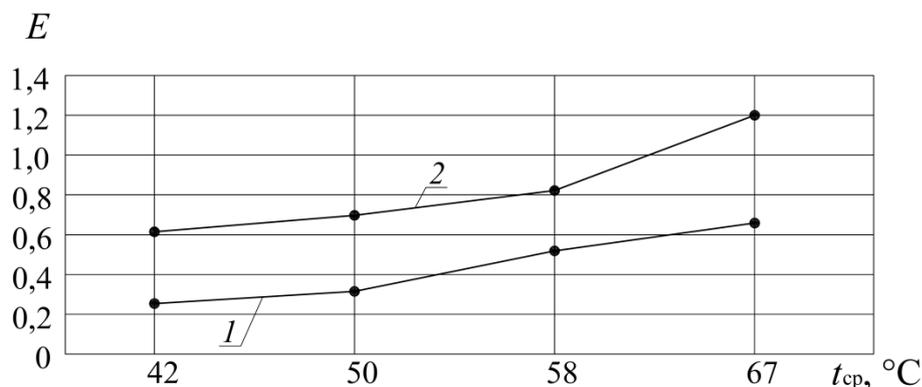


Рис. 2. Коэффициент эффективности: 1 – стационарный режим; 2 – пульсирующий режим

Из представленного на рис. 2 графика видно, что эффективность СР в стандартном режиме в диапазоне от 40 до 70 °С находится на уровне 0,27...0,65. Такая эффективность на пониженных температурах теплоносителя обусловлена ухудшением перемешивания теплоносителя, в том числе и за счет коэффициента смешения [8]. В пульсирующем режиме интенсивность перемешивания увеличивается, при этом растет и средняя температура на поверхности СР. При одинаковом температурном диапазоне эффективность выше в среднем в 2 раза по отношению к традиционному режиму [9].

Для пульсирующего режима с учетом коэффициента эффективности СР скорректированный коэффициент смешения u' будет определяться по зависимости (2):

$$u' = \frac{(t_1 - t_3) \cdot E}{t_3 - t_2}. \quad (2)$$

На рис. 3 по формуле (2) авторами приведены графики изменения скорректированного коэффициента смешения u' в «традиционном» режиме для трех графиков качественного регулирования при температурах теплоносителя до 70 °С.

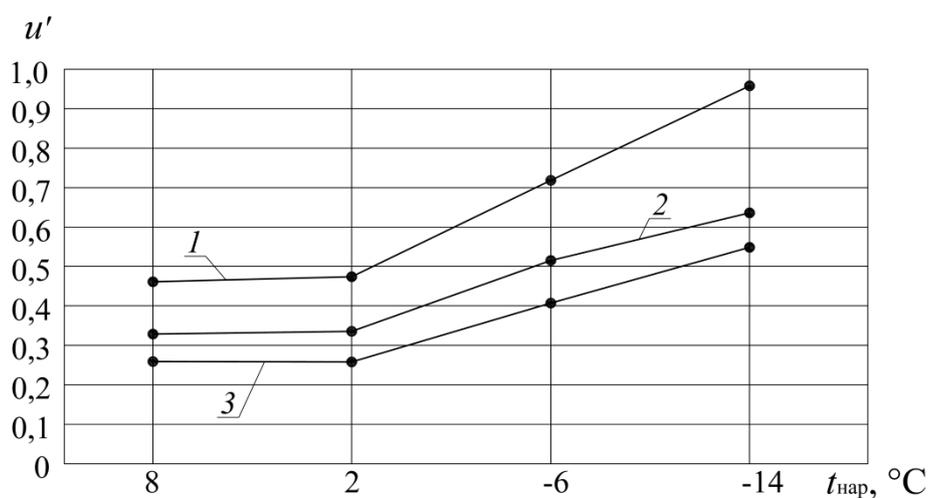


Рис. 3. Скорректированный коэффициент смешения u' в «традиционном» режиме:

1 – температурный график $t_1 / t_2 = 130 / 70 °C$;

2 – температурный график $t_1 / t_2 = 120 / 70 °C$;

3 – температурный график $t_1 / t_2 = 115 / 70 °C$

Из графика, представленного на рис. 3, видно, что в «традиционном режиме», чтобы обеспечить эффективность СР, близкой к 100 %, необходимо в весенне-осенний период подавать теплоноситель, перегретый более чем два раза по отношению к графику качественного регулирования. Работа системы отопления по такому графику приведет к существенному увеличению тепловых потерь в сети.

В пульсирующем режиме ситуация меняется. На рис. 4 построены графики изменения скорректированного коэффициента смешения u' в пульсирующем режиме на базе двухконтурного мембранного насоса.

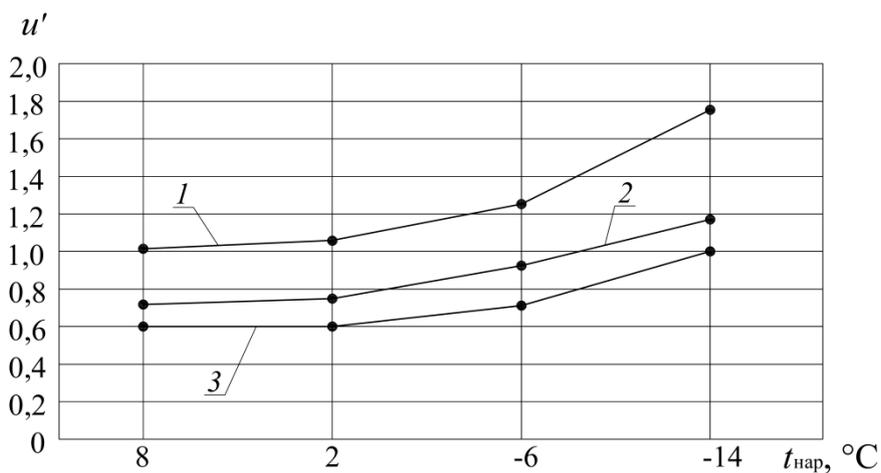


Рис. 4. Скорректированный коэффициент смешения в пульсирующем режиме:

1 – температурный график $t_1 / t_2 = 130 / 70 °C$;

2 – температурный график $t_1 / t_2 = 120 / 70 °C$;

3 – температурный график $t_1 / t_2 = 115 / 70 °C$



Как видно из приведенных графиков, в пульсирующем режиме для обеспечения 100% эффективности секционных радиаторов коэффициент смещения u' претерпевает незначительные корректировки. При этом на другие потребители (ГВС, приточно-вытяжные установки) такая корректировка не отразится [10].

Заключение. Авторами сделан главный вывод, что для системы отопления с секционными радиаторами в «традиционном» режиме обеспечить 100% их эффективность не представляется возможным из-за более чем двукратного перегрева подающего теплоносителя. Создание пульсирующего режима в системе отопления с СР решает задачу обеспечения 100% их эффективности, но при этом требуется корректировка коэффициента смещения. Такая корректировка может быть осуществлена в пределах регулировки двухконтурного мембранного насоса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Правительство. О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения : постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2012 года №154 : [редакция от 18 марта 2025 года]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_126786/a3cf63f5d87ccdc6a7de944e1f2ac2ba2c444265/. – Текст : электронный.

2. Лапин, Е. С. Экспериментальная установка ИТП с пульсирующей циркуляцией теплоносителя / Е. С. Лапин, А. П. Левцев. – Текст : электронный // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: материалы Международной научно-практической конференции, Саранск, 21–22 ноября 2019 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва. – 2019. – С. 314–320. – EDN QZZAJR.

3. Самарин, А. А. Вибрации трубопроводов энергетических установок и методы их устранения / А. А. Самарин. – Москва : Энергия, 1979. – 286 с.

4. Левцев, А. П. Эффективность секционных радиаторов при низких температурах теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин. – Текст : электронный // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XX Международной научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГАУ. – 2018. – С. 72–76. – EDN UOCLFT.

5. Попов, Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Д. Н. Попов – Москва : Машиностроение, 1977. – 424 с.

6. Кудашев, С. Ф. К вопросу развития пульсирующих систем теплоснабжения / С. Ф. Кудашев // Проблемы, перспективы и стратегические инициативы развития теплоэнергетического комплекса : материалы Международной научно-практической конференции. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – С. 98–100.

7. Кудашев, С. Ф. Применение гидравлического тарана в системе теплоснабжения здания / Е. С. Лапин, С. Ф. Кудашев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции. – Саранск : Изд-во Мордовского университета. – 2012. – С. 324–327. – EDN TUCDKQ.

8. Попов, Д. Н. Нестационарные гидромеханические процессы / Д. Н. Попов. – Москва : Машиностроение, 1982. – 238 с.

9. Сурин, А. А. Гидравлический удар в водопроводах и борьба с ним / А. А. Сурин. – Москва : Трансжелдориздат, 1946. – 341 с.

10. Макеев, А.Н. Использование гидравлического тарана в системах водо- и теплоснабжения / А. Н. Макеев // XXXVII Огаревские чтения : материалы научной конференции 8-13 декабря 2008 г. – Саранск, 2009. – С. 8–11. – EDN UIPMGD.



LEVTSEV Aleksey Pavlovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of thermal power systems; KUZNETSOV Pavel Nikolaevich, teacher of the chair of thermal power systems

THE EFFECT OF THE MIXING COEFFICIENT ON THE EFFICIENCY OF SECTIONAL RADIATORS FOR HEATING

National Research Ogarev Mordovia State University.

46, Osipenko St., Saransk, 430007, Russia.

Phone: (906) 163-32-00; e-mail: levtzevap@mail.ru

Key words: efficiency, sectional radiators, heating, elevator, mixing ratio, heat carrier, temperature.

The article shows the influence of the mixing coefficient on the efficiency of sectional heating radiators. Based on the previously established dependence of the efficiency of sectional radiators on coolant temperature, rational graphs were obtained for the change in mixing coefficient of elevator unit with respect to outside air temperature for three different temperature regulation modes, both for "traditional" and pulsating modes of coolant supply.

REFERENCES

1. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. O trebovaniakh k skhemam teplosnabzheniya, poryadku ikh razrabotki i utverzhdeniya [On the requirements for heat supply schemes, the procedure for their development and approval]: postanovlenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 22 fevralya 2012 goda №154: [redaktsiia ot 18 marta 2025 goda]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_126786/a3cf63f5d87ccdc6a7de944e1f2ac2ba2c444265/.

2. Lapin E. S., Levtshev A. P. Eksperimentalnaya ustanovka ITP s pulsiruyushchey tsirkulyatsiey teplonositelya [Experimental setup of a heat point with pulsating coolant circulation]. Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Saransk, 21–22 noyabria 2019 goda. Saransk, Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvenny universitet im. N.P. Ogaryova, 2019, P. 314–320. EDN QZZAJR.

3. Samarin A. A. Vibratsii truboprovodov energeticheskikh ustanovok i metody ikh ustraneniya [Vibrations of power plant pipelines and methods for their elimination]. Moscow, Energiya, 1979, 286 p.

4. Levtshev A. P., Lapin E. S. Effektivnost sektionnykh radiatorov pri nizkikh temperaturakh teplonositelya [Efficiency of sectional radiators at low coolant temperatures]. Goroda Rossii: problemy stroitelstva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustroystva i ekologii: sbornik statey XX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza, RIO PGAU, 2018, P. 72–76. EDN UOCLFT.

5. Popov D. N. Dinamika i regulirovanie gidro- i pnevmosistem [Dynamics and control of hydraulic and pneumatic systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1977, 424 p.

6. Kudashev S. F. K voprosu razvitiya pulsiruyushchikh sistem teplosnabzheniya [On the development of pulsating heat supply systems]. Problemy, perspektivy i strategicheskie initsiativy razvitiya teploenergeticheskogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Omsk, Izd-vo OmGTU, 2011, P. 98–100.

7. Kudashev S. F., Lapin E. S. Primenenie gidravlicheskogo tarana v sisteme teplosnabzheniya zdaniya [Application of a hydraulic ram in a building heat supply system]. Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: materialy Mezhdunarodnoy



nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saransk, Izd-vo Mordovskogo universiteta, 2012, P. 324–327. EDN TUCDKQ.

8. Попов Д. Н. Nestatsionarnye gidromekhanicheskie protsessy [Unsteady hydromechanical processes]. Moscow, Mashinostroenie, 1982, 238 p.

9. Surin A. A. Gidravlicheskiy udar v vodoprovodakh i borba s nim [Water hammer in water pipelines and methods to combat it]. Moscow, Transzheldorizdat, 1946, 341 p.

10. Makeev A. N. Ispolzovanie gidravlicheskogo tarana v sistemakh vodo- i teplosnabzheniya [Use of hydraulic ram in water and heat supply systems]. XXXVII Ogariovskie chteniya: materialy nauchnoy konferentsii 8–13 dekabrya 2008 g. Saransk, 2009, P. 8–11. EDN UIPMGD.

© А. П. Левцев, П. Н. Кузнецов, 2025

Получено: 28.06.2025 г.