

Региональная экономика

УДК 33.054.23:697.34

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРЕДПРИЯТИЯ ТЕПЛОКОММУНЭНЕРГО ПРИ РАЗРЕГУЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Пашенцев А. И., Пашенцева Л. В.

Представлено методическое обоснование расчета экономического ущерба коммунального предприятия тепловых сетей при нарушении гидравлической устойчивости системы теплоснабжения, вызванное отключением потребителей от централизованного теплоснабжения. Обоснована зависимость надежности системы теплоснабжения от изменения гидравлической устойчивости, роста затрат на обслуживание тепловых сетей от снижения уровня надежности

Ключевые слова: система теплоснабжения, гидравлическая устойчивость, надежность, экономический ущерб.

Украина относится к странам с высоким уровнем централизации теплоснабжения, что обусловлено исторически сложившейся тенденцией проведения политики ее научно-технического развития. Украинский рынок теплоснабжения, за годы развития рыночной экономики, претерпел серьезные изменения: на отечественных предприятиях сократилось производство больших котлов (10 МВт и более), увеличился объем производства отечественных средней мощности (0,25–3 МВт) и появились тенденции к росту производства бытовых газовых котлов (10–40 кВт), а также увеличился импорт котлов всех классов мощности. Это способствовало переходу от централизованных систем теплоснабжения к местным и индивидуальным. В результате произошло не только насыщение отечественного рынка теплоэнергетики теплогенерирующим оборудованием, но и снижение качества теплоснабжения от централизованных систем. В настоящее время в научной литературе ведется дискуссия о стратегии развития теплоснабжения в Украине, что свидетельствует о широком спектре мнений и оценок специалистов, нередко прямо противоположных. Одни считают развитие автономного и индивидуального теплоснабжения порочной тенденцией, ведущей к снижению надежности и безопасности обеспечения потребителей тепловой энергией, к ухудшению экологии застройки. Другие заявляют о том, что централизованное теплоснабжение от районных тепловых станций и квартальных котельных отживает свой век из-за низкой энергетической эффективности. При этом и те и другие забывают, что развитие систем теплоснабжения лежит непосредственно в экономической плоскости. По оценкам украинских ученых обеспечение качественного теплоснабжения с переходом на децентрализованную схему подачи теплоносителя может обойтись стране в 12,35–15,85 млрд. грн. [5, с.111]. В условиях дефицитности украинского бюджета решение данной задачи является проблематичным. Необходимо отметить, что текущая деятельность систем теплоснабжения страны, мероприятия по ее улучшению, планирование перспективного развития должны ориентироваться на снижение или устранение явных и скрытых проблем. В процессе теплоснабжения принимают прямое и косвенное участие множество субъектов зачастую с противоречивыми интересами. Поэтому развитие теплоэнергетики в стране должно найти отражение в специально разработанной программе, которая является инструментом, определяющим единую политику по организации деятельности и перспективному развитию, и служащую для координации действий, согласования интересов основных участников процесса теплоснабжения, что подчеркивает актуальность цели статьи.

Снижение затрат коммунальных предприятий тепловых сетей является предметом исследо-

ваний отечественных и зарубежных ученых. Так украинский ученый С. Р. Котельник анализирует двухставочный тариф оплаты за поставки теплоносителя и обосновывает целесообразность увеличения условно-переменных затрат предприятия, как составной части тарифа [3, с. 22-25]. Российский ученый О. Л. Соколов связывает рост затрат предприятий теплокоммунэнерго с ростом физического износа тепловых сетей, отсутствием программ по их модернизации и комплексного обслуживания [6]. Украинский ученый Р. Л. Будько связывает рост затрат на обслуживание тепловых сетей с формальным проведением их текущего обслуживания, что приводит к снижению надежности функционирования и росту аварийных ситуаций [1]. Работы этих ученых посвящены общим вопросам формирования затрат предприятий на обслуживание тепловых сетей. При этом остается не изученным формирование дополнительных затрат, связанных с разрегулированием тепловых сетей, что вызвано нарушением их гидравлической устойчивости вследствие отключения потребителей от централизованного теплоснабжения. Поэтому целью настоящей научной работы является представление методического подхода расчета экономического ущерба коммунального предприятия тепловых сетей вследствие нарушения гидравлической устойчивости систем теплоснабжения, что оказывает негативное влияние на надежность их функционирования.

Отключение потребителей от поставок теплоты приводит не только к нарушению теплового режима, изменению расхода теплоносителя, но и общему разрегулированию функционирования системы теплоснабжения. Это требует от предприятия проведения комплекса мероприятий по вынужденной наладке оборудования, как котельной, так и сетей теплоснабжения, что приводит к увеличению условно-переменных затрат. В этой связи для достижения поставленной в настоящей работе цели необходимо решить задачи:

1. Рассмотреть параметры гидравлической устойчивости системы теплоснабжения.
2. Определить связь между изменением расхода теплоносителя в сети и ее надежностью.
3. Предложить методический подход к определению экономического ущерба от разрегулирования системы теплоснабжения.

Под гидравлической устойчивостью понимают способность системы сохранять постоянный расход теплоносителя на абонентских вводах при изменении условий работы других потребителей. Она количественно оценивается коэффициентом гидравлической устойчивости:

$$Y = V' / V_{\text{макс}}, \quad (1)$$

где V' , $V_{\text{макс}}$ – соответственно расчётный и максимально возможный расход сетевой воды на абонентском вводе.

Гидравлическая устойчивость ($Y=1$) может быть достигнута установкой на вводах регуляторов расхода, автоматически обеспечивающих постоянство расхода воды в абонентских системах. В неавтоматизированной системе любые переключения в сети изменяют расходы воды у абонентов. При отключении части нагрузки расход воды в тепловой сети уменьшается, что приводит к снижению потерь давления в сети и к росту располагаемых давлений на вводах. Расход воды у оставшихся абонентов возрастёт. Отклонение фактического расхода от расчётной величины вызывает гидравлическую разрегулировку абонентских систем. Максимальная разрегулировка абонентской системы произойдёт в том случае, когда останется включённым только один потребитель. В этом случае падение давления в сети будет настолько незначительным, что пренебрегая им, можно принять располагаемый перепад давлений на вводе равным расчётному давлению сетевого насоса. Тогда, заменив в равенстве $Y = V' / V_{\text{макс}}$ отношение расходов воды отношением потерь давления, получим:

$$Y = V' / V_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{аб}}}{P_{\text{н}}}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{аб}}}{\Delta P_{\text{аб}} + \Delta P_{\text{с}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Delta P_{\text{с}}}{\Delta P_{\text{аб}}}}} \quad (2)$$

где $\Delta P_{\text{аб}}$ – располагаемое давление на вводе при расчётном расходе воды; $\Delta P_{\text{с}}$ – потери давления в сети при расчётном режиме; $P_{\text{н}} = \Delta P_{\text{аб}} + \Delta P_{\text{с}}$ – давление сетевого насоса.

Из формулы 2 следует, что гидравлическая устойчивость системы теплоснабжения повыша-

ется с уменьшением потерь давления в магистральных сетях и с увеличением гидравлического сопротивления абонентских установок. С этой целью целесообразно уменьшение диаметров вводов (что крайне затруднительно в существующих системах), а также установка на вводах дроссельных шайб, балансировочных регуляторов, что выглядит более привлекательным. Задвижки на магистральных трубопроводах должны быть полностью открыты, что требует их дополнительного обслуживания.

Как известно, теплоотдача участка системы теплоснабжения сопровождается изменением температуры воды на выходе из элемента t_o при известных значениях температуры воды на входе t_r и расхода воды G по известному выражению [3, с. 93] :

$$Q = G \cdot c (t_r - t_o) \quad (3)$$

где c – удельная массовая теплоёмкость воды.

Температура t_o может быть определена с использованием так называемой тепловой характеристики элемента T , определяющей процесс теплопередачи элемента системы отопления:

$$T = (n / (70^n ((t_o - t_b)^{-n} - (t_r - t_b)^{-n}))) \quad (4)$$

Переменный тепловой режим работы системы водяного отопления характеризуется также возможным изменением расхода теплоносителя G . Изменение расхода может происходить вследствие количественного регулирования или воздействия естественного циркуляционного давления. В этом случае значение тепловой характеристики элемента T уточняют [7, с. 493]:

$$T = T' (G/G')^{1-p}; \quad (5)$$

где T' – тепловая характеристика элемента, полученная при подстановке расчётных температурных параметров.

Естественное циркуляционное давление ΔP_e зависит, как известно, от плотности воды в вертикальных участках системы, а также от взаимного расположения участков с различной плотностью. Плотность воды изменяется с изменением температуры теплоносителя в рассматриваемых элементах, а их взаимное расположение зависит от конструкции системы водяного отопления. Степень влияния величины ΔP_e на режим работы насосной системы зависит и от его доли в расчётном циркуляционном давлении.

Для установления связи между расходом воды в элементе системы теплоснабжения и естественным циркуляционным давлением воспользуемся показателем гидравлической характеристики системы отопления [7, с. 502]:

$$\Gamma = \Delta p'_e / (\Delta p'_n + \Delta p'_e); \quad (6)$$

где $\Delta p'_e$ – расчётное для системы отопления естественное циркуляционное давление; $\Delta p'_n$ – насосное циркуляционное давление.

Показатель Γ выражает существующее в расчётных условиях соотношение естественного и суммарного циркуляционного давления, обеспечивающего движение воды в системе теплоснабжения. Этот показатель в различных системах теплоснабжения может изменяться от 0 до 1 (в системе с естественной циркуляцией). С увеличением высоты здания показатель Γ (при незначительном изменении p_n) растёт, что объясняется повышением условного среднего центра охлаждения в системе отопления над центром нагревания. Степень изменения расхода можно охарактеризовать выражением [7, с. 503]:

$$\bar{G} = (1 - \Gamma (1 - (\Delta p_e / \Delta p'_e))^{0,5}); \quad (7)$$

Для определения показателя гидравлического разрегулирования системы теплоснабжения можно воспользоваться специальной монограммой (рис 1) [7, с. 503].

Этот показатель характеризует степень воздействия внутренних факторов на нормальную работу системы теплоснабжения, что может быть вызвано отключением потребителей от централизованного теплоснабжения, а это в свою очередь, приводит к росту давления на вводе. Кроме того, нарушение гидравлической устойчивости негативно отражается на надёжности функционирования системы теплоснабжения, что выражается ростом интенсивности отказов.

Показатель гидравлической характеристики системы теплоснабжения можно определить при наличии данных: пониженная температура теплоносителя t_r^0 С, что вызвано разрегулированием

системы подачи теплоносителя; насосное циркуляционное давление Δp_n , расчётное естественное циркуляционное давление $\Delta p'_e$; температура внутри помещения, t_b (20°C); характеристика отопительных приборов, n ; температура теплоносителя в подающем трубопроводе, $t_{гп}$, $^\circ\text{C}$.

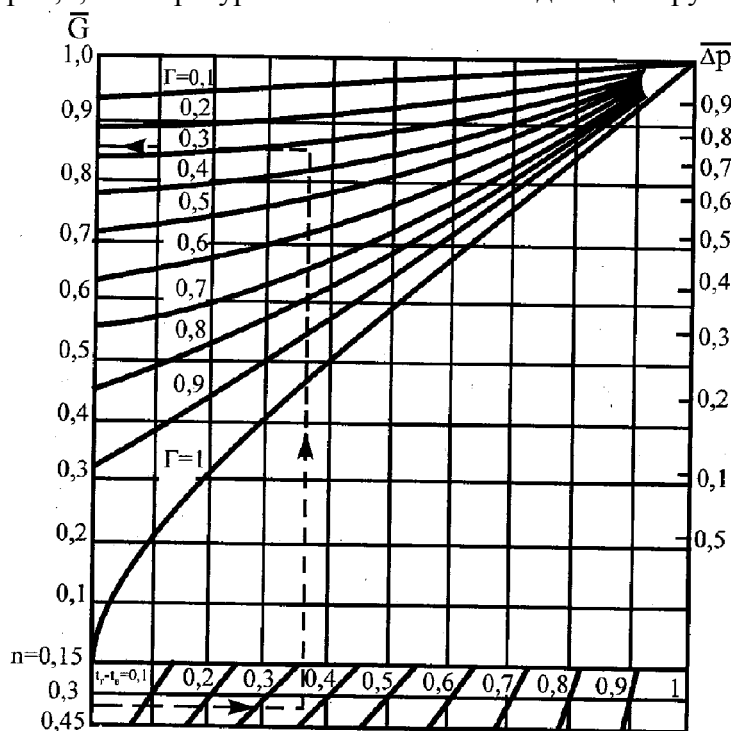


Рис.1. Номограмма для определения показателя гидравлического разрегулирования системы водяного отопления

Тогда можно определить относительную разность температуры:

$$T_{от} = (t_g - t_b) / (t_{гп} - t_b); \quad (8)$$

Затем определяем гидравлическую характеристику системы теплоснабжения по формуле 6. После необходимо воспользоваться монограммой 17.5 (рис.1), на которой представлен ход решения при $\Gamma=0,35$, тогда $G = 0,86$ – это означает разрегулирование расхода воды в системе составляет 14%.

Система централизованного теплоснабжения является сложной технической системой, состоящей из большого количества последовательно соединенных элементов. Нарушение условий эксплуатации хотя одного из них приводит к нарушению эксплуатации всей системы, что способствует уменьшению показателя надежности (вероятность безотказной работы) ее функционирования. Отключение от централизованного теплоснабжения, приводит не только к нарушению гидравлической устойчивости системы, но и снижению ее надежности. В табл. 1 представлены данные, характеризующие зависимость между этими показателями для системы теплоснабжения протяженностью до 2000м, которые получены в результате исследования надежности работы систем теплоснабжения в г. Симферополь, Керчь, Евпатория, Красноперекоск. Как видим, по мере нарушения гидравлической устойчивости снижается показатель надежности функционирования системы. Это свидетельствует о наличии обратной связи между ними. Согласно ДБН «Тепловые сети» минимальная надежность работы системы теплоснабжения установлена 0,90. Тогда зная показатель Γ можно построить график и определить реальную надежность системы теплоснабжения по данным табл. 1.(рис.2).

После этого необходимо сравнить полученное значение с рекомендуемым показателем согласно ДБН (0,90), что позволяет сделать выводы о непосредственном негативном влиянии изменения показателя Γ на надежность системы теплоснабжения. Так, если изменение гидравлической устойчивости составило 0,07, то это соответствует уровню надежности 0,85 (см. табл.1), что на 0,05 ниже минимально рекомендуемого значения. Это оказывает влияние на изменение затрат на обслуживание системы теплоснабжения, так как низконадежная система требует увеличения затрат на поддержание ее в работоспособном состоянии. Экономическая сущность надежности зак-

лючается в том, что ее повышение, в конечном счете, определяет экономию материалов, энергии, денежных ресурсов. Данное утверждение положено в основу концепции обеспечения оптимального уровня надежности систем теплоснабжения, под которым понимают определенное сочетание ее различных свойств (технических, экономических, экологических), которое обеспечивает создание и эксплуатацию системы с минимально возможными издержками. В табл. 2. представлены данные, характеризующие зависимость между снижением уровня надежности и ростом затрат коммунального предприятия тепловых сетей на поддержание их работоспособности.

Таблица 1.

Влияние показателя гидравлической устойчивости на надежность системы теплоснабжения

Изменение гидравлической устойчивости, Г	Максимальный предел надежности, доля единицы
До 0,05	0,91-0,93
0,060-0,10	0,84-0,90
0,11-0,15	0,79-0,83
0,16-0,20	0,71-0,78
0,21-0,25	0,66-0,70
0,26-0,30	0,61-0,65
0,31-0,35	0,56-0,60

Для того, чтобы воспользоваться данными табл.2. необходимо построить график зависимости между указанными показателями (см. рис.3). Зная уровень снижения надежности исследуемой системы можно определить процент увеличения затрат на обслуживание системы с целью восстановления требуемого уровня надежности. Необходимо отметить, что данные расходы необходимо учитывать соответствующим коэффициентом при расчете экономического ущерба, нанесенного предприятию теплокомунэнерго при отключении потребителей от централизованного теплоснабжения, что должно найти отражение в структуре условно-переменных затрат.

Таблица 2

Влияние изменения показателя надежности систем теплоснабжения на рост затрат на их техническое обслуживание

Рост затрат, %	Снижение уровня надежности, доля единицы
1-3	0,01-0,05
4-7	0,06-0,10
8-11	0,11-0,15
12-15	0,16-0,20
16-19	0,21-0,25

Эти затраты представляют собой плату за фактический объем потребленной тепловой энергии. Для расчета величины дополнительных затрат необходимо учесть технические показатели работы системы теплоснабжения, что предлагается осуществить по алгоритму:

1. Определяем относительную разность температуры согласно формулы 8.
2. Определяем гидравлическую характеристику системы отопления по формуле 6.
3. Воспользовавшись монограммой 17.5. (рис.1) устанавливаем показатель G, характеризующий разрегулирование расхода воды в системе отопления.
4. На основании данных табл. 1. устанавливаем реальную надежность системы теплоснабжения.
5. Определяем отклонение реальной надежности от номинальной (согласно ДБН «Тепловые сети»):

$$\Delta P = P_n - P_p; \quad (9)$$

где P_n , P_p – соответственно номинальная и реальная надежность системы теплоснабжения.

6. Согласно данных табл. 2 строим график и с его помощью определяем процент затрат на обслуживание системы. Например, рост затрат составил 1,78%, т.е. в дальнейших расчетах применяется повышающий коэффициент 1,078 (обозначение K_n).

7. Определяем прирост годовых затрат на электроэнергию:

7.1. Определяем мощность сетевых насосов:

$$N = \frac{H_{\Sigma} \cdot G}{360 \cdot \eta}; \quad (10)$$

где H_{Σ} – суммарные потери напора в сети, м; G – расход сетевой воды, м³/ч; η – КПД насоса.

7.2. Определяем мощность подпиточных насосов:

$$N = \frac{H \cdot G_{\text{под}}}{360 \cdot \eta}; \quad (11)$$

где H – напор насосов, м; $G_{\text{под}}$ – расход подпиточной воды, м³/ч;

7.3. Определяем годовой расход электроэнергии:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = N \cdot h; \quad (12)$$

где N – мощность насосов; h – число часов работы в течение года, час.

7.4. Определяем прирост годовых затрат на электроэнергию:

$$\Delta S_{\mathcal{E}} = [(\mathcal{E}_{\text{год}} \cdot K_n) - \mathcal{E}_{\text{год}}] \cdot \Pi_{\mathcal{E}}; \quad (13)$$

где K_n – повышающий коэффициент (см. пункт 6); $\Pi_{\mathcal{E}}$ – цена за кВт/час электроэнергии.

8. Определяем прирост годовых затрат на воду:

8.1. Определяем годовой расход воды:

$$G_{\text{в}} = [24 \cdot n_0 \cdot G_{\text{свз}} + 24 \cdot (350 - n_0) \cdot G_{\text{свл}}]; \quad (14)$$

где $G_{\text{свз}}$ – расход сырой воды, поступающей на химводоочистку для приготовления питательной воды при зимнем режиме, т/час; $G_{\text{свл}}$ – расход сырой воды, поступающей на химводоочистку для приготовления питательной воды в летний период, т/час; $\Pi_{\text{в}}$ – цена 1 м³ сырой воды; n_0 – продолжительность отопительного периода, сут.

8.2. Определяем прирост годовых затрат на воду:

$$\Delta S_{\text{в}} = [(G_{\text{год}} \cdot K_n) - G_{\text{год}}] \cdot \Pi_{\text{в}}; \quad (15)$$

где $\Pi_{\text{в}}$ – цена 1 м³ теплоносителя

9. Определяем прирост затрат на текущий ремонт и обслуживание:

$$\Delta S_{\text{тр}} = h \cdot [(S_{\text{ам}} \cdot K_n) - S_{\text{ам}}]; \quad (16)$$

h – норма отчислений, 0,75; $S_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления.

10. Определяем прирост потерь тепла [4, с.388]:

$$Q_{\text{mn}} = 0,95 K \pi (\tau_{\text{ср}} - t_0) (1 + \beta) n_0 \cdot 10^{-6} \frac{L^{0,19}}{\Delta p^{0,19} (\delta \tau')^{0,38}} \sum_i^m Q_i^{0,38} l; \quad (17)$$

где K – коэффициент теплопередачи теплопровода с учётом изоляции канала, грунта, отнесённой к поверхности неизолированной трубы (1,1–1,5 Вт/м²°C); t_0 – среднегодовая температура воздуха, °C; β – коэффициент местных потерь тепла, n_0 – число часов работы в году, ч/год; Δp – линейные потери давления в сети, Па; L – протяжённость магистрали в метрах; Q_i – расчётная тепловая нагрузка на i -ом участке, Мвт; l – протяжённость участка, м; $\tau_{\text{ср}}$ – среднегодовая температура теплоносителя; $\delta \tau'$ – перепад температур сетевой воды, °C.

10.1. Определяем прирост стоимости годовых потерь тепла:

$$\Delta S_{\text{nm}} = [(Q_{\text{mn}} \cdot K_n) - Q_{\text{mn}}] \cdot Z; \quad (18)$$

Z – замыкающие затраты на тепло, грн/Мвт·час.

Необходимо отметить, что из-за не использования части теплоносителя происходит повышение температуры теплоносителя в обратной магистрали, что приводит к повышению перепада температур между трубами и окружающей средой (25% отключение, повышение составляет 8°, потери возрастают на 20% [2, с.6]. В этом случае формула 18 приобретает вид:

$$\Delta S_{\text{nm}} = [(Q_{\text{mn}} \cdot K_n \cdot K_d) - Q_{\text{mn}}] \cdot Z; \quad (19)$$

где K_d – коэффициент, учитывающий увеличение тепловых потерь (при отключении 25% потребителей он равен 1,20).

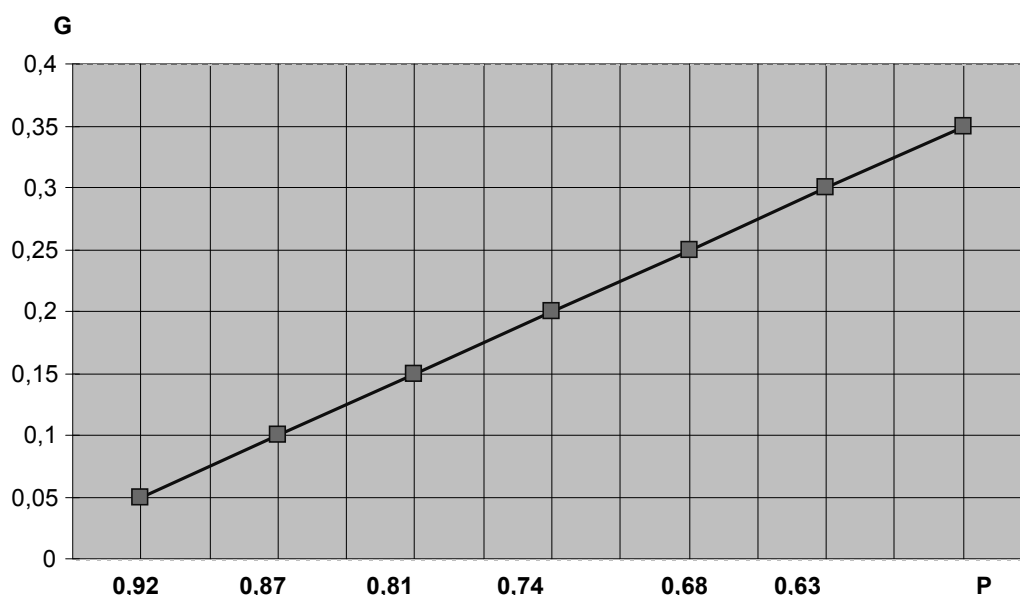


Рис. 2. Зависимость надежности систем теплоснабжения от изменения гидравлической устойчивости

11. Работы по наладке и восстановлению гидравлической устойчивости требуют проведения комплекса работ по устройству дополнительного оборудования.

Работы по магистральному трубопроводу.:

11.1. Обеспечение постоянного напора сетевого насоса на магистральных трубопроводах (проводится по месту с учетом параметров гидравлической устойчивости системы).

11.2. Обеспечение и поддержка открытыми концевых перемычек.

Работы по наладке внутрисетевой системы.

11.3. Установка приборов учета тепловой энергии на каждом доме, имеющем определенное количество квартир, отключившихся от централизованного теплоснабжения.

11.4. Настройка гидравлики внутренней системы отопления с помощью дроссельных шайб или балансировочных клапанов. Определяющим является уменьшение коэффициента смещения путем увеличения сопротивления отопительной системы: прикрытием входной задвижки на вводе в дом или установка дроссельной шайбы.

11.5. Установка регуляторов температуры на бойлерах ГВС.

Работы по наладке сетей подходящих к дому.

11.6. Установка импортных сетевых насосов (Данфос, Герц), имеющих КПД в 2-3 раза выше отечественных и отличающихся малой энергозатратностью.

11.7. На участках непосредственного ввода теплопровода в дом установка предварительно изолированных труб «Экофлекс» (от уреза здания по трассе не более 25м).

Работы по корректировке котельного оборудования.

11.8. Производство перерасчета сопла горелок под реальную тепловую нагрузку.

11.9. Проведение режимной наладки котлов с инвентаризацией выбросов продуктов сгорания.

11.10. Оптимально с учетом реальной тепловой нагрузки настроить автоматику котлоагрегатов.

Стоимость работ по пп. 11.1 – 11.10 производится по ЕНИР (единые нормы и расценки на производство работ с учетом стоимости необходимого оборудования), что включается в затраты предприятия теплокомунэнерго по восстановлению гидравлической устойчивости системы теплоснабжения.

12. Определение экономического ущерба от разрегулирования системы теплоснабжения:

$$\Delta U_{\text{раз}} = \Delta S_{\text{г}} + \Delta S_{\text{в}} + \Delta S_{\text{тр}} + \Delta S_{\text{пм}} + \Delta S_{\text{мат}}; \quad (20)$$

где ΔS_e , ΔS_b , ΔS_{tr} , ΔS_{pm} , ΔS_{mat} - прирост годовых затрат на электроэнергию, воду, текущий ремонт, стоимости тепловых потерь, материалов и оборудования, грн.

13. Определение экономического ущерба от разрегулирования системы теплоснабжения на 1 м² жилой площади:

$$\Xi Y_{\text{раз}} \text{ м}^2 = \Xi Y_{\text{раз}} / \Sigma F; \quad (21)$$

ΣF - суммарная жилая площадь квартир, отключившихся от подачи тепловой энергии, м².

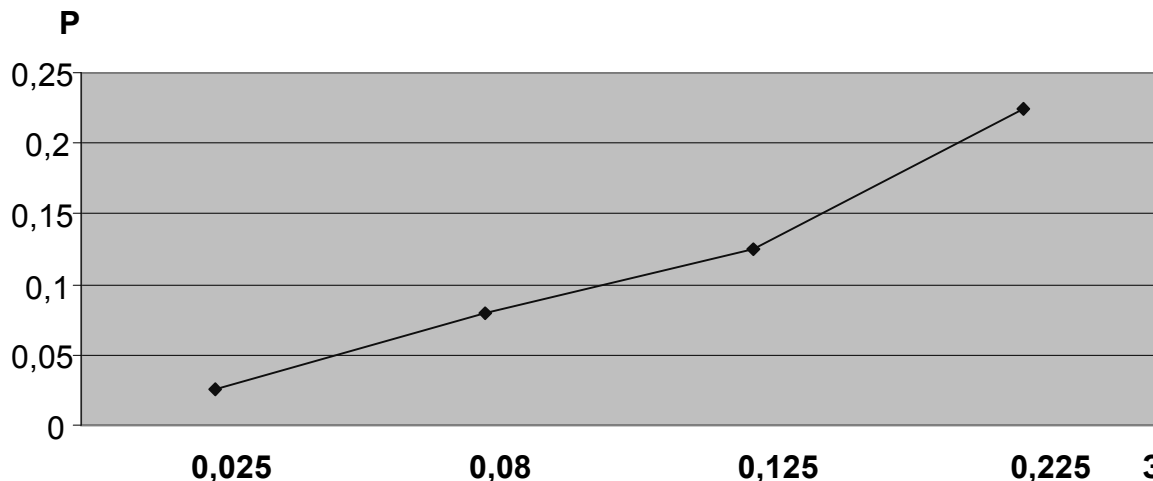


Рис. 3. Зависимость роста затрат на обслуживание систем теплоснабжения от снижения уровня надежности

ВЫВОДЫ

1. Отключение потребителей от централизованного теплоснабжения приводит не только к нарушению теплового режима, гидравлической устойчивости системы теплоснабжения, но и снижению надежности ее функционирования, что требует от коммунального предприятия тепловых сетей проведения комплекса мероприятий по вынужденной наладке оборудования как котельной, так и сетей теплоснабжения, что способствует росту его условно-переменных затрат.

2. Установлена зависимость между ростом затрат на обслуживание систем теплоснабжения и снижением уровня надежности, что характеризуется обратной связью.

3. Предложена методика расчета экономического ущерба предприятия теплокоммунэнерго от отключения потребителей от централизованного теплоснабжения, включающая в себя пять составляющих: прирост годовых затрат на электроэнергию, воду, текущий ремонт, стоимости тепловых потерь, материалов и оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будько Р.Л. Централізовані внутрішньоквартальні системи теплопостачання житлових масивів: монографія / Р.Л. Будько. - Дніпропетровськ: Світло, 2010. - 312с.
2. Зайцев О. Н. Экспертиза эффективности работы тепловых сетей при отключении потребителей от централизованного теплоснабжения. / О. Н. Зайцев.- Симферополь: НАПКС, 2011. - 19с.
3. Котельник С. Р. Тарифікація постачання теплової енергії для суб'єктів господарювання: проблеми, перспективи. / С. Р. Котельник // Теплоенергетика України. - 2009. - №2. - С. 22-25
4. Козин В. Е. Теплоснабжение: учеб. пособие. / В. Е. Козин. - М.: Высшая школа, 1980. - 405с.
5. Навальний П. Р. Перспективи розвитку теплоенергетики в Україні: моногр. / Петро Навальний. - Львів: Наукова думка, 2011. - 289с.
6. Соколов О. Л. Современная парадигма развития теплоэнергетики в России : моногр. / О. Л. Соколов. - М : Инфра - М, 2011. - 389с.
7. Сканави А. Н. Отопление : учеб. пособие. / А. Н. Сканави. - М.: АСВ, 2002. — 503 с.