

9. Дытнерский Ю., 1991. Основные процессы и аппараты химической технологии – Пособие по проектированию. М.: Химия, – 496.
10. Редько А., Чайка Ю., Бурда Ю., 2015. Очистка выбросов от коксовых печей с помощью скруббера насадочного типа. // MOTROL. Commission of motorization and energetic in agriculture. – Lublin: Polish Academy of sciences - Vol. 17, № 6. - P 62–68.
11. Agilent Technologies, 2013, Agilent Gas Clean Filter System – 50p.
12. Dermot Roddy, 2010. Advanced power plant materials, design and technology Oxford, Cambridge, New Delhi – 446p.
13. Sakura G. and Andrew Y. T., 2015. Experimental Study of Particle Collection Leung - 5.
14. Sebastian Benavides, 2012. Cyclone Separators; Physics behind them and how they work. Specialization Course December 18.
15. R.W.R. Zwart, 2009. Gas cleaning downstream biomass gasification – 65p.

Бурда Ю. А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ КОКСОВОГО ГАЗА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ТРЕУГОЛЬНОЙ НАСАДКИ С КРЕСТООБРАЗНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ. В данной работе были приведены результаты опытов по внедрению новой треугольной насадки с крестообразными отверстиями, для проверки ее эффективности в сравнение с ее непосредственным аналогом – деревянной хордовой.

Ключевые слова: Скруббер, насадки, газоочистка, мокрая газоочистка, коксовая промышленность.

Burda Y. O. IMPROVING THE EFFICIENCY OF COKE GAS PURIFICATION DUE TO THE INTRODUCTION OF TRIANGULAR NOZZLES WITH SLOTTED HOLES. In this paper, the results of experiments on the introduction of new triangular nozzles with slotted holes to test its effectiveness in comparison with its direct counterpart – wood chord.

Keywords. Scrubber, nozzles, gas cleaning, wet gas cleaning, coke industry.

УДК 697.34

Збараз Л. И.,

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
(ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина; e-mail: Zbaraz_Len@ukr.net, ORCID ID [0000-0003-2912-0375](https://orcid.org/0000-0003-2912-0375))*

Чичерин С. В.

*Омский государственный университет путей сообщения,
(пр. Маркса, 35, Омск, 644046, Российская Федерация; e-mail: man_csv@hotmail.com; ORCID ID [0000-0002-9359-9678](https://orcid.org/0000-0002-9359-9678))*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Из-за значительной протяженности трубопроводов тепловых сетей, отработавших нормативный ресурс, и недостаточных средств ремонтного фонда теплоснабжающие организации вынуждены максимально внимательно относиться к выбору участков, реконструкция которых планируется на ближайший период. Требуется эффективный инструмент сравнения потенциальной опасности аварийных ситуаций в теплосетевой инфраструктуре с точки зрения ключевого в условиях рыночной экономики фактора – стоимости.

В расчет были включены следующие компоненты, определяющие прямые потенциальные убытки в случае повреждения трубопроводов тепловых сетей: недоотпуск тепловой энергии, опорожнение трубопровода, затраты на его ремонт и восстановление асфальтобетонного покрытия, тепловые потери из-за увлажнения теплоизоляции. Выделено 5 составляющих в группе косвенных рисков. Показано, что доля косвенных убытков, например, в случае повреждения смежных коммуникаций, может быть существенно выше соответствующих величин, связанных с устранением дефекта.

Ключевые слова: Теплоснабжение, надежность, тепловая сеть, теплоноситель, повреждение, ремонт, улица, абонент, убыток, затраты, коммуникации, жизнеобеспечение, восстановление.

Введение. С одной стороны, значительная протяженность трубопроводов тепловых сетей, отработавших нормативный ресурс, требует увеличения длины участков, подлежащих плановой замене. С другой стороны, в связи с тем, что цены на топливо, материалы и оборудование растут скачками, а тарифы, как правило, значительно отстают, объем ремонтного фонда теплоснабжающих организаций не соответствует потребности. Поэтому в формирование плана переключений постоянно вносятся коррективы.

Эти два факта создают своего рода «бутылочное горлышко», вынуждая максимально внимательно относиться к выбору участков, реконструкция которых планируется на текущий период.

Исследование реконструкции тепловых сетей чаще выполняется для оценки недоотпуска тепла потребителям [1, 2] или для расчета вероятности появления дефектов в будущем [3-6].

В [9] приводится комплексный анализ причин возникновения убытков теплоснабжающих организаций, рассчитывается экономический эффект от внедрения мероприятий по повышению надежности тепловых сетей. В [10] описывается степень взаимосвязи крупных инженерных систем: так, отказ на тепловых сетях может повлиять на электросети, а нарушение в работе электросети может привести к замораживанию сетей водо- и теплоснабжения, но численно общий ущерб от аварийной ситуации в теплосетевой инфраструктуре не рассчитывается.

В публикациях западноевропейских авторов убытки оцениваются лишь, как правило, упрощенно: например, с целью сравнения параметров работы различных вариантов одной и той же системы в случае возникновения нештатной ситуации [11, 12].

Постановка задачи. Требуется эффективный инструмент сравнения потенциальной опасности аварийных ситуаций в теплосетевой инфраструктуре с точки зрения ключевого в условиях рыночной экономики фактора – стоимости – будь то стоимости затрат на плановый ремонт или ликвидацию последствий повреждения.

Методы и алгоритмы решения. Недополученная выгода (Costs) в случае отключения услуг отопления, вентиляции и ГВС потребителей при возможном повреждении трубопроводов:

$$C_Q = Q \cdot t \cdot f_Q, \quad (1)$$

где Q – суммарная тепловая нагрузка при температуре наружного воздуха в период возникновения и устранения дефекта, Гкал/ч; t – время устранения повреждения, ч; f_Q – тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Для устранения повреждения в отопительный период необходимо снижение давления на источнике, опорожнение участка трубопровода и организация отвода горячей воды, что приведет к ущербу, связанному с потерей теплоносителя (Hot Water):

$$C_{HW} = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot L \cdot (f_{Dr} + f_{HW}), \quad (2)$$

где D – средний диаметр трубопровода, м; L – протяженность секционируемого участка, м; f_{Dr} – стоимость организации отвода теплоносителя (Drainage), руб./м³; f_{HW} – стоимость теплоносителя, руб/м³.

Затраты на неплановый ремонт повреждения (Damage):

$$C_D = L_D \cdot f_D, \quad (3)$$

где L_D – длина повреждения, м, f_D – удельная стоимость ремонта повреждения, руб/м.

В случае затопления горячей водой дефектного участка произойдет намокание и повреждение теплоизоляции на секционируемом участке. Стоимость сверхнормативных потерь тепловой энергии (Heat Losses) составит:

$$C_{HL} = L \cdot f_{HL}, \quad (4)$$

где f_{HL} – приблизительная стоимость сверхнормативных потерь тепла от одного трубопровода, руб./м.

Выделено пять составляющих в группе косвенных рисков:

1. Прокладка трубопроводов под пешеходными зонами – C_P (Pedestrians). Риск оценивается суммой возмещения морального и материального ущерба, причиненного 1 человеку при попадании его в зону

повреждения трубопровода, а также стоимостью восстановления 1 м^2 пешеходной зоны;

2. Прокладка трубопроводов под автомобильными и железными дорогами – C_{RC} (Road Crossings). Риск оценивается суммой возмещения морального и материального ущерба, причиненного 1 автотранспортному средству с пассажирами, при попадании его в зону повреждения трубопровода, а также стоимостью восстановления 1 м^2 покрытия автомобильной и полотна железной дороги;

3. Прокладка трубопровода в местах массового скопления жителей города – C_{CG} (Community Gatherings). Риск оценивается суммой возмещения морального и материального ущерба, причиненного 1 человеку при попадании его в зону повреждения трубопровода, а также затратами на восстановление 1 м^2 благоустроенной территории;

4. Затопление строений при возможном повреждении трубопроводов – C_F (Foundations). Риск оценивается суммой возмещения морального ущерба жителям и материального ущерба указанной единице строений, причиненного при затоплении, а также затратами на восстановительные работы на поврежденном объекте;

5. Нанесение ущерба инфраструктуре города при возможном повреждении трубопроводов – C_U (Utilities). Риск оценивается суммой материального ущерба от отключения инженерных коммуникаций и сооружений, а также затратами, направленными на восстановление надежной работы коммуникаций и сооружений.

Стоимость косвенных рисков от повреждения трубопровода тепловых сетей должна быть рассчитана, исходя из повреждения, нанесенного одному объекту. При возможном увеличении объектов воздействия, сумма возмещения увеличивается пропорционально их количеству. Для более точной оценки группы косвенных рисков целесообразно визуализация трассы прокладки тепловой сети относительно существующих и планируемых построек, а также городской инфраструктуры жизнеобеспечения.

Методика оценки ущерба от аварийной ситуации в теплосетевой инфраструктуре опробована на участке магистральной тепловой сети г. Омска, Российская Федерация, (расчетная температура наружного воздуха $-37\text{ }^\circ\text{C}$) между тепловыми камерами ТК-V-B-64 и -63/2, где было смоделировано повреждение подающего трубопровода наружным диаметром 530 мм в точке пересечения с улицей Маршала Жукова.

Суммарный расход теплоносителя для обеспечения нагрузки в расчетном зимнем режиме на нужды отопления, вентиляции и ГВС составляет 174,37 т/ч. Тариф на тепловую энергию для населения по теплоисточникам города Омска, установленный Региональной энергетической комиссией Омской области с 1 июля по 31 декабря 2017 года составляет 0,36 руб. за 1 МДж (с учетом НДС). Теплотрасса проходит под автомобильной дорогой магистрального типа, с интенсивным движением грузовых и легковых транспортных средств. Топогеодезическая съемка объекта исследования приведена на рис. 1.

Секционирующие задвижки находятся в камерах ТК-V-B-64 и -57а (находится правее относительно границ рис. 1), таким образом, длина секционируемого участка составляет 811 м.

Результаты. Выполненная визуализация показана на рис. 2.

Часть теплотрассы расположена под тротуаром с интенсивным движением пешеходов (проходит вдоль ул. Маршала Жукова, рис. 2), учтено пересечение с автомобильной дорогой магистрального типа. Кроме того, при возможном затоплении интенсивным напором горячей водой температурой около $100\text{ }^\circ\text{C}$ могут быть повреждены следующие инженерные коммуникации: три высоковольтных электрических кабеля, проложенных параллельно теплотрассе, опоры линии освещения, коммуникации водоснабжения (керамическая труба диаметром 150 мм) и линия ливневой канализации диаметром 600 мм (рис. 1), общие затраты на восстановление которых составят более 5000 тыс. рублей.

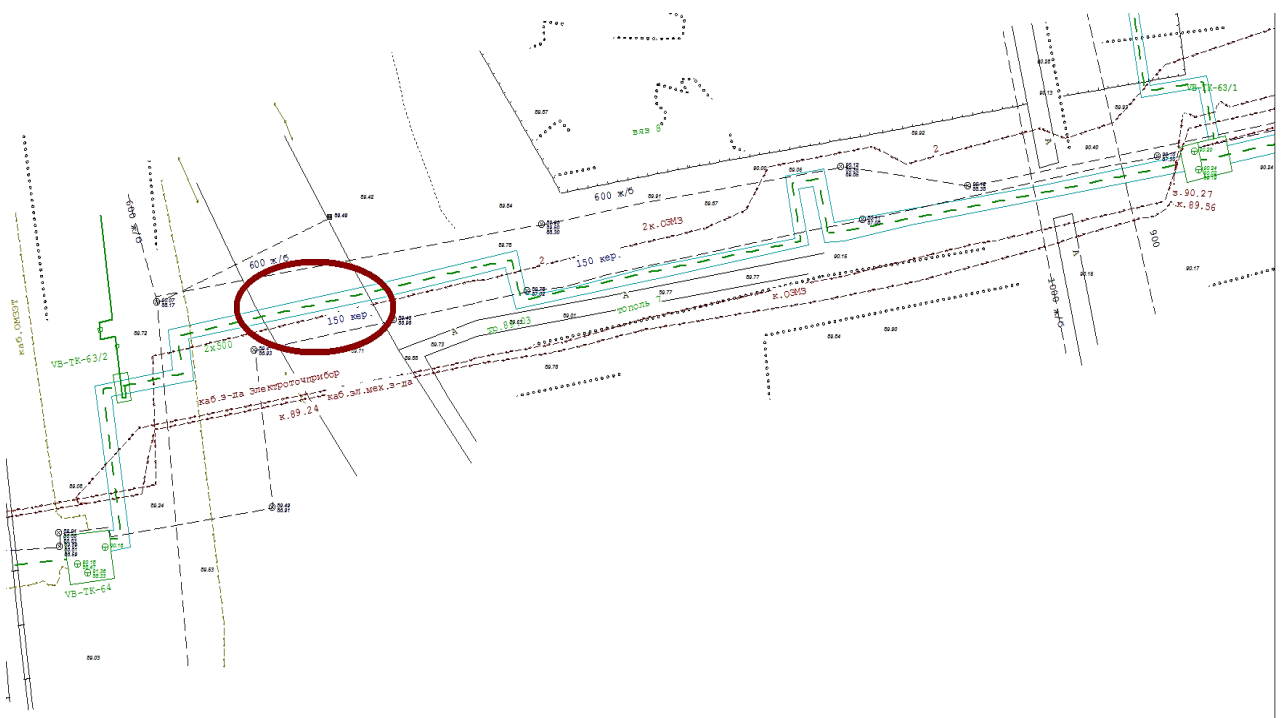


Рис. 1. Результаты проведенных инженерных изысканий вблизи объекта исследования (место моделируемого повреждения обведено)

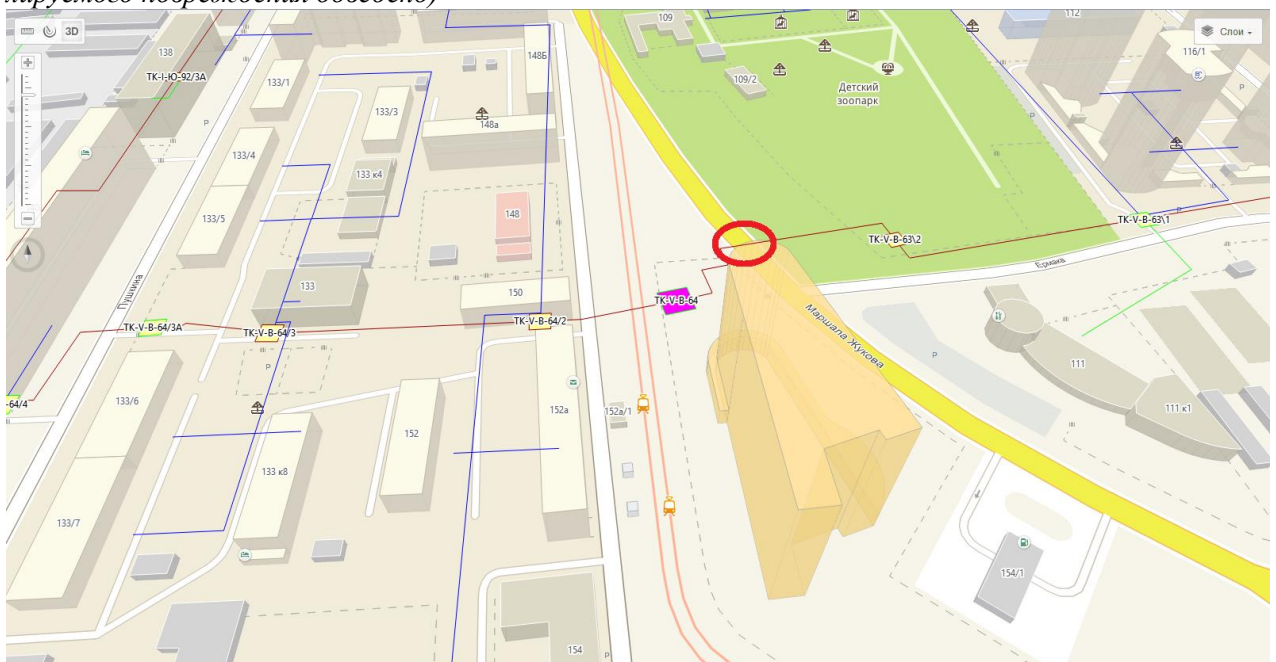


Рис. 2. Графическое изображение тепловых коммуникаций (место моделируемого повреждения обведено)

Высотное здание вблизи ТК-V-B-64 (рис. 2) является строящимся, его очертания нанесены согласно проектной документации, соответственно, при расчете затраты на устранения последствий затопления строений во внимание не принимались.

Результаты расчета по формулам (1)-(4), а также приблизительные стоимости компонентов ущерба группы косвенных рисков, показанные штриховкой в разные стороны, приведены на рис. 3.

Как видно из диаграммы (рис. 3), величина убытков от недоотпуска тепла – наибольшая среди прямых рисков и составила чуть более двух миллионов рублей, а самая высокая удельная стоимость – это затраты на локализацию одного погонного метра повреждения трубопровода силами теплоснабжающей организации (24 тысячи рублей). Соотношение по видам затрат и суммарный итог приведены в табл. 1.

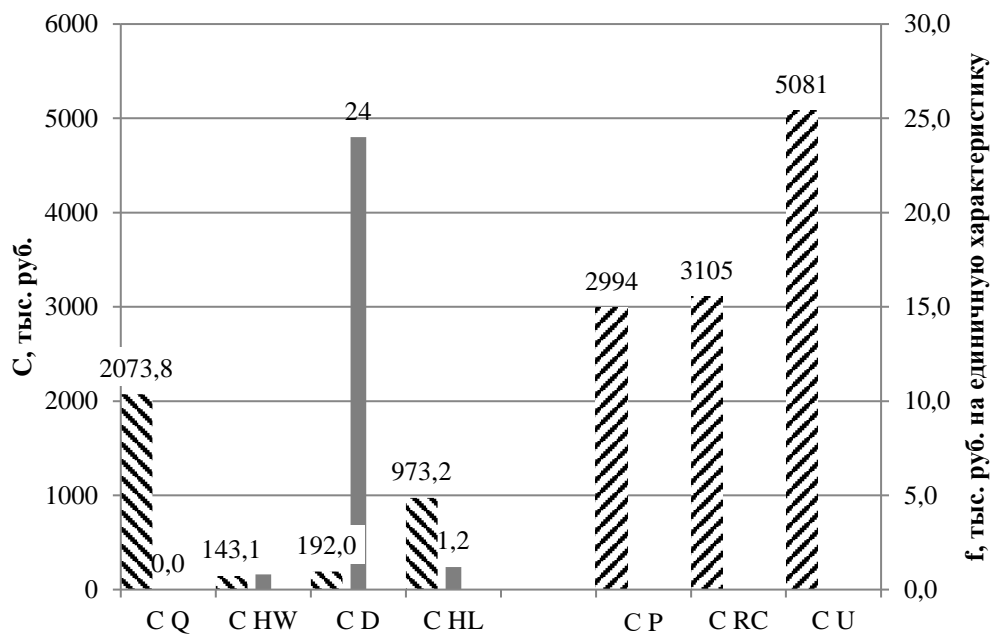


Рис. 3. Сравнение различных составляющих ущерба от аварийной ситуации, а также удельные характеристики отдельных составляющих

Таблица 1 - Сводная информация затрат по приведенному примеру

Наименование	Недополученная выгода	Потеря теплоносителя	Ремонт повреждения	Стоимость тепловых потерь	Вред пешеходам	Риски для автотранспорта	Ущерб инфраструктуре города	Итого
Затраты, тыс. руб.	2073,8	143,1	192,0	973,2	2994	3105	5081	14562,1
Доля, %	14,2	1,0	1,3	6,7	20,6	21,3	34,9	100

Выводы. Приведенный подход позволяет специалистам с минимальными затратами времени и сил снижать потенциальные риски; он может быть полезен при составлении технико-экономических обоснований для разного рода мероприятий по реконструкции и замене участков тепловых сетей. Пробное использование на примере участка магистральной сети г. Омска, Россия, показало, что общие затраты на ликвидацию технологического нарушения могут составить почти пятнадцать миллионов рублей, что несоизмеримо больше стоимости планового вывода участка в капитальный ремонт даже с учетом возможных помех и рисков для автомобильного и пешеходного движения.

Кроме того, результаты исследования указывают на то, что наиболее затратна ликвидация не тех последствий аварийной ситуации, ущерб от которых может быть

оценен при помощи удельных значений (рис. 3) и имеет место при возникновении повреждения на любом участке тепловой сети, а последствий, обусловленных выбором места расположения теплотрассы и стечением внешних обстоятельств: наличия пешеходов, транспортных средств и т. д. Отсюда можно сделать вывод, что при стратегическом планировании и проектировании переключков тепловых сетей следует руководствоваться не только величиной покрываемой нагрузки но и близостью к объектам жизнеобеспечения.

Кроме того, возможно будет модернизировать существующие подходы к расширению систем централизованного теплоснабжения [13, 14], например, таким образом, чтобы потенциально опасные для городской инфраструктуры теплопроводы большого диаметра не находились вблизи скоплений инженерных коммуникаций и

других важных объектов жизнеобеспечения.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Правительства Российской Федерации (приказ Минобрнауки №860 от 29.08.2017).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Tian Y., Zhou Z., Wang Z. Connection Method between Urban Heat-supply Systems Based on Requirement of Limited-heating // *Procedia Engineering*. – 2016. – Т. 146. – С. 386-393.
2. Ковьянский Я.А., Красовский Б.М., Гришкова А.В. Надежность и качество теплоснабжения - приоритеты СНиП 41-02-2003. Тепловые сети // *Теплоэнергетика*. - 2006. - № 8. - С. 72-77.
3. Valinčius M. et al. Integrated assessment of failure probability of the district heating network // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2015. – Т. 133. – С. 314-322.
4. Babiarz B. Niezawodność podsystemu dostawy ciepła // *Journal of KONBiN*. – 2015. – №. 3 (35). – С. 15-22
5. Hlebnikov A. et al. Damages of the Tallinn district heating networks and indicative parameters for an estimation of the networks general condition // *Scientific Journal of Riga Technical University. Environmental and Climate Technologies*. – 2010. – Т. 5. – №. 1. – С. 49-55
6. Gilski P. et al. Probability of Failure Assessment in District Heating Network // *The 14th International Symposium on District Heating and Cooling, September 7th to September 9th, 2014, Stockholm, Sweden*.
7. Schmidt D. et al. Low temperature district heating for future energy systems // *Energy Procedia*. – 2017. – Т. 116. – С. 26-38.
8. Чичерин С.В. Надежность и эффективность среднетемпературного теплоснабжения // *Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки*. 2017.Т 23. № 2. С. 75-80. DOI: 10.18721/JEST.230207
9. Мунц Ю.Г., Мунц В.А. Об оценке инвестиционной привлекательности проектов повышения надежности тепловых сетей // *Современные технологии управления*. 2016. № 1 (61). С. 2-12.
10. Ваньков Ю. В., Зиганшин Ш. Г., Горбунова Т. Г. Влияние надежности тепловых сетей на функционирование инженерных систем // *Новости теплоснабжения*. – 2012. – № 10 (146). – С. 30-35.
11. Andrić I. et al. On the performance of district heating systems in urban environment: an emergy approach // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Т. 142. – С. 109-120.
12. Rimkevicius S. et al. Development of approach for reliability assessment of pipeline network systems // *Applied energy*. – 2012. – Т. 94. – С. 22-33.
13. Чичерин С.В. Планирование и оценка преимуществ увеличения нагрузки системы централизованного теплоснабжения. // *Вестник ВСГУТУ*. - 2017. - № 2(65). - С. 17-23.
14. Bordin C., Gordini A., Vigo D. An optimization approach for district heating strategic network design // *European Journal of Operational Research*. – 2016. – Т. 252. – №. 1. – С. 296-307.

Збараз Л. И., Чичерин С. В. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗБИТКУ ВІД АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

Через значну довжину трубопроводів теплових мереж, що відробили нормативний ресурс, і недостатніх засобів ремонтного фонду теплопостачальні організації змушені максимально уважно ставитися до вибору ділянок, реконструкція яких планується на найближчий період. Потрібен ефективний інструмент порівняння потенційної небезпеки аварійних ситуацій у теплосетевій інфраструктурі з погляду ключового в умовах ринкової економіки фактора - вартості.

У розрахунок були включені наступні компоненти, що визначають прямі потенційні збитки у випадку ушкодження трубопроводів теплових мереж: недовідпустака теплової енергії, спорожнювання трубопроводу, витрати на його ремонт і відновлення асфальтобетонного покриття, теплові втрати через зволоження теплоізоляції. Виділено 5 складових у групі непрямих ризиків. Показано, що частка непрямих збитків, наприклад, у випадку ушкодження суміжних комунікацій, може бути істотно вище відповідних величин, пов'язаних з усуненням дефекту. Наведений підхід дозволяє фахівцям з мінімальними витратами часу й сил знижувати потенційний збиток; він може бути корисний при складанні техніко-економічних обґрунтувань для різного роду заходів щодо реконструкції й заміни ділянок теплових мереж.

Ключові слова: Теплопостачання, надійність, тепла мережа, теплоносій, ушкодження, ремонт, вулиця, абонент, збиток, витрати, комунікації, життєзабезпечення, відновлення.

Zbaraz L. I., Chicherin S. B. METHODOLOGY OF ESTIMATION OF DAMAGE FROM EMERGENCY SITUATION IN THE HEAT SUPPLY SYSTEM. Due to the considerable length of the pipelines of the heating networks, the exhausted regulatory resource, and the insufficient funds of the repair fund, the heat supplying organizations are forced to take as close as possible to the selection of sites, the reconstruction of which is planned for the near future. An effective tool is needed to compare the potential danger of emergencies in the heat network infrastructure from the point of view of the key factor in the market economy of factor-cost.

The following components were included in the calculation, which determine direct potential losses in the event of damage to the pipelines of heating networks: under-supply of heat energy, pipeline emptying, repair costs and recovery of asphalt pavement, heat losses due to the humidification of thermal insulation. Five components are identified in the group of indirect risks.

It is shown that the share of indirect losses, for example, in the case of damage to adjacent communications, can be significantly higher than the corresponding values associated with the elimination of the defect.

Keywords: Heat supply, reliability, heat network, heat carrier, damage, repair, street, overlapping, restriction, consumer, subscriber, direct, indirect, risk, loss, costs, communications, life support, restoration.

УДК 502.5

Рибалова О.В.,

*Національний університет цивільного захисту України,
(вул. Чернишевська, 94, Харків, 61000, Україна; e-mail: fteb.nuczu@mns.gov.ua),*

Варламов Є.М., Гаджиєв Е.Н.

*Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,
(вул. Бакуліна, 6, Харків, 61166, Україна)*

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

В статті проаналізовано переваги та недоліки методичних підходів до оцінки ризику для здоров'я населення, що є актуальним для подальшого розвитку методології визначення рівня екологічної небезпеки промислових підприємств. Були розглянуті джерела забруднення атмосферного повітря виробництва теплоізоляційних матеріалів. Дана оцінка ризику для здоров'я населення при впливі викидів забруднюючих речовин відповідно до американського та російського методичних підходів. Визначено перелік захворювань, які можуть виникнути при впливі викидів забруднюючих речовин підприємства виробництва мінеральної вати.

Ключові слова: екологічна безпека, екологічна небезпека, здоров'я населення, викиди забруднюючих речовин, виробництво мінеральної вати, теплоізоляційні матеріали.

Вступ. Забруднення навколишнього середовища ставить перед суспільством проблему забезпечення екологічної безпеки і соціальної захищеності людини в умовах стійкого економічного розвитку нашої держави. Збереження здоров'я населення є одним з основних критеріїв при рішенні екологічних проблем, тому що від стану здоров'я людей залежить добробут країни в цілому.

Екологічна безпека є невід'ємним елементом стійкого відтворного розвитку суспільства, який реалізується в довготривалих інтересах людей і забезпечує сприятливі умови для існування і розвитку, як людського суспільства, так і всього рослинного і тваринного світу.

Забезпечення стабільного суспільного розвитку викликає необхідність розроблення інструментарію для визначення