

19. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч.1 / [Островский Г.М., Абиев Р.Ш., Барабаш В.М. и др.]; под ред. Г.М. Островского. – Санкт-Петербург: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 846 с.

20. Бордовский Г.А. Физические основы математического моделирования. Учебное пособие / Г. А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – Москва: Издательский центр «Академия», 2005. – 320с.

21. Игнатъев А.А. Основы теории идентификации объектов управления: учеб. пособие / А.А. Игнатъев, С.А. Игнатъев. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. – 44 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.2020

УДК 658.38:621.1

В.Г. НАЛИВАЙКО, канд. техн. наук, доц., О.Г. МОВЧАН, канд. хим. наук, доц.,
К.В. ЛОСЬЕВ, ассист.

Криворожский национальный университет

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ОЧЕРЕДНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РЕМОНТОВ ПО ЗАМЕНЕ АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТРАВМООПАСНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Цель. Целью данной работы является разработка методов и способов повышения безопасности труда при эксплуатации и ремонтах теплотрасс. Также необходимо выявить наиболее травмоопасные специальности работников предприятий теплоснабжения, уменьшив аварийную производственную нагрузку на них. Уменьшение аварийных работ может быть достигнуто путем проведения профилактических работ на теплотрассах, сокращая при этом количество опасных работ.

Методы исследования. Исследования проводились с использованием математико-статистического метода экспертных оценок. Данный метод позволяет оперативно выявить наиболее проблемные и затратные работы предприятий теплоснабжения возникающие как в процессе эксплуатации оборудования и теплотрасс так и с внезапными аварийными ситуациями. Таким образом можно определить перечень профилактических работ которые должны быть выполнены в первую очередь.

Научная новизна. Исследования с использованием математико-статистического метода экспертных оценок позволяют оперативно определить проблемы при организации профилактических ремонтов на предприятиях теплоснабжения.

Практическая значимость. Полученные выводы по результатам исследований позволят разработать рекомендации по уменьшению количества аварийных работ на теплотрассах. Определив наиболее травмоопасные специальности предприятий теплоснабжения необходимо уменьшить производственную нагрузку связанную с аварийными работами через проведение профилактических работ на наиболее потенциально опасных аварийных участках.

Разработанные рекомендации на основе математико-статистического метода экспертных оценок позволяют улучшить производство организационных работ по ликвидации аварийных участков теплотрасс и снизить количество аварийных работ, что в свою очередь, уменьшит заболеваемость работников предприятий теплоснабжения и повысит безопасность труда особенно в осенне-зимний период года, а также сократит экономические потери от ликвидации аварийных ситуаций и лечения заболевших работников теплогенерирующих предприятий.

Результаты. Как показал анализ проведенных исследований наиболее значимыми в определении очередности проведения работ на предприятиях, являются прогнозирование аварийных участков теплотрасс и совершенствование организационных ремонтных работ на теплотрассах. На основании профилактических графиков ремонтных работ можно составить первоочередность замены труб аварийных участков, что намного облегчит планирование ремонтных работ по замене аварийных участков трубопроводов. Наиболее травмоопасными специальностями являются газосварщик и электросварщик. Условия их работы эксперты определяют как опасные и вредные.

Ключевые слова: экспертная оценка, математико-статистический метод экспертных оценок, баллы оценки.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-107-90-96

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Существенными факторами сокращения количества ремонтных работ являются профилактические работы при эксплуатации теплогенерирующего оборудования и заблаговременное выявление аварийных участков теплотрасс.

Эти работы определяют объемы и количество подлежащих замене аварийных теплопроводов. Существенно также влияет время и условия нахождения трубопроводов под землей и их параметры (диаметр, толщина стенок трубопроводов, протяженность аварийных участков).

© Наливайко В.Г., Мовчан О.Г., Лосьев К.В., 2020

Вышеперечисленные условия могут вызывать возрастание материальных и трудовых затрат, особенно это сказывается в осенне-зимний период (работа в холодную и сырую погоду с мерзлым грунтом).

Выполняемые организационные работы включают: составление графиков ремонтов, организация землеройной техники, ремонтных бригад, а также вывоз демонтированных труб с мест ремонта, доставка и монтаж новых, время демонтажа. Согласование и утверждение этих графиков с вышестоящими структурными подразделениями предприятия, выполнение гидравлических испытаний трубопроводов перед сдачей их в эксплуатацию [13].

Анализ исследований и публикаций. Одним из самых важных факторов в организации ремонтных работ являются разработка и согласование параметров теплоносителя при транспортировании его по замененным и незаменным трубам. Если параметры нагрузок будут не согласованы, то это может привести к серьезным последствиям. Анализ травматизма и заболеваемости на теплогенерирующих предприятиях в период с середины девяностых годов по настоящее время проводимые институтом НИИБТГ и опубликованные результаты в сборниках работ, позволяют говорить об актуальности проблемы уменьшения травмоопасности выполняемых работ [14].

Постановка задачи. В связи с вышеизложенным в феврале 2020 года было проведено анкетирование работников теплогенерирующих предприятий Кривого Рога, таких как КПТС «Криворожтеплосеть» и ПАТ «Криворожская ТЦ» по вопросу установления очередности профилактических работ по замене аварийных трубопроводов.

В анкетировании приняли участие работники теплогенерирующих предприятий всех структурных подразделений. Ниже приведены вопросы на которые отвечали работники предприятий КПТС «Криворожтеплосеть», и ПАТ «Криворожская теплоцентраль» следующие: (при этом каждому фактору по степени важности эксперты присваивали определенный балл оценки) [13]:

Факторы

1. Проведение ремонтных работ только в весенне-летний период.
2. Своевременное выявление возможных порывов на теплотрассах.
3. Составление профилактических графиков, связанных с возможными порывами труб на теплотрассах.
4. Разработка и внедрение методики по определению нахождения участков труб с минимальной толщиной стенки.
5. Разработка и внедрение автоматизированного определения аварийных участков труб.
6. Усовершенствование графика схемы, характеризующей время закладки труб теплотрассы.
7. Увязка параметра теплоносителя с физической характеристикой уложенных труб со временем нахождения их в эксплуатации.
8. Установление взаимосвязи между скоростью коррозии труб и временем нахождения их в эксплуатации.
9. Совершенствование организации ремонтных работ на теплотрассах:
соблюдение выполнения графика ремонтных работ;
своевременное контролирование параметров теплоносителя в районах производимых ремонтных работ;
сведение работ по ремонту до минимума в осенне-зимний период.
10. Прогнозирование аварийных участков теплотрасс: (время их эксплуатации, толщина стенок труб, время транспортирования теплоносителя, условия нахождения труб теплотрасс в лотках (сырость, наличие воды, тепловой изоляции и др. условия).

Примечание	Должность	Ф.И.О	Дата	Подпись
------------	-----------	-------	------	---------

Изложение материала и результаты. Результаты анкетирования были обработаны с помощью математико-статистического метода экспертных оценок [1]. Сущность его состоит в расположении факторов влияния в определенной возрастающей последовательности и определяемой методом ранжирования. При ранжировании факторы располагают в наиболее рациональном порядке и приписывают каждому из них в порядке возрастания числа натурального ряда - ранги. При этом ранг 1 (один) получает наиболее предпочтительный фактор, а ранг N - наименее предпочтительный. Если все n оценок различны, то соответствующие числа натурального ряда есть ранги оценок i -го эксперта.

Если среди оценок i -го эксперта одинаковые данные, то им назначается одинаковый ранг, равный среднему арифметическому соответствующих чисел натурального ряда. После ранжирования определяют сумму рангов, назначенных экспертами каждому фактору [1].

Наиболее важным считается фактор, получивший наименьшее значение суммы рангов оценок. Важность каждого фактора определяется по среднестатистической величине [13].

$$\bar{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (1)$$

где X_i - вариант ответа; n - количество экспертов.

Стандартное отклонение рассчитывается согласно формуле

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_A)^2}{n - 1}. \quad (2)$$

Степень соответствия мнений экспертов определяется коэффициентом вариации [1]

$$W_A = S / \bar{x}_A, \quad (3)$$

где S - среднеквадратическое отклонение; \bar{x}_A - средняя статистическая величина.

Результаты экспертной обработки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспертной оценки

Факторы	Среднестатистическая оценка \bar{x}_A	Сумма рангов оценок S	Коэффициент вариации W_A
1. Проведение ремонтных работ только в весенне-летний период	11,4	71	92
2. Своевременное выявление возможных порывов на теплотрассах	15,1	63	74,1
3. Составление профилактических графиков, связанных с возможными порывами труб на теплотрассах	7,9	86	89,7
4. Разработка и внедрение методики по определению нахождения участков труб с минимальной толщиной стенки	12	65	75,4
5. Разработка и внедрение автоматизированного определения аварийных участков труб	8,2	72	82,1
6. Усовершенствование графика схемы, характеризующий время закладки труб теплотрассы	6,8	79	73,4
7. Увязка параметров теплоносителя с физической характеристикой уложенных труб с временем нахождения их в эксплуатации	10,9	72	94
8. Установка взаимосвязи между скоростью коррозии труб с временем их нахождения в эксплуатации	6,4	70	71,1
9. Совершенствование организации ремонтных работ на теплотрассах: соблюдение выполнения графика ремонтных работ; своевременное контролирование параметров теплоносителя в районах производимых ремонтных работ; сведение работы по ремонту до минимума в осенне-зимний период	16,5	53	90
10. Прогнозирование аварийных участков теплотрасс: (время их эксплуатации, толщина стенок труб, время транспортировки теплоносителя, условия нахождения труб теплотрасс в лотках (сырость, наличие воды, тепловой изоляции и др. условия)	11,9	68	91,2

Полученные результаты по ликвидации порывов и замене пришедших в негодность труб на новые показывают, что частота их порывов зависит от диаметра труб - чем больше диаметр трубы, тем меньше количество замененных труб (рис. 1) [4].

На рис. 2 приведены кривые, характеризующие количество замененных труб при порывах в зависимости от диаметра и времени года их ремонта. Кроме того, из рисунка следует, что замена аварийных труб осуществлена в течение всего эксплуатационного периода, что подтверждается результатами исследований (рис. 2) [14].

Самый большой объем работ по ликвидации порывов и замене труб соответствует следующим периодам и месяцам года: осенне-зимний период (октябрь-февраль) и весенний период (март-апрель). Объясняется это тем, что в эти периоды года значительно увеличивается тепло-

вая нагрузка на теплопроводы. Работы, проводимые по восстановлению теплопроводов, в осенне-зимний период связаны с холодными метеорологическими условиями, а следовательно, и временем нахождения рабочих на ремонтных работах [14].

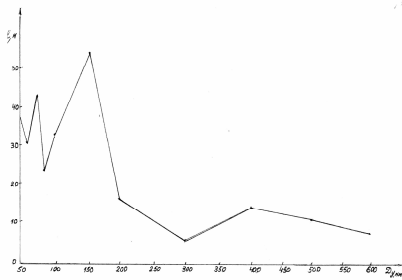


Рис. 1. Зависимость количества замененных участков теплопроводов от диаметра труб за период 2003-2005 гг.

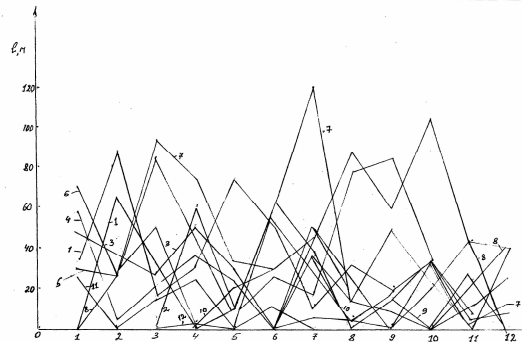


Рис. 2. Зависимость количества замененных труб на участках от диаметра труб и времени года за период 2003-2005 гг.: 1 - $d = 50$ мм; 2 - $d = 60$ мм; 3 - $d = 70$ мм; 4 - $d = 80$ мм; 5 - $d = 100$ мм; 6 - $d = 150$ мм; 7 - $d = 200$ мм; 8 - $d = 250$ мм; 9 - $d = 300$ мм; 10 - $d = 400$ мм; 11 - $d = 500$ мм; 12 - $d = 600$ мм

Рабочий персонал занятый ремонтными работами находится на открытом пространстве и подвергается воздействию метеоусловий. По данным Украинского центра радиологии и контроля загрязнения природной среды БРис Укр. ЦРКЗПС и СНиП [2] средняя температура в холодный период составляет $-8,5$ °С. В этот период преобладают ветры северного и северо-восточного направлений, скорость которых достигает 15-22 м/с [5]. Рабочие, находящиеся на открытых площадках по ликвидации порывов и замене труб, переохлаждаются и подвергаются различного рода заболеваниям. [13]. Количество заболевших трудящихся предприятий ПАТ «Криворожская теплоцентраль» и КПТС «Криворожтеплосеть» по месяцам года за период 2014-2016 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 2

Количество заболевших по ПАТ «Криворожская теплоцентраль» и КПТС «Криворожтеплосеть»												
Год	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2014	94	65	53	83	51	44	40	33	57	53	78	102
2015	64	87	151	79	59	58	57	59	68	91	72	127
2016	81	93	65	54	43	51	43	54	71	89	97	115

Самое большое количество заболевших приходится на периоды года, которые совпадают со временем ликвидации порывов и заменой труб (см. рис. 2 и табл. 2).

Результаты обработки показывают, что такие факторы как своевременное выполнение профилактических работ и внедрение методик по определению интенсивности коррозии стенок трубопроводов, позволяют установить объемы аварийных работ и протяженность трубопроводов подлежащих замене [14].

Составление графика ремонтных работ дает возможность прогнозировать дальнейшее время эксплуатации труб. По данным Министерства ЖКХ Украины 15 % от общего количества проложенных теплотрасс в настоящее время находятся в аварийном состоянии и требуют замены. В связи с приведенным профилактический ремонт приобретает важное значение [13].

Состояние трубопроводов в аварийном состоянии часто приводит к нарушению технологии эксплуатации, а также под влиянием временного фактора к сбоям теплоснабжения потребителей. При устранении аварийных ситуаций, возникают непредвиденные обстоятельства приводящие к травмам или ухудшению состояния здоровья рабочих, так как аварийные работы могут осуществляться в различные временные периоды года т.е. в различных метеорологических условиях [14].

С целью выявления основных травмоопасных профессий при производстве ремонтных работ и эксплуатации технологического оборудования в феврале 2020 года на предприятиях ПАТ «Криворожская теплоцентральный» и КПТС «Криворожтеплосеть» было проведено анкетирование среди работников занятых на ликвидации аварий. В этом анкетировании приняли участие также ИТР, работники отдела ТБ, газосварщики, электросварщики, слесаря по ремонту теплотехнического оборудования др. Вопросы на которые отвечали анкетированные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Пример анкеты

Специальность	Условия работы (сложные, опасные, вредные)	Количество баллов	
		Вид работ	
		ремонт	эксплуатация
Газосварщик			
Электросварщик			
Слесарь по ремонту теплового оборудования			
Слесарь-троссовик			
Работник КИП			
Электрик			
Инженер-наладчик			
Оператор котельной			

Примечание	Должность	Ф.И.О	Дата	Подпись

Обработка результатов анкетирования осуществлена методом экспертных оценок [1].
Результаты анализа полученных данных приведены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка наиболее травмоопасных специальностей предприятий теплоснабжения

Виды работ	Среднестатистическая оценка, \bar{x}_A	Сумма рангов оценок, S	Коэффициент вариации, W_A
Газосварщик	21,0	54	73,0
Электросварщик	18,0	68	72,0
Слесарь по ремонту теплового оборудования	15,2	96	93,0
Электрик	14,6	102	94
Слесарь по ремонту теплотрасс	13,1	107	85,3
Оператор котельной	9,1	141	81,9
Инженер-наладчик	7,1	147	92,4
Работник КИП	6,5	115	71,0

Данные таблицы показывают, что наиболее травмоопасными профессиями являются: газосварщики, электросварщики, слесаря по ремонту теплового оборудования, слесаря по ремонту теплотрасс, электрики [3]. Наиболее травмоопасные профессии (газосварщики, электросварщики) подтверждаются данными табл. 4: среднестатистической оценкой (\bar{x}_A) соответственно 21 и 18, суммой рангов оценок (S) 54 и 68 и коэффициентами вариации (W_A) – 73 и 72.

В связи с этим указанным профессиям при выполнении ремонтных и эксплуатационных работ необходимо уделять основное внимание. А такие профессии как: работники КИП, инженеры-наладчики, операторы котельных установок характеризуются низкими величинами среднестатистической оценки и высокой суммой рангов оценок можно отнести к менее травмоопасным профессиям [13].

Персонал (операторы котельных, инженеры КИП) подвергаются травмоопасным условиям при розжиге котлов, регулировке аппаратуры связанной с поддержанием необходимых парамет-

тров теплоносителя [9]. Эта травмоопасность особенно проявляется при работе данных работников в ночное время, поэтому плановыми работами для уменьшения травмоопасности необходимо исключить эти работы в ночное время [8]. Работа газосварщиков, электросварщиков часто выполняется в закрытых помещениях в ограниченном пространстве (тепловые камеры, топки котлов) где концентрация вредных выбросов (СО₂, угарный газ, сажа) превышают нормативные значения и также практически отсутствует хорошая вентиляция, поэтому ликвидация аварий осуществляется в сложных технологических условиях [7]. Газосварщики, электросварщики выполняют аварийные работы совмещая их с плановыми а это приводит к тому, что работники этих профессий выполняют работы с дополнительной физической нагрузкой, что приводит к возникновению травмоопасных условий [10]. Кроме того работники этой профессии по технологическим условиям выполняют работы на высоте, что дополнительно связано с метеороусловиями и в совокупности воздействие вышеуказанных факторов может привести к ухудшению состояния их здоровья. Таким образом, учитывая вышеприведенное, профессии газосварщика и электросварщика относят к наиболее травмоопасным а условия их работы считаются вредными [14].

Выводы и направление дальнейших исследований. Профилактические графики дают возможность составить первоочередность замены труб аварийных участков, что позволит облегчить планирование ремонтных работ по замене аварийных участков трубопроводов. Данные табл. 1 показывают, что все почти все способы по ремонту теплотрасс актуальны [15]. Первоочередными необходимыми работами эксперты считают пункты: П1, П2, П4, П7, П8, П10. Выполнение перечисленных пунктов позволит улучшить производство организационных работ по ликвидации аварийных участков теплотрасс, а также снизит количество аварийных работ, что в свою очередь уменьшит заболеваемость работников и повысит безопасность труда особенно в осенне-зимний период.

Список литературы

1. **Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.** Математико-статистические методы экспертных оценок. - 2-е изд перераб и доп. - М.: Статистика, 1980.
2. **Вчерашний Р.П., Елтаренко Е.А., Давыденко А.А.** Использование экспертных методов в информационных исследованиях, М. Информ. 1983.
3. **Гольшев А.М., Лосьев К. В.** Определение степени травмоопасности основных видов ремонтных и эксплуатационных работ на предприятиях теплоснабжения, Вестник Криворожского технического университета, 2007
4. **Лосьев К. В.** Установление очередности профилактического ремонта по замене аварийных участков трубопроводов и теплотрасс и влияние их количества на безопасность труда, Вісник КТУ, збірник наукових праць- 2008. Вип № 21. с 183-186
5. СНиП 2.01.01.82 Строительная климатология и геофизика.
6. **Аскользин П.А.** Предупреждение коррозии оборудования технического водоснабжения и теплоснабжения, под. общей ред. Колотурин Я.М., Москва, Металлургия, 1988.
7. **Акопян К.М.** Охрана труда в коммунальной энергетике: справочное пособие, Москва, 1986.
8. **Степанський О.П.** Проведення аналізу травматизму, професіональних захворювань, аварійності умов та безпеки праці і розробка рекомендацій по усуненню причин їх виникнення, збірник НДБПГ, 1997.
9. **Панин В.И.** Обслуживание коммунальных котельных и тепловых сетей, Москва, Стройиздат, 1974.
10. **Онищенко Н.П.** Охрана труда при эксплуатации котельных установок, Москва, Стойиздат, 1991.
11. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж в Україні, Міністерство юстиції України, № 197/13464, 2007р.
12. **Зверева А.А.** Действие производственных факторов на организм и меры защиты, Новосибирск, справочник, 1991г.
13. **Мовчан О.Г., Лосьев К. В.** Установление очередности профилактического ремонта по замене аварийных участков трубопроводов и определение основных травмоопасных специальностей предприятий теплоснабжения, Вісник КНУ, збірник наукових праць- 2016. Вип № 43. с 89-95.
14. **Наливайко В.Г., Мовчан О.Г., Лосьев К. В.** Важность определения травмоопасности основных видов ремонтных работ на теплогенерирующих предприятиях, Гірничий вісник, збірник наукових праць- 2018 Вип № 103. С. 27-32.
15. **Наливайко В.Г., Мовчан О.Г., Лосьев К. В.** Влияние профилактических ремонтных работ на уменьшение заболеваемости работников предприятий теплоснабжения, Вісник КНУ, збірник наукових праць- 2019. Вип № 48. С. 121-126.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.2020