

Часть 9. Надежность теплоснабжения

9.1 Общие положения

Надежность – свойство участка тепловой сети или элемента тепловой сети сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность обеспечивать передачу теплоносителя в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания. Надежность тепловой сети и системы теплоснабжения является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

При оценке показателей надежности теплоснабжения рассматриваются два уровня теплоснабжения потребителей – расчетный и пониженный (аварийный), характеризующийся подачей потребителям аварийной нормы тепловой энергии во время ликвидации отказов в резервируемой части тепловых сетей.

Исходной информацией для расчета надежности системы тепловых сетей являются данные о структуре схемы теплоснабжения, длине и диаметре магистральных и квартальных трубопроводов от источников тепловой энергии (котельных) до конечных потребителей, а также данные статистики по повреждениям на тепловых сетях и сооружениях на них и времени восстановления теплоснабжения потребителей.

При расчете надежности системы транспорта теплоносителя городского округа город Волжский использовались следующие исходные данные:

- продолжительность отопительного периода – 182 суток (СП 131.13330.2012);
- нормативный показатель коэффициента готовности тепловых сетей к исправной работе принимается 0,97 (по СП 124.13330.2012);
- нормативный показатель вероятности безотказной работы тепловых сетей $P_{ТС} = 0,9$ (по СП 124.13330.2012);
- параметр потока отказов ω (1/мгод) – учитывает только те отказы, которые приводят к потере тепла.

Расчет выполнялся помощью программно-расчетного комплекса ГИС ZuluПРК ZuluThermo.

Результаты расчета показателей надежности тепловых сетей городского округа – город Волжский представлены в Приложении 2 к Главе 1.

9.2 Поток отказов (частота отказов) участков тепловых сетей. Частота отключений потребителей. Время восстановления теплоснабжения потребителей после отключений

Интенсивность отказов оборудования тепловых сетей должна вычисляться для следующих условий:

- интегральная интенсивность отказов/повреждений в течение года;
 - интенсивность отказов/повреждений в течение отопительного периода;
- интенсивность отказов/повреждений по диаметрам теплопроводов.

Интенсивность отказов теплопровода λ с учетом времени его эксплуатации рассчитывается по формуле 9.1:

$$\lambda_i = \lambda_{\text{нач}} \left(0,1 \tau_i^{\text{эксп}} \right)^{\alpha_i - 1}, \quad (1/\text{км}\cdot\text{ч}) \quad (9.1)$$

$\lambda_{\text{нач}}$ – начальная интенсивность отказов теплопровода, соответствующая начальному периоду эксплуатации, $1/(\text{км}\cdot\text{ч})$;

i – номер участка тепловой сети;

$\tau_i^{\text{эксп}}$ – продолжительность эксплуатации участка, лет;

α_i – коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации i -того участка теплопровода (формула 9.2).

$$\alpha_i = \begin{cases} 0,8 - \text{при } 0 < \tau_i^{\text{эксп}} \leq 3 \\ 1,0 - \text{при } 3 < \tau_i^{\text{эксп}} \leq 17 \\ 0,5 \exp\left(\tau_i^{\text{эксп}}/20\right) - \text{при } \tau_i^{\text{эксп}} > 17 \end{cases} \quad (9.2)$$

Интенсивность отказов единицы запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) принимается равной:

$$\lambda_{\text{зра}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, \quad 1/\text{ч};$$

Параметр потока отказов элементов ТС:

- Параметр потока отказов участков ТС (формула 9.3):

$$\omega = \lambda \cdot L, \quad 1/\text{ч}; \quad (9.3)$$

где L – длина участка ТС, км;

- Параметр потока отказов ЗРА:

$$\omega_{\text{зра}} = \lambda_{\text{зра}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч};$$

- Среднее время до восстановления элементов ТС (формула 9.4):

$$z^B = a \cdot [1 + (b + c \cdot L_{\text{сз}}) \cdot d^{1,2}], \text{ ч}; \quad (9.4)$$

где $L_{\text{сз}}$ – расстояние между секционирующими задвижками, км;

d – диаметр теплопровода, м.

Время восстановления ЗРА принимается равным времени восстановления теплопровода, так как отказ ЗРА и отказ теплопровода одного и того же диаметра требуют сопоставимых временных затрат на их восстановление.

В число событий для вычисления средней интегральной интенсивности отказов/повреждений в течение года включаются все зарегистрированные отказы тепловых сетей, после обнаружения которых проведена процедура ремонта (восстановления) оборудования тепловой сети в течение отопительного и неотопительного (в процессе гидравлических испытаний) периодов.

Протяженность тепловых сетей устанавливается по данным о протяженности прямого и обратного теплопроводов тепловой сети, представленных в электронной модели системы теплоснабжения и/или по данным расчета энергетических характеристик тепловых сетей.

Для вычисления интенсивности отказов/повреждений в расчет принимаются все зафиксированные события отказов оборудования тепловых сетей в течение календарного года, в том числе события отказов, которые не приводили к прекращению теплоснабжения потребителей, а также события отказов (повреждения, свищи на теплопроводах) с отложенным ремонтом.

В процессе вычислений предполагается, что протяженность и материальная характеристика тепловых сетей, а также значения тепловых нагрузок потребителей тепловой энергии, остаются неизменными.

Количество отказов в тепловых сетях в отопительный период от ВТЭЦ, ВТЭЦ-2 в результате технологических нарушений на тепловых сетях за период с 2018 года по 2022 год приведено в таблицах 9.1 – 9.8.

Таблица 9.1 – Динамика изменения отказов и восстановлений в магистральных тепловых сетях в отопительный период

Год актуализации (разработки)	Количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2018	0,024	3,2	0,048	0
2019	0,024	3,7	0,049	0
2020	0,024	3,6	0,049	0
2021	0,036	3,8	0,012	267,08
2022	0,058	3,5	0,013	0

Таблица 9.2 – Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей зоны действия ВТЭЦ

Год актуализации (разработки)	Количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2018	0,016	3,2	0,032	0
2019	0,016	3,8	0,033	0
2020	0,016	3,5	0,033	0
2021	0,010	3,2	0,010	0
2022	0,011	3,3	0,011	0

Таблица 9.3 – Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей в зоне действия ВТЭЦ-2

Год актуализации (разработки)	Количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ-2 в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2018	0,08	3,2	0,016	0
2019	0,08	3,6	0,016	0
2020	0,08	3,7	0,016	0
2021	0,078	3,8	0,016	267,08

Схема теплоснабжения городского округа – город Волжский до 2028 года. Обосновывающие материалы.
Глава 1. Часть 9. Актуализация на 2024 год.

Год актуализации (разработки)	Количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ-2в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2022	0,124	3,6	0,016	0

Таблица 9.4 – Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в отопительный период

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2018	0,189	2,9	0,174	0
2019	0,189	2,7	0,174	0
2020	0,190	2,6	0,174	0
2021	0,191	2,8	0,212	267,08
2022	0,153	2,5	0,203	0

Таблица 9.5 – Динамика изменения отказов и восстановлений распределительных тепловых сетей в зоне действия ВТЭЦ

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2018	0,130	2,9	0,120	0
2019	0,130	2,8	0,120	0
2020	0,131	2,5	0,120	0
2021	0,302	2,7	0,183	0
2022	0,246	2,6	0,371	0

Таблица 9.6 – Динамика изменения отказов и восстановлений распределительных тепловых сетей в зоне действия ВТЭЦ-2

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ-2 в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2018	0,059	2,9	0,054	0
2019	0,059	2,6	0,054	0
2020	0,059	2,7	0,054	0
2021	0,120	2,8	0,117	267,08
2022	0,090	2,5	0,086	0

Технологические нарушения, произошедшие за период с 2018 года по 2022 год, один раз в 2021 году приводили к ограничению отпуска тепловой энергии и снижению качества теплоносителя.

Снижение количества прекращений подачи тепловой энергии в результате технологических нарушений обосновано плановыми ремонтами, консервациями, реконструкциями и модернизациями оборудования.

Статистика отказов и восстановлений основного оборудования источников тепловой энергии ВТЭЦ, приводивших к прекращению теплоснабжения, за 2018 - 2022 годы представлена в таблице 9.7. Прекращения теплоснабжения отсутствовали. В 2022 году отмечен ряд инцидентов без прекращения режима теплоснабжения, статистика представлена в таблице 9.9.

Таблица 9.7 – Статистика отказов отпуска тепловой энергии с коллекторов ВТЭЦ за 2018-2022 гг.

№ п.п.	Прекращение теплоснабжения	Восстановление теплоснабжения	Причина прекращения	Режим теплоснабжения	Недоотпуск тепла, тыс. Гкал
2018	отсутствовало	0	-	-	0
2019	отсутствовало	0	-	-	0
2020	отсутствовало	0	-	-	0
2021	отсутствовало	0	-	-	0
2022	отсутствовало	0	-	-	0
	Всего событий	0	-	-	0

Таблица 9.8 – Динамика изменения прекращения подачи тепловой энергии с коллекторов источника тепловой энергии ВТЭЦ за 2018 - 2022 гг.

Год	Количество прекращений	Среднее время восстановления, ч	Средний недоотпуск тепла на одно прекращение теплоснабжения, Гкал/ед.
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0
2022	0	0	0

Таблица 9.9 – Статистика отказов основного оборудования без прекращения теплоснабжения с коллекторов ВТЭЦ 2022 год

№	Дата	Время устранения	Причина	Период	Недоотпуск тепла, Гкал
1	11.03.2022	40,45	при обходе оперативный персонал обнаружил подтёки масла из маслonaполненного вывода 6 кВ фаза «С» Т-1. 11.03.2022 в 22:00 выведен в ремонт Т-1 (80 МВА, 110/6). 13.03.22 в 14:27 включен в работу. Длительность устранения 40,45 часа.	ОП	0

Статистика отказов и восстановлений основного оборудования источников тепловой энергии ВТЭЦ-2, приводивших к прекращению теплоснабжения, за 2018– 2022 годы представлена в таблице 9.10. Прекращения теплоснабжения отсутствовали.

Таблица 9.10 – Статистика отказов отпуса тепловой энергии с коллекторов ВТЭЦ-2 за 2018 - 2022 гг.

№ п/п	Прекращение теплоснабжения	Восстановление теплоснабжения	Причина прекращения	Режим теплоснабжения	Недоотпуск тепла, тыс. Гкал
2018	отсутствовало	0	-	-	0
2019	отсутствовало	0	-	-	0
2020	отсутствовало	0	-	-	0
2021	отсутствовало	0	-	-	0
2022	отсутствовало	0	-	-	0
	Всего событий	0	-	-	0

Таблица 9.11 –Динамика изменения прекращения подачи тепловой энергии с коллекторов источника тепловой энергии ВТЭЦ-2 за 2018 - 2022 гг.

Год	Количество прекращений	Среднее время восстановления, ч	Средний недоотпуск тепла на одно прекращение теплоснабжения, Гкал/ед.
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0
2022	0	0	0

9.3 Графические материалы (карты-схемы тепловых сетей и зон ненормативной надежности и безопасности теплоснабжения)

На рисунках 9.1 – 9.9 представлены зоны повреждаемости для кварталов и микрорайонов города Волжского.



Рисунок 9.1 – Зоны повреждаемости для кварталов 100, 102, А, Б, В, Г, 8, 9, 19, 20, 21, 22, 23

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в кварталах А, 20, 23, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.



Рисунок 9.2 – Зоны повреждаемости для кварталов 101, Д, Е, 25, 26, 27, 29, 30, 34

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в кварталах 101, Д, Е, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.

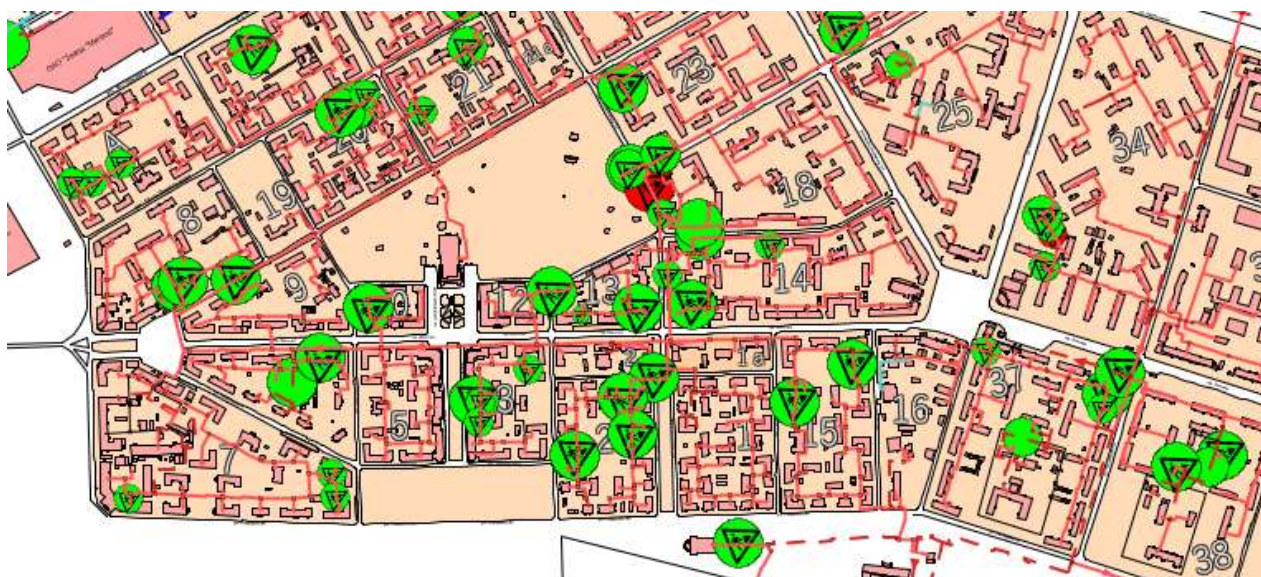


Рисунок 9.3 – Зоны повреждаемости для кварталов 1, 2, 3, 5, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 18

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в кварталах 2, 3, 7, 14, 18, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.



Рисунок 9.4 – Зоны повреждаемости для кварталов 35, 36, 37, 38, 39

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в кварталах 37, 38, 39, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.

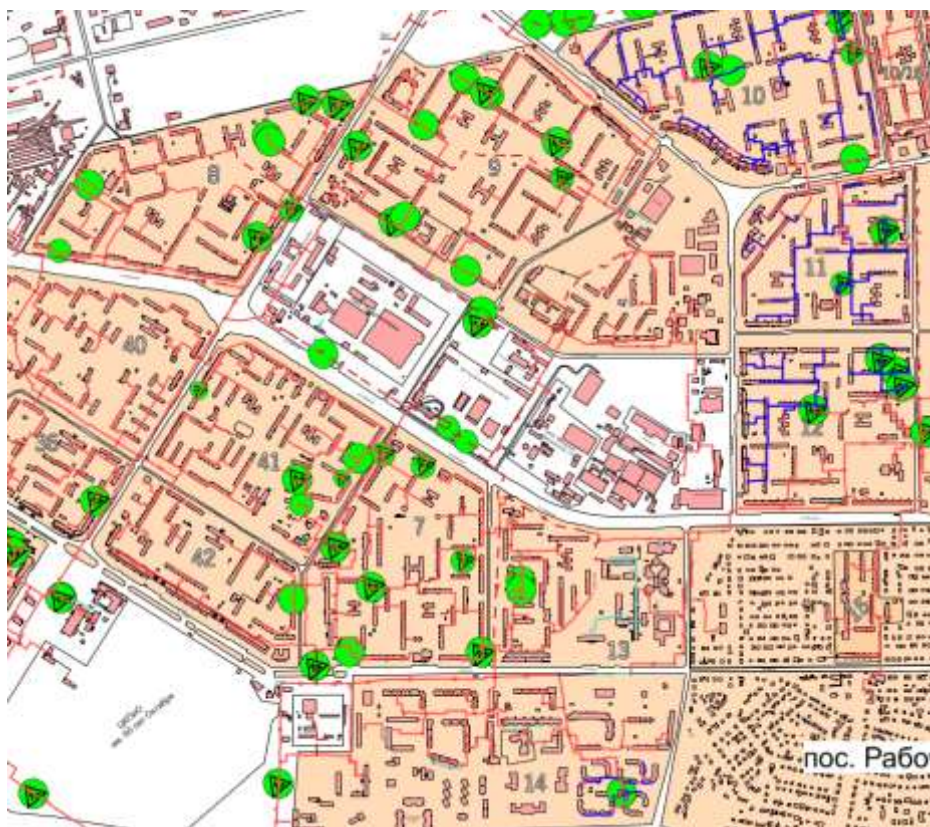


Рисунок 9.5 – Зоны повреждаемости для кварталов 40, 41, 42 и 7 микрорайона

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в 41 квартале и 7 микрорайоне, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.

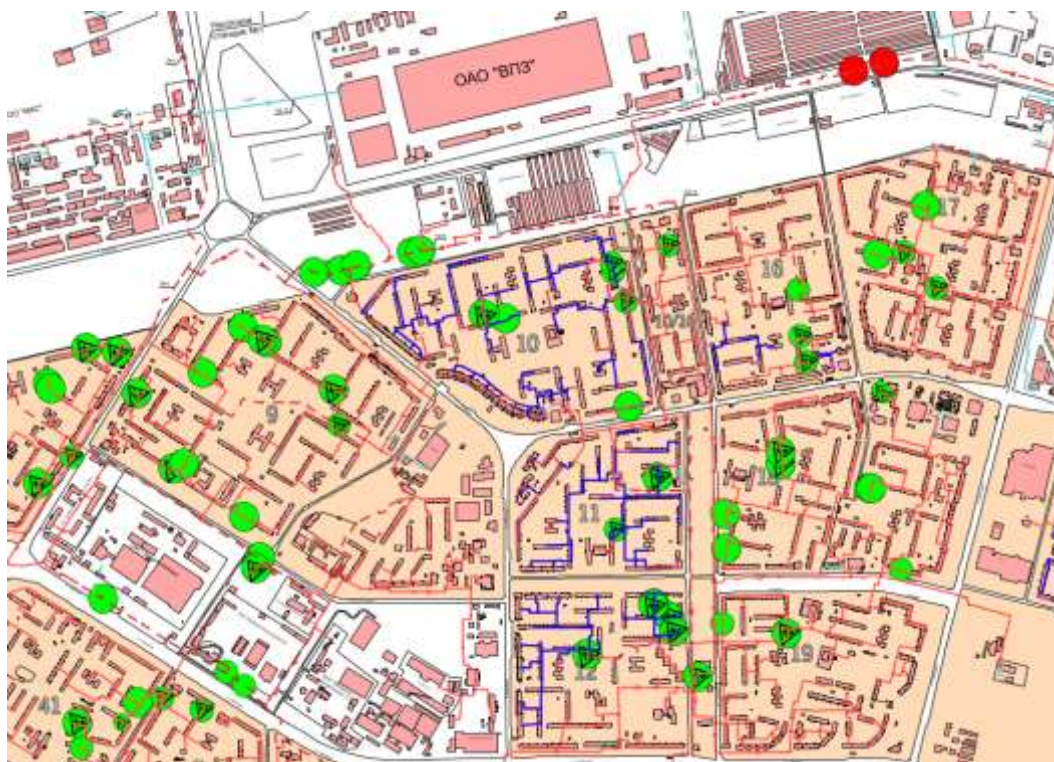


Рисунок 9.6 – Зоны повреждаемости для 9,10, 11, 12, 10/16, 16, 17, 18, 19 микрорайонов

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в 9, 10, 12, 17 и 18 микрорайонах, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.

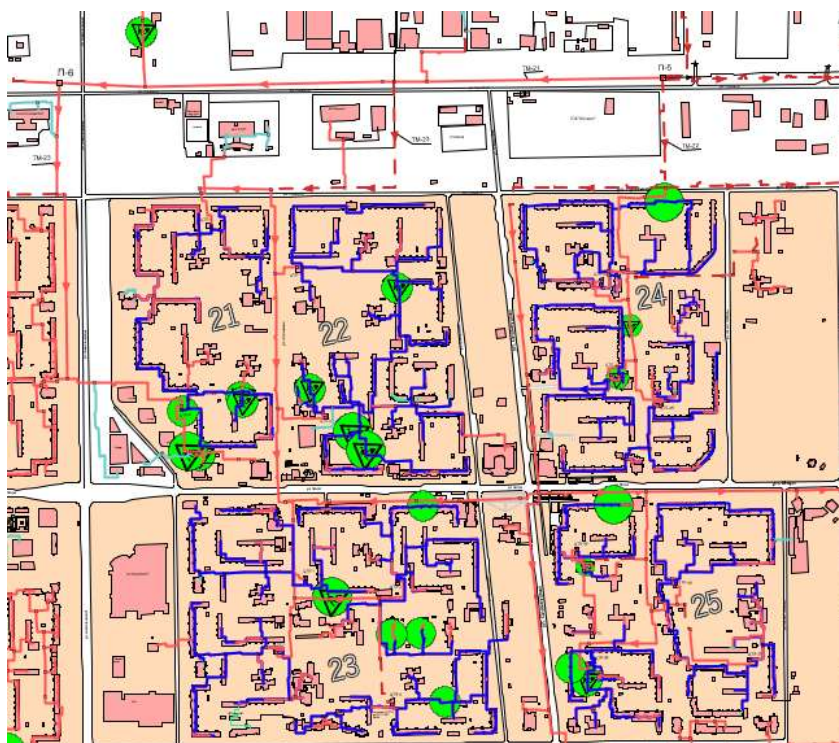


Рисунок 9.7 – Зоны повреждаемости для 21, 22, 23, 24 микрорайонов

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в 21, 22 и 23 микрорайонах, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.

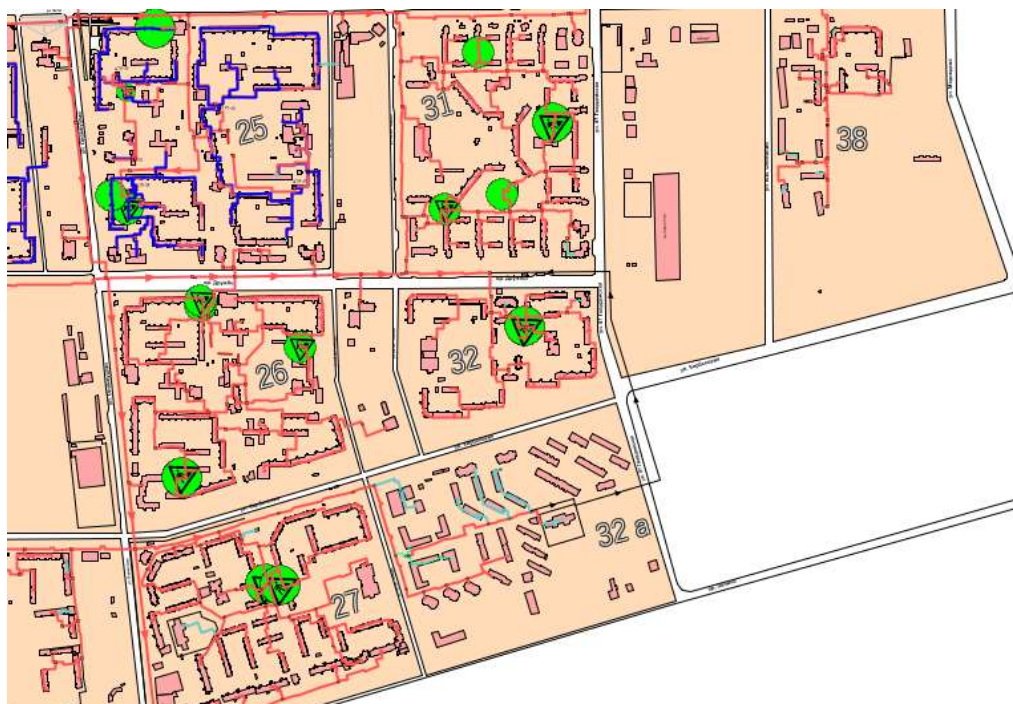


Рисунок 9.8 – Зоны повреждаемости для 25, 26, 27, 31, 32 микрорайонов

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в 25, 26 и 31 микрорайонах, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.



Рисунок 9.9 – Зоны повреждаемости для 30, 37 и 38 микрорайонов

Наибольшие зоны повреждаемости наблюдаются в 30 микрорайоне, что связано с повышенным износом трубопроводов тепловых сетей.