

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

**ГОРОДСКИЕ И ПОСЕЛКОВЫЕ
СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению практических расчетов и курсового проекта
для обучающихся направления подготовки 08.04.01 «Строительство»
(программа «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий»)
очной и заочной форм обучения*

Воронеж 2024

УДК 697.34(07)
ББК 31.38я7

Составитель
Н. В. Колосова

Городские и поселковые системы газоснабжения: методические указания к выполнению практических расчетов и курсового проекта для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство» (программа «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Н. В. Колосова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2024. –40 с.

Методические указания содержат сведения об основных возможных вариантах конфигурации систем газоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий. Представлен теоретический материал с описанием данных систем и особенностями их проектирования. Предложен материал по защите газопроводов от коррозии. Приведены современные расчетные формулы, рисунки, поэтапная методика расчета.

Предназначены для обучающихся направления подготовки 08.04.01 «Строительство» (программа «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий») очной и заочной форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_КП_ГиПСГ.pdf.

Ил. 6. Библиогр.: 4 назв.

УДК 697.34(07)
ББК 31.38я7

Рецензент – С. А. Яременко, канд. техн. наук, декан факультета инженерных систем и сооружений ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Современные городские распределительные системы представляют собой сложный комплекс сооружений, состоящий из следующих основных элементов: газовых сетей низкого, среднего и высокого давления, газораспределительных станций, газорегуляторных пунктов и установок. В указанных станциях и установках давление газа снижают до необходимой величины и автоматически поддерживают постоянным. Они имеют автоматические предохранительные устройства, которые исключают возможность повышения давления газа в сетях сверх нормы. Для управления и эксплуатации этой системы имеется специальная служба, обеспечивающая бесперебойное газоснабжение.

Проекты газоснабжения областей, городов, поселков разрабатывают на основе схем перспективных потоков газа, схем развития и размещения отраслей народного хозяйства и проектов районных планировок, генеральных планов с учетом их развития на перспективу.

Система газоснабжения должна обеспечивать бесперебойную подачу газа потребителям, быть безопасной в эксплуатации, простой и удобной в обслуживании, должна предусматривать возможность отключения отдельных ее элементов или участков газопроводов для производства ремонтных и аварийных работ.

Сооружения, оборудование и узлы в системе газоснабжения следует применять однотипные. Принятый вариант системы должен иметь максимальную экономическую эффективность и предусматривать строительство и ввод в эксплуатацию системы газоснабжения по частям. Основная задача при проектировании системы газоснабжения города – ее реконструкция и развитие, соответствующая развитию города и его промышленности. При решении этой задачи, прежде всего, необходимо выявить новую газовую нагрузку на перспективу в зависимости от схемы реконструкции городской застройки, принятых решений по их теплоснабжению, горячему водоснабжению и степени бытового обслуживания.

1. ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Общие сведения о структуре газотранспортной системы

Для газоснабжения городов и населенных пунктов применяются одно-, двух-, трех- и многоступенчатые системы газоснабжения.

По числу ступеней давления, применяемых в газовых сетях, системы газоснабжения подразделяют:

1) на двухступенчатые, состоящие из сетей низкого и среднего или низкого и высокого (до 0,6 МПа) давления;

2) трехступенчатые, включающие газопроводы низкого, среднего и высокого (до 0,6 МПа) давления;

3) многоступенчатые, в которых газ подается по газопроводам низкого, среднего и высокого (до 0,6 и 1,2 МПа) давления.

Городские системы газоснабжения присоединяются к магистральным газопроводам через ГРС (газорегуляторные станции). Связь между газопроводами различных давлений осуществляется через ГРП (газорегуляторные пункты). Выбор схемы газоснабжения (количество ступеней давления) производится исходя из следующих соображений: чем больше давление газа в газопроводе, тем меньше его диаметр и стоимость, но зато усложняется прокладка сети: необходимо выдерживать большие расстояния до здания и сооружения, в силу чего не по всем улицам можно проложить сеть высокого давления. С увеличением количества ступеней давления в системе добавляются новые газопроводы и ГРП, но уменьшаются диаметры последующих ступеней давления [1].

Давление газа во внутренних газопроводах и перед газоиспользующими установками должно соответствовать давлению, необходимому для устойчивой работы горелок этих установок, указанному в технических паспортах заводоизготовителей, но не должно превышать рекомендуемых значений, согласно [2].

При проектировании городских сетей должны выдерживаться следующие принципы: кольцевание основных магистралей, кольцевание транзитных внутригородских линий и питание их из нескольких точек. Для повышения надежности желательно иметь два или несколько колец. Распределительные сети должны быть многократно кольцевыми с питанием их из нескольких газорегуляторных пунктов и возможностью питания каждого участка с двух сторон. Только для небольших поселков можно применять тупиковые сети и питание из одной точки. Ответвления на кварталы, к отдельным группам зданий и дворовые сети прокладываются тупиковыми.

Выбор оптимального решения при проектировании систем газоснабжения надежнее всего производить на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Для поселков и небольших городов с населением до 30–50 тыс. жителей могут использоваться одноступенчатые системы газоснабжения. Газ от ГРС по-

стует в сеть среднего или низкого давления и распределяется по территории города. Для города с населением 50–250 тыс. чел. рекомендуются двухступенчатые системы газоснабжения, в которых газ от ГРС по сети среднего или высокого давления подается к ГРП и крупным потребителям, а от ГРП по сети низкого давления распределяется по территории города. Давление в первой ступени при снабжении природным газом составляет обычно 0,3 МПа, но возможно и давление 0,6 МПа. Трехступенчатую систему в городах можно применять при повышенных требованиях к надежности, при большой территории и неудобной планировке города, а также при наличии промышленных предприятий, требующих газ высокого давления. Для городов с населением более 250 тыс. чел. рекомендуются трехступенчатые системы газоснабжения. Вокруг города прокладывается магистральный газопровод высокого давления, служащий для подачи газа в отдельные районы города и к крупным промышленным предприятиям. Газ из сетей первой ступени ($p = 1,2$ МПа или 0,6 МПа) давления через ГРП высокого давления подается в сеть второй ступени ($p = 0,3$ МПа), служащую для подачи газа к городским ГРП, мелким, средним промышленным и некоторым коммунальным предприятиям. Из ГРП газ по сети низкого давления распределяется по всей территории застройки.

Капитальные вложения в газовые сети можно значительно снизить, если проектировать их на более высокое давление. Основным резервом снижения стоимости городских газовых сетей является перевод наружных сетей с низкого давления (СНД) на среднее (ССД).

1.2. Классификация существующих схем городских систем газоснабжения

По степени перевода на среднее или высокое давление различаются три модификации систем газоснабжения:

1) система с газорегуляторными пунктами (ГРП). В ней по сетям среднего (или высокого) давления транспортируют только основные потоки газа, а между бытовыми и мелкими коммунальными потребителями распределяют его по широко развитым сетям низкого давления СНД (рис. 1.1). Газорегуляторные пункты имеют пропускную способность 1000–3000 м³/ч, радиус действия до 1500 м. Располагают их в отдельно стоящих отапливаемых зданиях. Средний диаметр подводящих газопроводов составляет 100–150 мм. По сетям высокого давления (СВД) транспортируют газ промышленным потребителям и сетевым ГРП. Сеть многоразветвленная с кольцеванием основных линий. Эта система получила наибольшее распространение. Для таких систем разработано надежное газорегулирующее оборудование необходимой производительности, накоплен достаточный опыт проектирования и эксплуатации. Эксплуатация сравнительно небольшого числа регуляторных станций довольно проста.

Опасность, возникающая при утечке газа на СНД, меньше, чем при утечке из сетей высокого и среднего давления. Система с ГРП подходит для райо-

нов старой застройки. Она надежна, удобна в эксплуатации, но менее экономична, чем система с квартальными регуляторными пунктами (КРП).

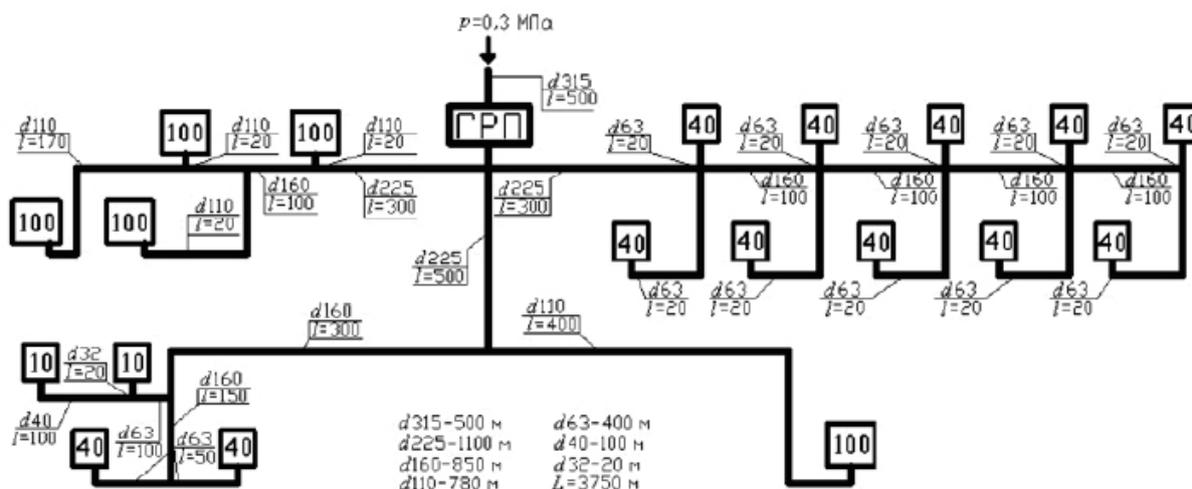


Рис. 1.1. Двухступенчатая схема газораспределительной сети с общим ГРП для проектируемого населенного пункта

2) система с квартальными регуляторными пунктами (КРП) (рис. 1.2). Здесь большую часть наружных СНД переводят на среднее или высокое давление. КРП оборудуют регуляторами малой производительности, соответствующей потребности примерно одного квартала; устанавливают их в шкафах или киосках, поэтому КРП имеют значительно меньшую стоимость, чем ГРП. Наружные сети представляют собой малоразветвленные, преимущественно тупиковые газопроводы, соединяющие отдельные здания квартала с КРП.

Такая система является внутриквартальной, разветвленной, частично закольцованной по основным линиям, с незначительным числом пересечений проездов.

Газораспределительные пункты размещены в отапливаемых шкафах, расположенных на стене здания или вблизи него. Пропускная способность шкафного регуляторного пункта (ШРП) 100 - 500 м³/ч, радиус действия до 500 м. Средний диаметр подводящих газопроводов 50-100 мм. По сети высокого давления (СВД) газ передают промышленным потребителям и сетевым шкафным регуляторным пунктам (ШРП). Сеть значительно разветвлена, основные городские линии и межквартальные газопроводы закольцованы. Можно также использовать вариант, состоящий из двух ступеней: СВД и ССД.

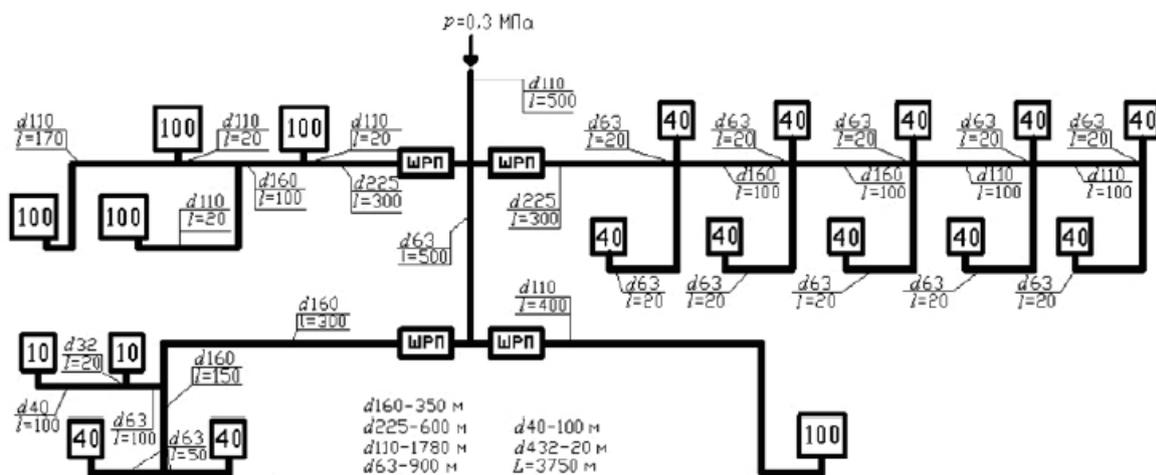


Рис. 1.2. Двухступенчатая схема газораспределительной сети со шкафными регуляторными пунктами (ШРП) на группу домов

Наиболее рациональной и экономичной является внутриквартальная прокладка распределительных газопроводов при минимальном пересечении межквартальных проездов, имеющих усовершенствованные покрытия и в значительной степени загруженных транспортом. Значительную часть внутриквартальной прокладки осуществляют надземным способом по зданиям. При трассировке газопроводов внутри кварталов ШРП размещают в каждом квартале. Разработаны типовые отапливаемые шкафные установки. Системы с ШРП широко распространены;

3) система с домовыми регуляторными пунктами (ДРП) (рис. 1.3). Наружную распределительную сеть бытовых и коммунальных потребителей в этой системе полностью проектируют на среднее давление. Современные системы рассматриваемого типа оборудуют комбинированными регуляторами давления. Шкафные регуляторные пункты с комбинированными регуляторами устанавливают на наружных стенах жилых домов и предприятий бытового обслуживания и от них подают газ во внутридомовые газопроводы.

Сеть этой системы имеет две ступени давления: по СВД газ передают промышленным потребителям и в центральный ГРП; по ССД газ распределяют между домовыми распределительными пунктами. При освоении комбинированных регуляторов давления такая система представляется перспективной.

Для выбора оптимальной модели газоснабжения выполняется технико-экономическое сравнение разных вариантов газоснабжения и по полученным значениям принимают самый оптимальный и экономически обоснованный.

ванных железных дорог на расстоянии менее 50 м не рекомендуется. Расстояния по горизонтали между подземными и другими сооружениями должны быть не менее величин, указанных в нормативной литературе.

Выбор места прокладки (надземная или подземная) и материала труб для газопровода следует предусматривать с учетом пучинистости грунта и свойств газа. Прокладку стальных газопроводов в непучинистых грунтах следует осуществлять на глубине не менее 0,8 м от поверхности земли до верха газопровода или футляра. В местах, где не предусматривается движение транспорта и сельскохозяйственных машин, глубина прокладки стальных газопроводов может быть уменьшена, но не менее 0,6 м для непучинистых грунтов. В пучинистых грунтах глубина заложения газопровода должна быть ниже глубины сезонного промерзания грунта.

Полиэтиленовые трубы, применяемые для строительства газопроводов, должны иметь коэффициент запаса прочности по ГОСТ Р 50838–95 не менее 2,5.

Не допускается прокладка газопроводов из полиэтиленовых труб:

- 1) на территории поселений при давлении свыше 0,3 МПа;
- 2) вне территории поселений при давлении свыше 0,6 МПа;
- 3) для транспортирования газов, содержащих ароматические и хлорированные углеводороды, а также жидкой фазы СУГ;
- 4) при температуре стенки газопровода в условиях эксплуатации ниже – 15 °С.

При применении труб с коэффициентом запаса прочности не менее 2,8 разрешается прокладка полиэтиленовых газопроводов давлением свыше 0,3 до 0,6 МПа на территориях поселений с преимущественно одно-, двухэтажной и коттеджной жилой застройкой. На территории малых сельских поселений разрешается прокладка полиэтиленовых газопроводов давлением до 0,6 МПа с коэффициентом запаса прочности не менее 2,5. При этом глубина прокладки должна быть не менее 0,8 м до верха трубы.

Для городов принимаются коэффициент запаса прочности $C = 2,8$ и глубина заложения не менее 1 м.

Коэффициент запаса прочности может быть определен по формуле:

$$C = \frac{2MRS}{MOR(CDR - 1)} \quad (1.1)$$

где MRS – показатель минимальной длительной прочности полиэтилена, МПа; MOR – максимальное рабочее давление, МПа; SDR – стандартное размерное отношение наружного диаметра D_n к толщине δ стенки трубы определяется по выражению:

$$SDR = \frac{D_n}{\delta} \quad (1.2)$$

При проектировании газопроводов для районов с пучинистыми, просадочными и набухающими грунтами руководствуются требованиями [2].

Глубина прокладки газопроводов при одинаковой степени пучинистости, набухаемости или просадочности по трассе принимается до верха трубы:

1) в среднепучинистых, средненабухающих, сильнопучинистых и II типа просадочности – не менее 0,8 глубины промерзания, но не менее 0,9 м;

2) в чрезмернопучинистых и сильнонабухающих – не менее 0,9 глубины промерзания, но не менее 1,0 м.

Прокладка газопроводов в слабопучинистых, слабонабухающих и I типа просадочности грунтах должна предусматриваться в соответствии с требованиями [3].

Прокладка газопроводов в грунтах неодинаковой степени пучинистости, набухаемости или просадочности по трассе (резко меняющийся состав грунта, изменение уровня грунтовых вод, переход газопровода из проезжей части дороги в газон и др.), а также в насыпных грунтах принимается до верха трубы – не менее 0,9 глубины промерзания, но не менее 1,0 м.

По рекомендациям [3] допускается укладка двух и более, в том числе стальных и полиэтиленовых газопроводов в одной траншее на одном или разных уровнях (ступенями). В этих случаях, а также при прокладке проектируемого газопровода вдоль действующего газопровода высокого давления (свыше 0,6 МПа до 1,2 МПа), расстояние между газопроводами следует принимать исходя из условий возможности производства строительного-монтажных и ремонтных работ для стальных газопроводов диаметром до 300 мм - не менее 0,4 м, диаметром более 300 мм не менее - 0,5 м, и не менее 0,1 м для полиэтиленовых газопроводов. При параллельной прокладке газопроводов расстояние между ними следует принимать, как для газопровода большего диаметра.

При пересечении газопроводом различных подземных инженерных сетей расстояние между ними по вертикали в свету должно быть не менее 0,2 м, при пересечении электрических сетей - в соответствии с указаниями правил устройства электроустановок (ПУЭ).

Арматуру, устанавливаемую на газопроводах, следует располагать не ближе 2 м от края пересекаемых коммуникаций и сооружений.

При пересечении газопроводами каналов теплотрассы, коллекторов, тоннелей их прокладывают в футлярах, выходящих на 2 м с каждой стороны от наружных стенок пересекаемых сооружений; при этом должен быть обязательный контроль всех сварных стыков в пределах пересечения и по 5 м в стороны от наружных стенок неразрушающими методами. На одном конце футляра должна быть контрольная трубка.

Газопроводы, транспортирующие влажный газ, укладывают ниже зоны сезонного промерзания грунта с уклоном $\geq 0,002$ ‰ (промилле) и установкой конденсатосборников в низших точках.

Надземную прокладку стальных газопроводов производят по наружным несгораемым покрытиям зданий, отдельно стоящим колоннам и эстакадам. По стенам газифицируемых жилых и общественных зданий допустима прокладка

газопровода с давлением не более 0,3 МПа (исключая транзитную прокладку). Газопроводы высокого давления до 0,6 МПа можно прокладывать только по глухим стенам или над окнами верхних этажей производственных зданий. Газопроводы, проложенные по стенам здания, не должны нарушать архитектуру его фасада. Высоту прокладки принимают такой, чтобы газопроводы были доступны для осмотра и ремонта, и чтобы была исключена возможность их повреждения. Минимальные расстояния от газопроводов, проложенных на опорах, до соседних зданий и сооружений изменяются от 1 до 40 м в зависимости от типа сооружения и давления газа.

При пересечении надземных газопроводов с воздушными линиями электропередачи они должны проходить ниже линий электропередачи. На газопроводе должны быть предусмотрены ограждения для защиты от падения на него электропровода. Расстояние между газопроводом и линиями электропередачи, а также размеры ограждения принимают по правилам устройства электроустановок. Возможна прокладка газопроводов на опорах и эстакадах совместно с трубопроводами другого назначения при условии обеспечения свободного осмотра и ремонта каждого из трубопроводов. Расстояния между газопроводом и трубопроводами при их совместной прокладке и пересечении принимают от 100 до 300 мм в зависимости от диаметра.

Надземные газопроводы следует проектировать с учетом компенсации температурных удлинений по фактически возможным температурным условиям. Если продольные деформации нельзя компенсировать за счет изгибов газопровода, предусмотренных схемой (за счет самокомпенсации), то следует устанавливать линзовые или П-образные компенсаторы. Сальниковые компенсаторы на газопроводах устанавливать нельзя.

2. ЗАЩИТА СТАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

2.1. Выбор способа защиты газопроводов от коррозии

Коррозией называется постепенное поверхностное разрушение металла в результате химического и электрохимического взаимодействия его с внешней средой. Так, коррозия внешних поверхностей стальных трубопроводов происходит под действием химических соединений, имеющих в почве, и блуждающих электрических токов. Иногда при транспортировке газов, содержащих повышенные количества кислорода или углекислого газа, а также те или иные кислые соединения, приходится сталкиваться и с коррозией внутренних поверхностей труб. В этом случае борьба с коррозией обычно заключается в удалении из газа корродирующих веществ, в его очистке и повышении требований к качеству транспортируемого газа. Различают почвенную (электрохимическую) коррозию и коррозию блуждающими токами.

Все подземные стальные газопроводы должны быть защищены от коррозии почвенной и вызываемой блуждающими токами. Защиту от коррозии следует проектировать в соответствии с требованиями [5].

Мероприятия по защите трубопроводов от коррозии должны быть предусмотрены проектом защиты, который разрабатывается одновременно с проектом строительства или реконструкции.

Мероприятия по защите от коррозии строящихся подземных газопроводов, предусмотренные проектом, включают в себя электрохимическую защиту.

В случае сближения подземных трубопроводов с рельсовой сетью электрифицированных железных дорог, имеющих устойчивый отрицательный потенциал рельсов относительно земли, выбирают точки подключения автоматического усиленного дренажа.

В случае сближения защищаемых трубопроводов с рельсовой сетью трамвая, имеющей устойчивый отрицательный или знакопеременный потенциал, также целесообразно предусматривать устройство усиленного автоматического дренажа.

Остальные участки трубопроводов, подлежащие катодной поляризации, защищают с помощью катодных станций или протекторов. Причем проекторная защита может быть применена только для отдельных участков трубопроводов небольшой протяженности (до 70 м). Радиус действия катодной защиты составляет, как правило, 100-1500 м, однако, иногда может достигать большей протяженности.

При проектировании защиты подземных сооружений городов и населенных пунктов, как правило, должна быть предусмотрена совместная защита всех коммуникаций. Для обеспечения защиты от коррозии все совместно защищаемые сооружения должны быть соединены между собой специальными электрическими перемычками (если отсутствуют технологические соединения и защищаться общими для всех установками электрохимической защита (ЭХЗ).

Основанием для проектирования ЭХЗ подземных трубопроводов являются данные коррозионной активности грунтов и наличия блуждающих токов. Кроме того, проектирование ЭХЗ может осуществляться на основании технических условий на проектирование защиты, разрабатываемых предприятием по защите от коррозии. На действующих подземных трубопроводах основанием для проектирования ЭХЗ может так же являться наличие коррозионных повреждений на трубопроводах.

Исходными данными для проектирования ЭХЗ являются:

1. Совмещенный план проектируемых и существующих подземных сооружений, а также рельсовых сетей электрифицированного транспорта с указанием длин и диаметров сооружений, мест установки уже существующей ЭХЗ, точек подключения отрицательных кабелей и существующих дренажных установок.

2. Данные о коррозионной активности грунтов и наличии блуждающих токов.

3. Геолого-геофизический разрез для выбора конструкции анодных заземлителей.

2.2. Расчет электродренажной защиты газопроводов

Это основной метод защиты газопроводов от блуждающих токов. Он заключается в отводе токов, попавших на газопровод, обратно к источнику. Отвод осуществляют через изолированный проводник, соединяющий газопровод с рельсом электрифицированного транспорта или минусовой шиной тяговой подстанции. При отводе тока из газопровода по проводнику прекращается выход ионов металла в грунт и тем самым прекращается электрическая коррозия газопровода. Зона защиты одной дренажной установки составляет около 5 км.

Применяют три типа дренажа: прямой (простой), поляризованный, усиленный (рис. 2.1).

Прямой дренаж характеризуется двухсторонней проводимостью. Дренажный кабель присоединяется только к отрицательной шине. Главный недостаток заключается в возникновении положительного потенциала на газопроводе при нарушении стыковых соединений рельсов. Поэтому, несмотря на простоту, эти установки в городских газопроводах не применяют.

Поляризованный дренаж обладает односторонней проводимостью от газопровода к источнику. При появлении положительного потенциала на рельсах дренажный кабель автоматически отключается, поэтому его можно присоединить к рельсам.

Усиленный дренаж применяют, когда на газопроводе остается положительный или знакопеременный потенциал по отношению к земле, а потенциал рельса в точке дренирования тока выше потенциала газопровода. В усиленном дренаже дополнительно в цепь включают источник ЭДС, позволяющий увеличить дренажный ток. Заземлением в данном случае служат рельсы.

Если газопровод имеет положительный потенциал по отношению к рельсу, то электрический ток пройдет через дренажную установку и попадет на рельс.

Если разность потенциалов достигает 1...1,2 В, то электрический ток потечет по основной дренажной цепи.

При снижении разности потенциалов до 0,1 В контакты разомкнутся и дренажная цепь разомкнется.

При отрицательной разности потенциалов (потенциал рельса больше потенциала трубы) диод тока не пропустит.

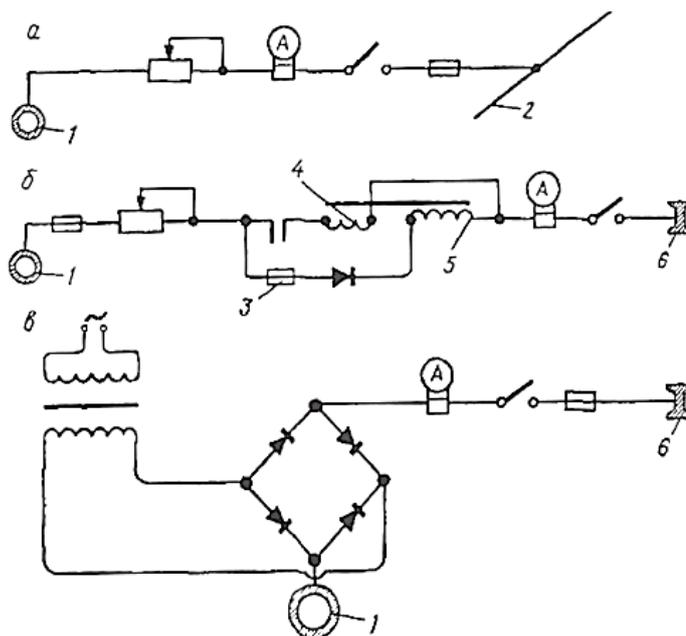


Рис. 2.1. Схема электрических дренажей: а- простой; б – поляризованный; в – усиленный; 1 – газопровод; 2 - фидер; 3 – предохранитель на малую силу тока; 4,5 – обмотки контактора; 6 - рельс

Все узлы дренажной установки размещают в металлическом шкафу.

Если применение поляризованных дренажей неэффективно или неоправданно по технико-экономическим показателям, то используют катодную защиту, защиту усиленными дренажами или катодную защиту совместно с дренажной.

Дренажи следует подключать к рельсам, путевым дросселям или сборкам отсасывающих фидеров электрифицированного железнодорожного транспорта. Автоматические дренажи следует подключать только к отсасывающим фидерам или к средним точкам путевых дросселей. Не допускается применять установки дренажной защиты с дренажами без регулировочных (балластных) сопротивлений.

Электрические дренажи следует устанавливать преимущественно в местах пересечения и сближения железных дорог с трубопроводами. Дренажи устанавливают в анодных и знакопеременных зонах с наибольшей амплитудой положительных значений разности потенциалов на сооружении.

Усиленные дренажи следует предусматривать в анодных и знакопеременных зонах газопровода, образованных несколькими источниками блуждающих токов, либо действием одного мощного источника блуждающего тока. Подключение усиленных дренажей на смежные подземные сооружения не допускается.

При значительных расстояниях между трубопроводом и рельсами (более 1,5-2,0 км) при дренажной защите возрастает длина дренажного кабеля и требуется увеличение его сечения, что может оказаться экономически нецелесообразным. В таких случаях для защиты от коррозии блуждающими токами следует проектировать установку катодной защиты.

Расчет дренажной защиты трубопроводов от коррозии сводится к вычислению тока дренажа, радиуса действия одного усиленного дренажа и сечения дренажного кабеля.

Радиус действия одного усиленного дренажа (м), может быть ориентировочно определен по формуле

$$R = 60 \sqrt{\frac{l_{др}}{10^{-3} jK}}, \quad (2.1)$$

где j – плотность защитного тока, мА/м²; K – удельная плотность сооружений, м²/га; $l_{др}$ – среднее значение тока усиленного дренажа, А, может быть рассчитано формуле:

$$l_{др} = 0,2 i_{тп} K_1 K_2 K_3 K_4 K_5, \quad (2.2)$$

где $i_{тп}$ – ток тяговой подстанции, А; K_1 – коэффициент, учитывающий расстояние между трубопроводом и электрифицированной железной дорогой; K_2 – коэффициент, учитывающий расстояние от трубопровода до тяговой подстанции; K_3 – коэффициент, учитывающий тип изоляционного покрытия трубопровода; K_4 – коэффициент, учитывающий срок службы трубопровода; K_5 – коэффициент, учитывающий количество параллельно уложенных трубопроводов.

Сопротивление дренажного кабеля (Ом), определяется по формуле:

$$R_{каб} = \frac{U_{др}}{I_{др}} - 0,05, \quad (2.3)$$

где $U_{др}$ – номинальное напряжение на выходе дренажа, В, для выпускаемых усиленных дренажей 6 или 12 В; 0,05 – входное сопротивление защищаемого трубопровода, Ом.

Сечение дренажного кабеля, м², можно найти по формуле:

$$S_{\text{каб}} = \frac{\rho_{\text{к}} l_{\text{каб}}}{R_{\text{каб}}}, \quad (2.4)$$

где $\rho_{\text{к}}$ – удельное электрическое сопротивление металла кабеля, Ом·м (для меди $\rho_{\text{к}} = 1,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; для алюминия $\rho_{\text{к}} = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).

Как правило в качестве дренажных кабелей используют кабели АВРГ однопроволочные с сечением жил 4-300 мм² или 2, 3 и 4 жилые с сечением каждой жилы 2,5-300 мм².

2.3. Расчет катодной защиты газопроводов

Этот вид защиты применяется от электрохимической коррозии и блуждающих токов. При катодной защите на газопровод накладывают отрицательный потенциал посредством помещения к нему источника постоянного тока, т.е. переводят весь защищаемый участок газопровода в катодную зону. Отрицательный полюс источника постоянного тока соединяют с газопроводом, а положительный – с анодом, удаленным от трубопровода на 50–500 м. Принципиальная схема катодной защиты приведена на рисунке 2.2.

Таким образом, при катодной защите возникает замкнутый контур электрического тока, который течет от положительного полюса источника питания по изолированному кабелю к анодному заземлению. От анодного заземления ток растекается по грунту и попадает на защищаемый газопровод. Далее он течет по газопроводу, а от него по изолированному дренажному кабелю возвращается к отрицательному полюсу источника питания.

Электрический ток выходит из анода в виде положительных ионов металла, поэтому вследствие растворения металла анод постепенно разрушается. Электрический потенциал, накладываемый на газопровод, составляет 1,2..1,5 В.

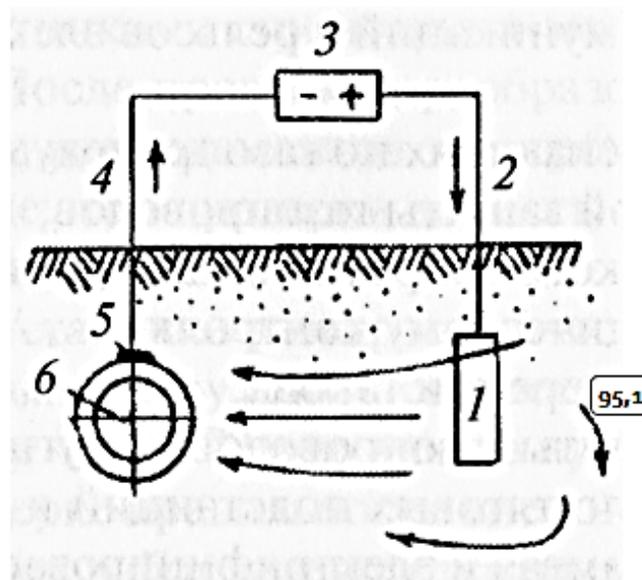


Рис. 2.2 Схема катодной защиты стального газопровода
1 – анодное заземление; 2, 4 – дренажные кабели; 3 – внешний источник электрического тока; 5 – точка присоединения дренажного кабеля; 6 – защищаемый газопровод

В качестве анодов применяют малорастворимые материалы – железокремниевые, графитовые, углеграфитные, графитопластовые, стальные, чугуновые, а также отходы черного металла, которые помещают в грунт вблизи газопровода. Тип анодного заземления выбирают в зависимости от удельного сопротивления, глубины примерзания грунта, расположения других подземных металлических конструкций.

По конструктивному исполнению и глубине заложения анодные заземления делятся на:

1) *подпочвенные заземления*, устанавливаемые в грунтах с глубиной погружения до 10 м и ниже поверхности земли с горизонтальным (глубина заложения 1–2,5 м), вертикальным и комбинированным расположением электродов;

2) *глубинные заземления*, устанавливаемые в специально пробуренные скважины глубиной более 12–15 м;

3) *протяженные заземления*, прокладываемые, как правило, вдоль защищаемого сооружения.

Основной качественный показатель заземлителей – стабильность сопротивления растеканию тока. Для городских условий наиболее эффективны глубинные аноды. Они представляют собой цилиндрическое тело, собранное из отдельных элементов, соединенных между собой при помощи резьбы. В этом случае исключается коррозионное влияние на смежные подземные металлические сооружения и увеличивается зона защиты.

Обычно катодная защита используется совместно с изоляционными покрытиями, нанесенными на наружную поверхность защищаемого сооружения. Поверхностное покрытие уменьшает необходимый ток на несколько порядков. Так, для катодной защиты стали с хорошим покрытием в почве требуется всего 0,01...0,2 мА/м². По мере разрушения покрытия и оголения металла катодный ток должен возрасти для обеспечения защиты сооружения. Ток, необходимый для катодной защиты подземных металлических трубопроводов, почти полностью зависит от качества покрытия.

Выпускаются автоматические катодные станции, которые снабжены специальными блоками, обеспечивающими автоматическое регулирование электрических параметров защиты (величины тока или напряжения). Автоматическое регулирование позволяет ограничивать и поддерживать в заданных пределах разность потенциалов между подземным сооружением и землей.

Расчет катодной защиты начинают с определения площади поверхности каждого из трубопроводов (м²)

$$S = \pi \sum_{i=1}^n d_i l_i \cdot 10^{-3}, \quad (2.5)$$

где d_i – диаметр сооружения (мм); l_i – длина сооружения, имеющего диаметр d_i (м); n – общее число соответствующих участков трубопроводов.

По формуле (2.5) определяют площади поверхности газопроводов S_r , водопроводов S_b и теплопроводов $S_{\text{теп}}$, прокладываемых в каналах. Поверхности теплопроводов при бесканальной прокладке суммируется с поверхностью водопроводов.

Суммарная площадь поверхности всех трубопроводов (м^2) определяется по формуле:

$$\sum S = S_r + S_b + S_{\text{теп}} \quad (2.6)$$

Далее определяется удельный вес поверхности каждого из трубопроводов в общей массе сооружений, %, по формулам:

$$\text{– водопроводов} \quad b = \left(\frac{S_b}{\sum S} \right) \cdot 100, \quad (2.7)$$

$$\text{– теплопроводов} \quad c = \left(\frac{S_{\text{теп}}}{\sum S} \right) \cdot 100, \quad (2.8)$$

$$\text{– газопроводов} \quad g = \left(\frac{S_r}{\sum S} \right) \cdot 100, \quad (2.9)$$

Зная площадь территории га, на которой располагаются защищаемые трубопроводы, можно вычислить плотность поверхности каждого из трубопроводов, приходящуюся на единицу поверхности территории, ($\text{м}^2/\text{га}$), по формуле:

$$\text{– водопроводов} \quad e = \frac{S_b}{S_{\text{тер}}}, \quad (2.10)$$

$$\text{– теплопроводов} \quad f = \frac{S_{\text{теп}}}{S_{\text{тер}}}, \quad (2.11)$$

$$\text{– газопроводов} \quad d = \frac{S_r}{S_{\text{тер}}}. \quad (2.12)$$

Средняя плотность тока, необходимого для защиты трубопроводов, $\text{мА}/\text{м}^2$, определяется по формуле:

$$j = 30 - (100b + 128c + 34d + 3e + 0,6f + 5\rho) \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

где ρ – среднее удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м, которое определяется по формуле:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i^{\Gamma} l_i^{\Gamma} + \sum_{i=1}^m \rho_i^{\text{В}} l_i^{\text{В}} + \sum_{i=1}^k \rho_i^{\text{теп}} l_i^{\text{теп}}}{\sum l_{\Gamma} + \sum l_{\text{В}} + \sum l_{\text{теп}}}, \quad (2.14)$$

где ρ_i – удельное сопротивление грунта вдоль длины участка соответствующего трубопровода (газопровода, водопровода, теплопровода); l_i – длина участка трубопровода (газопровода l_{Γ} , водопровода $l_{\text{В}}$, теплопровода $l_{\text{теп}}$).

В случае, когда в защищаемом районе нет теплопроводов, значения коэффициентов c и f в формуле (2.13) принимаются равными нулю. Аналогично при отсутствии водопроводов b и e равны нулю. Если защищается только газопровод, а водопровод и теплопровод отсутствуют, то средняя плотность защитного тока (мА/м²) определяется по формуле:

$$j = 20 + (100g - 34d - 5p) \cdot 10^{-3} \quad (2.15)$$

Если значение средней плотности защитного тока, полученное по формулам (2.13) и (2.15), менее 6 мА/м², то в дальнейших расчетах следует принимать j , равное 6 мА/м².

Значение суммарного защитного тока, A , который необходим для обеспечения катодной поляризации подземных сооружений, расположенных в данном районе определяется по формуле:

$$I = 1,3 \cdot 10^{-3} j \sum S \quad (2.16)$$

Число катодных станций определяют из условия оптимального размещения анодных заземлителей (наличие площадок, удобных для размещения анодов), наличия источников питания и т. д. При этом необходимо учесть зону (радиус) действия каждой из катодных установок.

Число катодных установок, (шт.), может быть определено приближенно по выражению:

$$n = \frac{I}{25}, \quad (2.17)$$

где I – суммарный защитный ток, А, определяемый по формуле (2.16); 25 – ориентировочное значение тока одной катодной станции, А.

Радиус действия каждой из катодных установок (м), определяется по формуле:

$$R = 60 \sqrt{\frac{I_{\text{кс}}}{10^{-3} jK}}, \quad (2.18)$$

где j – плотность защитного тока, мА/м; K – удельная плотность сооружений, м²/га, определяемая по формуле:

$$K = \frac{\sum S}{S_{\text{тер}}}, \quad (2.19)$$

$I_{\text{кс}}$ – ток катодной станции, А, для которой определяется радиус действия.

Если площади окружностей, радиусы которых соответствуют радиусам действия катодных установок, а центры находятся в точках размещения анодных заземлителей, не охватывают всей территории защищаемого района, необходимо изменить либо места расположения катодных установок, либо значения их токов и вновь выполнить проверку числа и радиуса действия катодных установок.

Выбор типа преобразователя катодной защиты выполняют в соответствии с результатами расчета силы тока, напряжения на выходе установки катодной защиты (УКЗ) и мощности. Тип преобразователя для катодной установки выбирается с таким расчетом, чтобы допустимое значение напряжения было на 30% выше расчетного с учетом перспективного развития сети трубопроводов, старения защитных покрытий и анодных заземлителей.

Выходное напряжение установки катодной станции (преобразователя), В, вычисляется по формуле:

$$U_{\text{вых}} = I_{\text{кс}} (R_{\text{аз}} + R_{\text{каб}}), \quad (2.20)$$

где $I_{\text{кс}}$ – ток одной катодной станции, А; $R_{\text{аз}}$ – сопротивление растеканию анодного заземления, Ом, принимается согласно расчету анодных заземлителей; $R_{\text{каб}}$ – сопротивление дренажного кабеля, Ом, можно определить по формуле:

$$R_{\text{каб}} = \rho_{\text{к}} \cdot \frac{l_{\text{каб}}}{S_{\text{каб}}}, \quad (2.21)$$

Мощность УКЗ (Вт) вычисляют по формуле:

$$W = I_{\text{кс}} U_{\text{вых}}. \quad (2.22)$$

2.3.1. Расчет и выбор анодного заземления

Выбор анодного заземления (АЗ) осуществляют с учетом следующих факторов:

- силы тока катодной установки;
- свойств грунта в месте размещения заземления (удельное сопротивление грунта, влажность, глубина промерзания);
- схемы расположения защищаемых объектов и других подземных металлических сооружений вблизи размещения анодного заземления.

Расстояние от линейной части магистрального газопровода до АЗ (кроме протяженного) должно быть от 200 до 450 м. Конкретное место монтажа и тип АЗ определяют исходя из удельного сопротивления грунта, результатов вертикального электродирования, топографических особенностей местности, условий землеотвода и удобства подъезда.

Расстояние от трубопровода до протяженного заземлителя должно быть не менее четырех диаметров газопровода.

Переходное сопротивление одного заземлителя $R_{\text{з1}}$ зависит от удельного электрического сопротивления грунта и геометрических размеров электродов и их взаимного расположения. Переходное сопротивление одного электрода заземления принимают равным величине его сопротивления растеканию тока. Переходное сопротивление протяженного анодного заземления принимают равным его входному сопротивлению.

Рекомендуемое расстояние между электродами в анодном заземлении равно тройной длине электрода.

Расчет анодного заземления сводится к определению количества электродов и их сроку службы.

Количество электродов $N_{\text{э}}$, шт, в заземлении вычисляют по следующим формулам:

- при вертикальном или горизонтальном расположении электродов:

$$N_{\text{э}} = \frac{R_{\text{э1}}}{0,7R_{\text{аз}}}, \quad (2.23)$$

- при комбинированном заземлении из вертикальных электродов, соединенных горизонтальным электродом:

$$N_{\text{э}} = \frac{1,7R_{\text{в1}}R_{\text{г}} - 1,4R_{\text{аз}}R_{\text{в1}}}{R_{\text{аз}}R_{\text{г}}}, \quad (2.24)$$

где $R_{\text{э1}}$ – сопротивление растеканию тока одного электрода, Ом, определяется по формулам (2.27-2.31); $R_{\text{в1}}$ – сопротивление растеканию тока одного вертикального электрода, Ом, определяется по формуле (2.27); $R_{\text{г}}$ – сопротивление

растеканию тока одного горизонтального электрода, Ом, определяется по формулам (2.28-2.31); $R_{аз}$ – сопротивление растеканию тока заземления, состоящего из N электродов, Ом.

Для предварительного расчета следует принять $R_{аз}$ максимально допустимое в зависимости от типа грунта или от его сопротивления.

Действительное сопротивление растеканию тока анодного заземления (Ом), составленного из $N_э$ электродов (действительно принятых), используют при расчете выходного напряжения катодной станции, и определяют по формулам:

– при вертикальном или горизонтальном расположении электродов:

$$R_{аз}^д = \frac{R_{э1}}{0,7N_э}. \quad (2.25)$$

– при комбинированном заземлении из вертикальных электродов, соединенных горизонтальным электродом:

$$R_{аз}^д = \frac{1,7R_{в1}R_{г}}{N_эR_{г} + 1,4R_{в1}}. \quad (2.26)$$

При этом полученная величина $R_{аз}^д$ не должна превышать величин, указанных в справочной литературе.

Сопротивление растеканию одного заземлителя $R_{э1}$ (Ом), вычисляют по следующим формулам:

– для вертикального расположения электрода заземлителя:

$$R_{э1} = \frac{\rho}{2\pi l_э} \left(\ln \frac{2l_э}{d_э} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4h + l_э}{4h - l_э} \right), \quad (2.27)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м; $l_э$ – длина электрода заземлителя, м; $d_э$ – диаметр электрода заземлителя, м; h – глубина (до середины заземлителя) заложения электрода заземлителя, м.

– для горизонтального расположение электрода анодного заземлителя при $l_э < h$, то есть для короткого электрода:

$$R_{э1} = \frac{\rho}{2\pi l_э} \cdot \ln \frac{2l_э}{d_э} \quad (2.28)$$

– для горизонтального расположение электрода анодного заземлителя при $l_э > 12h$, то есть для протяженного электрода:

$$R_{\text{э1}} = \frac{\rho}{\pi l_{\text{э}}} \cdot \ln \frac{l_{\text{э}}}{\sqrt{d_{\text{э}} h}} \quad (2.29)$$

– для горизонтального расположения электрода при $l_{\text{э}} > h$ и $l_{\text{э}} \square d_{\text{э}}$ в коксовой засыпке:

$$R_{\text{э1}} = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{э}}} \left(\ln \frac{2l_{\text{а}}}{d_{\text{а}}} + \ln \frac{l_{\text{а}} + \sqrt{l_{\text{а}}^2 + 16h^2}}{4h} + \frac{\rho_{\text{а}}}{\rho_{\text{г}}} \ln \frac{d_{\text{а}}}{d_{\text{э}}} \right) \quad (2.30)$$

– для горизонтального расположения электрода при $l_{\text{э}} > 12h$ в коксовой засыпке:

$$R_{\text{э1}} = \frac{\rho}{\pi l_{\text{а}}} \left(\ln \frac{l_{\text{а}}}{\sqrt{d_{\text{э}} h}} + \frac{\rho_{\text{а}}}{2\rho_{\text{г}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{а}}}{d_{\text{э}}} \right) \quad (2.31)$$

где $\rho_{\text{а}}$ – удельное сопротивление наполнителя (коксовая мелочь), Ом·м; $l_{\text{а}}$ – длина заземлителя, включая наполнитель, м; $d_{\text{а}}$ – диаметр наполнителя (как правило, принимается 250 мм), м.

Для электродов прямоугольного сечения (например, полосовой заземлитель) в формулы вместо $d_{\text{э}}$ подставляют значение $\frac{2b}{\pi}$ (где b – ширина полосы, м).

При прямоугольном сечении коксовой засыпки в формулы вместо $d_{\text{а}}$ подставляют $0,8\sqrt{a_{\text{а}}b_{\text{а}}}$ (где $a_{\text{а}}$, $b_{\text{а}}$ – соответственно толщина и ширина коксовой засыпки, м).

Срок службы анодного заземления находят по формуле:

$$T = \frac{G_{\text{э}} k_{\text{н}}}{q_{\text{э}} I_{\text{э}}}, \quad (2.32)$$

где $G_{\text{э}}$ – масса электрода заземления (без коксовой засыпки), кг; $q_{\text{э}}$ – скорость растворения материала электродов анодного заземления, кг/А·год; $k_{\text{н}}$ – коэффициент использования массы заземлителя (принимается равным 0,77); $I_{\text{э}}$ – сила тока, стекающего с заземления, А, определяется по формуле:

$$I_{\text{э}} = \frac{I_{\text{кв}}}{N_{\text{э}}} \quad (2.33)$$

2.4. Расчет протекторной защиты газопроводов

Протекторную защиту трубопроводов, в основном, применяют при почвенной коррозии. При защите от блуждающих токов протекторную защиту применяют при незначительных средних потенциалах (до +0,3 В) и оборудуют вентиляльными устройствами.

При протекторной защите участок газопровода превращается в катод не за счет источника питания, а за счет использования протектора. Между газопроводом и протектором устанавливается электрический контакт. В получившейся таким образом гальванической паре корродирует протектор (анод), а газопровод (катод) защищается от коррозии. Протектор при стекании с него тока будет разрушаться, защищая газопровод. В качестве протектора используют металл с более отрицательным потенциалом, чем у железа (например, цинк, магний, алюминий и их сплавы).

Установки протекторной защиты состоят из одного или нескольких сосредоточенных протекторов типа ПМУ, соединительных проводов (кабелей), а также контрольно-измерительных пунктов и, при необходимости, регулирующих резисторов, шунтов и/или поляризованных элементов. Принципиальная схема протекторной защиты представлена на рисунке 2.3. Ток от протектора 5 через грунт попадает на газопровод 1, а затем по изолированному соединительному кабелю 3 к протектору. Протектор при стекании с него тока будет разрушаться, защищая газопровод.

Зона действия протекторной установки приблизительно 70 м. Главное назначение протекторных установок – дополнение к дренажной или катодной защите на удаленных газопроводах для полного снятия положительных потенциалов. Допускается проектировать протекторную защиту в качестве резервной в системах катодно-протекторной защиты.

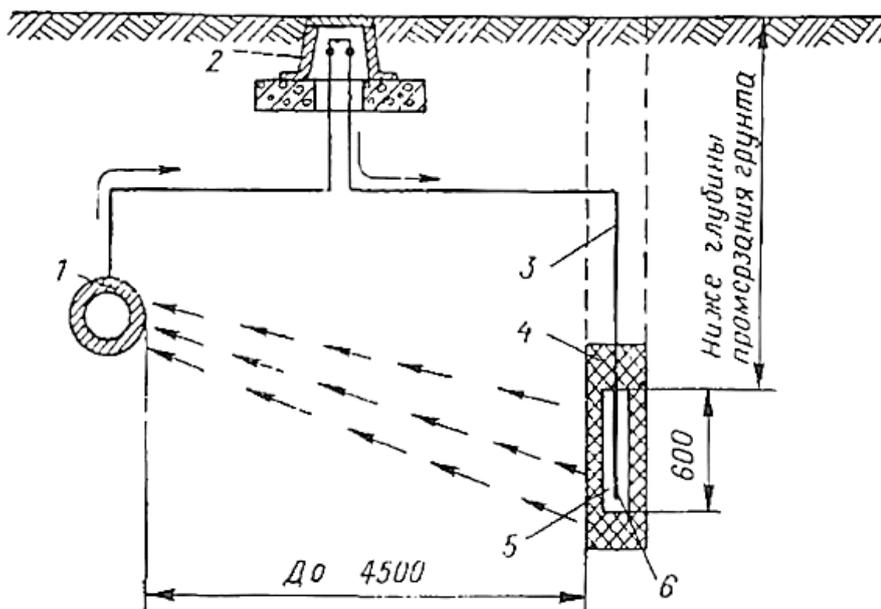


Рис. 2.3. Схема протекторной защиты: 1 – газопровод; 2 – контрольный пункт; 3 – соединительный кабель; 4 – активатор; 5 – протектор; 6 – стальной сердечник

Так как электроотдача одного протектора невелика, то иногда приходится располагать рядом несколько протекторов. Внутри анода помещен контактный стальной стержень для подключения к протектору кабеля. Активатор служит для повышения эффективности протекторной установки. Наличие активатора уменьшает анодную поляризацию, т.е. увеличивает ток, снижает сопротивление растеканию тока с протектора, устраняет причины, способствующие образованию плотных слоев продуктов коррозии на поверхности протектора. Активатор обеспечивает стабильный во времени ток в цепи «протектор – сооружение» и более высокий КПД. Наиболее распространен активатор, представляющий собой порошкообразную смесь следующего состава: сульфат натрия гранулированный – 25 %; сульфат кальция – 25 %; глина бентонитовая – 50 %.

Применяют также протяженные прутковые протекторы (ПМИ), представляющие собой биметаллический пруток с оболочкой из магниевго сплава и стальным оцинкованным контактным стержнем диаметром 4 мм, проходящим по центру прутка. Протекторы выпускаются длиной до 1000 м.

Условия применения протекторной защиты зависят от внешних факторов, степени оголенности металла защищаемого сооружения, наличия блуждающих токов и параметров, определяющих свойства грунтов.

Протекторная защита эффективна при удельном сопротивлении грунта с активатором не более 50 Ом·м. Установку протекторов следует предусматривать в местах с минимальным удельным сопротивлением грунта и ниже уровня его промерзания не менее чем на 1 м.

Расстояние от протектора до защищаемого изделия составляет от 3 до 7 м, так как более близкое размещение протекторов может привести к повреждению изоляционного покрытия солями растворяющегося протектора.

Расчет протекторной защиты сводится к определению:

- силы тока в цепи протектор – труба;
- срока службы анода;
- необходимого числа анодов для защиты участка трубопровода.

Сила тока, А, в цепи одиночный протектор – трубопровод в общем случае определяется по формуле:

$$I_1 = \frac{\Delta E}{R}, \quad (2.34)$$

где ΔE – разность электродных потенциалов трубы и протектора при силе тока защиты, В; R – омическое сопротивление в цепи протектор-труба, Ом.

Величины электродных потенциалов трубы и протектора представляют собой сравнительно сложные функции силы тока. Поэтому при проектировании протекторной защиты (ПЗ) чаще всего упрощенно принимают $\Delta E \approx 0,6$ В. При этом получаем:

$$I_1 \approx \frac{0,6}{R}. \quad (2.34)$$

При расчете сопротивления растеканию (омического сопротивления) магневых протекторов типа ПМ5У, ПМ10У, ПМ20У можно пользоваться формулой:

$$R = A \cdot \rho + B, \quad (2.35)$$

где A и B – коэффициенты, зависящие от размеров протектора.

Для оценки необходимого защитного тока к концу планируемого периода эксплуатации ПЗ, исходя из падения во времени входного сопротивления трубопровода, используют соотношение:

$$\frac{I_{\text{н}}}{I_{\text{к}}} = \frac{R_{\text{тк}}}{R_{\text{тн}}} = e^{-\gamma T/2}, \quad (2.36)$$

где $I_{\text{н}}$ и $I_{\text{к}}$ – начальная и конечная сила защитного тока, А; $R_{\text{тк}}$ и $R_{\text{тн}}$ – начальное и конечное входное сопротивление трубопровода; T – необходимый (планируемый) срок эксплуатации ПЗ; γ – коэффициент старения изоляции, год⁻¹.

Общее число протекторов в группе, шт., необходимое для защиты данного участка трубопровода, определяется по формуле:

$$n = \frac{I}{I_1 \eta_{\text{ср}}}, \quad (2.37)$$

где I – сила тока необходимая для защиты, А, определяется по формуле (2.16) или по данным опытного включения передвижной катодной станции; $\eta_{\text{ср}}$ – средний коэффициент экранирования, при расстоянии между соседними протекторами 2-5 м может приниматься равным 0,85.

Зона защиты протектора (шаг установки), м, определяется по формуле:

$$L = 1,3 \frac{I_1}{j \pi d_{\text{т}}}, \quad (2.38)$$

где j – защитная плотность, А/м, определяемая по формулам (2.13), (2.15); $d_{\text{т}}$ – диаметр трубопровода, м.

После размещения групп протекторов на плане подземных сооружений вычисляется ожидаемая сила тока в каждой группе, А, по формуле:

$$I_{\text{ож}} = n I_1 \eta, \quad (2.39)$$

где η – коэффициент экранирования протекторов, принимается в зависимости от числа протекторов в группе и отношения межпротекторного расстояния в группе к длине комплектного анода.

Срок службы одиночного протектора (год) определяется по формуле:

$$T = \frac{Gq\eta_i\eta_{\text{п}}}{8760I_{\text{ср}}}, \quad (2.40)$$

где G – масса протектора, кг; q – теоретическая токоотдача (без учета КПД) протектора $\text{А} \cdot \text{ч/кг}$ (для магниевых протекторов $2330 \text{ А} \cdot \text{ч/кг}$); η_i – коэффициент использования протектора, принимается $0,95$; $\eta_{\text{п}}$ – КПД протектора, обычно принимают $0,6$ или по технической документации на протектор; $I_{\text{ср}}$ – средняя сила тока в цепи протектор-труба за период эксплуатации протектора.

Предложенные методики определения параметров ЭХЗ могут быть использованы и для действующих трубопроводов. Однако в этом случае более надежным является метод опытного включения. В результате опытного включения устанавливают тип электрозащиты (дренажная или катодная) и основные ее параметры, а также пункты присоединения дренажных кабелей к подземным сооружениям и источникам блуждающих токов или места установления анодных заземлений; зону действия защиты; характер влияния защиты на смежные сооружения необходимость и возможность осуществления совместной защиты.

При строительстве газопровода до ввода в строй основных средств электрохимической защиты в качестве временной защиты следует использовать систему защиты с помощью магниевых протекторов типа ПМ 10У. В случае строительства газопровода параллельно построенному трубопроводу, оснащенному системой катодной защиты, временную защиту возможно осуществлять путем временного подключения средств электрохимической защиты от эксплуатируемого трубопровода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное методическое указание имеет исходные данные и часть теоретического материала для проектирования оптимальной системы газоснабжения. Для выбора технически обоснованной схемы газоснабжения предлагается рассмотреть ряд вариантов и провести их технико-экономическое сравнение. Для строительства применяют лучший вариант по техническим, эксплуатационным и экономическим показателям. Газопроводы нескольких ступеней давлений являются наиболее востребованными, распространенными, классическими городскими системами. Системы газоснабжения любых объектов должны обеспечивать надежность и бесперебойность подачи газа. Основы повышения надежности закладываются на этапе проектирования системы газоснабжения, а дальнейшее повышение надежности достигается при строительстве и приемке в эксплуатацию подземных газопроводов и сооружений на них.

В методических рекомендациях рассмотрены вопросы защиты от коррозии стальных газопроводов, так как длительная эксплуатация трубопроводов приводит к негативным последствиям. Благодаря станциям катодной защиты процесс коррозионного разрушения замедляется.

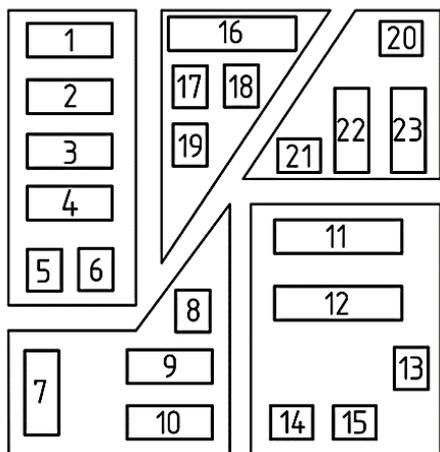
Рассматриваемые расчеты необходимы для выбора оптимальных параметров работы сооружений защиты от коррозии стальных трубопроводов с применением статистических методов и для обеспечения их надежной эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комина, Г. П., Прошутинский, А. О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148 с.
2. СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с изменениями №1,2). – М., 2011.
3. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических полиэтиленовых труб. - М.: Госстрой, 2004.
4. СП 42-102—2004 Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. - М., 2004.

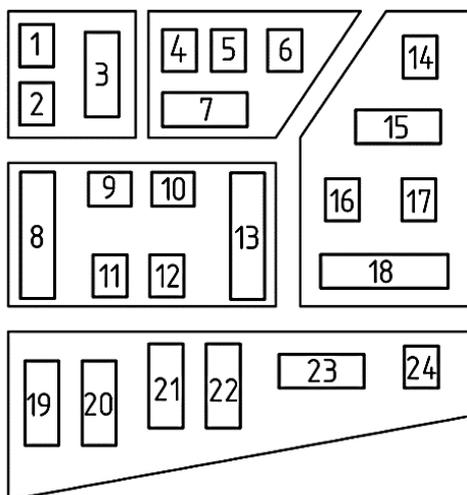
ПРИЛОЖЕНИЕ

Согласно номера варианта, который определяется по двум последним цифрам зачётной книжки, необходимо выполнить курсовой проект на тему: «Расчет, конструирование и выбор оптимальной схемы газоснабжения фрагмента населенного пункта с составлением сравнительных характеристик принятых проектных решений». Отдельным разделом проекта выполнить расчет по защите газопроводов от коррозии в том случае, если в проектном решении предусматривается монтаж стальных газопроводов. Исходные данные для выполнения курсового проекта представлены ниже на рис. П.1.1-П.1.25.



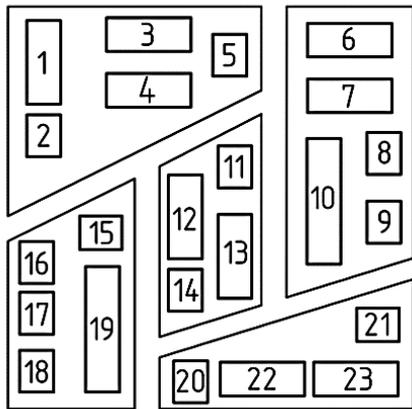
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	12	13	9	4
2	5	12	14	7	3
3	7	10	15	7	3
4	7	10	16	7	16
5	5	7	17	9	4
6	5	7	18	9	4
7	9	14	19	7	3
8	6	12	20	7	3
9	9	9	21	5	4
10	5	9	22	5	10
11	5	16	23	5	10
12	5	16			

Рис. П.1.1 Исходные данные для варианта №1



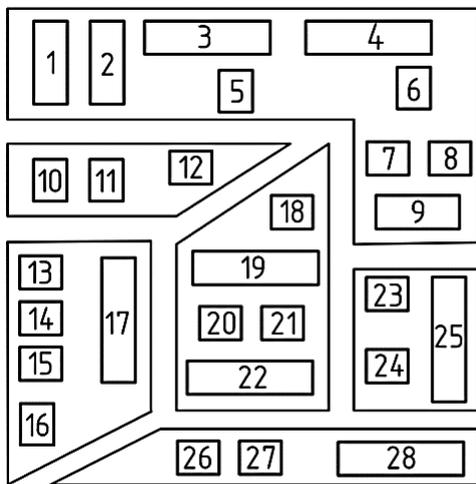
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	7	4	13	6	12
2	7	4	14	7	4
3	5	10	15	5	9
4	9	5	16	7	4
5	9	5	17	7	4
6	9	5	18	9	12
7	5	12	19	5	9
8	6	16	20	5	9
9	7	4	21	5	9
10	7	4	22	5	9
11	9	5	23	7	4
12	9	5	24	9	4

Рис. П.1.2 Исходные данные для варианта №2



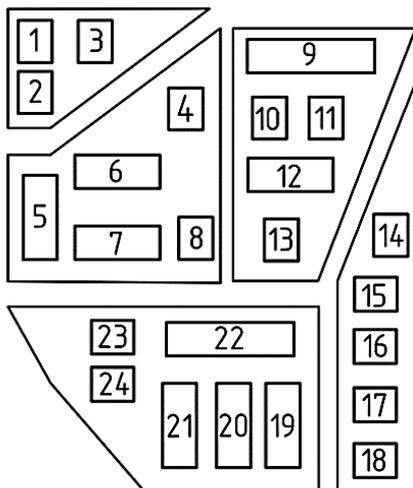
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	13	5	12
2	7	4	14	7	4
3	6	12	15	9	5
4	6	12	16	9	3
5	9	3	17	9	4
6	5	9	18	9	4
7	5	9	19	5	16
8	7	4	20	7	4
9	7	4	21	7	5
10	6	16	22	5	9
11	7	4	23	5	9
12	5	12			

Рис. П.1.3 Исходные данные для варианта №3



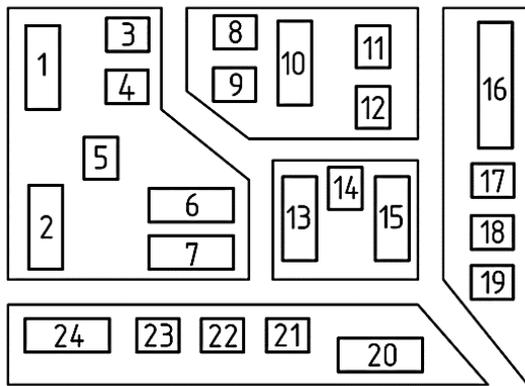
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	15	9	5
2	5	9	16	7	4
3	6	12	17	5	16
4	6	12	18	6	4
5	7	4	19	5	12
6	7	4	20	7	4
7	9	5	21	7	4
8	9	5	22	5	12
9	5	9	23	7	4
10	7	4	24	7	4
11	7	4	25	5	16
12	7	4	26	7	4
13	9	5	27	7	4
14	9	5	28	5	9

Рис. П.1.4 Исходные данные для варианта №4



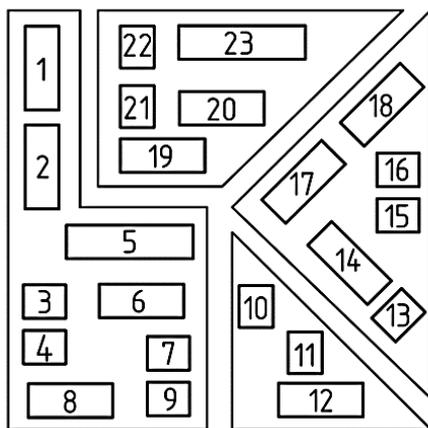
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	7	4	13	7	5
2	7	4	14	9	4
3	7	4	15	9	4
4	9	5	16	9	4
5	5	9	17	9	4
6	5	9	18	9	4
7	5	9	19	5	12
8	9	4	20	5	12
9	6	16	21	5	12
10	7	5	22	7	12
11	7	5	23	7	4
12	5	9	24	9	4

Рис. П.1.5 Исходные данные для варианта №5



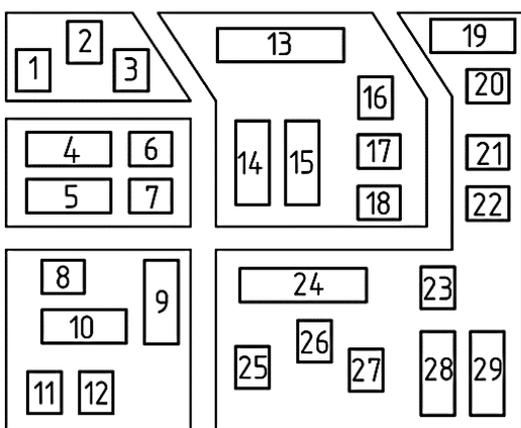
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	12	13	5	9
2	5	12	14	7	5
3	7	4	15	5	9
4	7	4	16	6	16
5	9	5	17	7	4
6	5	9	18	7	4
7	5	9	19	7	4
8	7	4	20	5	9
9	7	4	21	9	4
10	5	5	22	9	4
11	7	4	23	9	4
12	7	4	24	5	9

Рис. П.1.6 Исходные данные для варианта №6



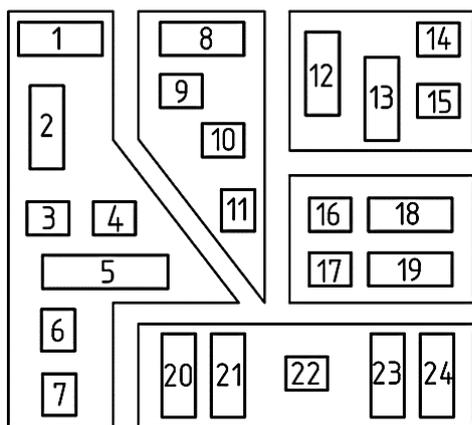
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	13	7	4
2	5	9	14	5	12
3	7	4	15	7	4
4	7	4	16	7	4
5	6	16	17	5	12
6	5	12	18	5	12
7	9	6	19	5	9
8	5	9	20	5	9
9	9	6	21	9	4
10	7	4	22	9	4
11	7	4	23	6	12
12	5	12			

Рис. П.1.7 Исходные данные для варианта №7



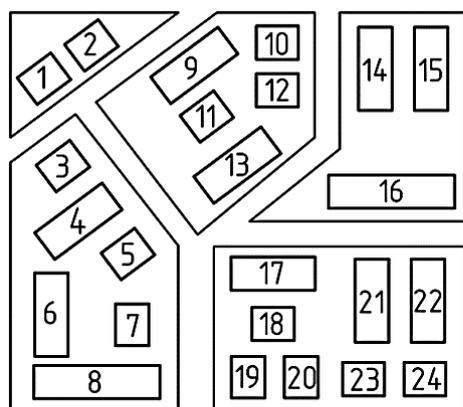
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	7	4	16	7	4
2	7	4	17	7	4
3	7	10	18	9	12
4	5	5	19	5	9
5	5	5	20	7	9
6	9	5	21	7	9
7	9	12	22	7	9
8	7	16	23	9	4
9	5	4	24	6	4
10	5	4	25	6	4
11	7	5	26	6	4
12	9	5	27	6	4
13	6	12	28	5	4
14	5	4	29	5	4
15	5	9			

Рис. П.1.8 Исходные данные для варианта №8



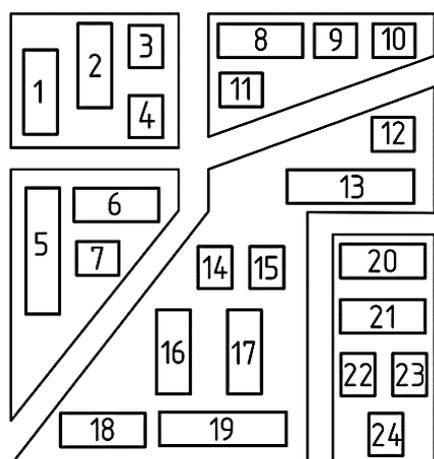
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	13	5	9
2	5	9	14	7	4
3	7	4	15	7	4
4	7	4	16	6	4
5	5	16	17	6	4
6	7	4	18	4	5
7	7	4	19	4	5
8	5	12	20	5	9
9	9	5	21	5	9
10	9	5	22	7	4
11	9	5	23	5	12
12	5	9	24	5	12

Рис. П.1.9 Исходные данные для варианта №9



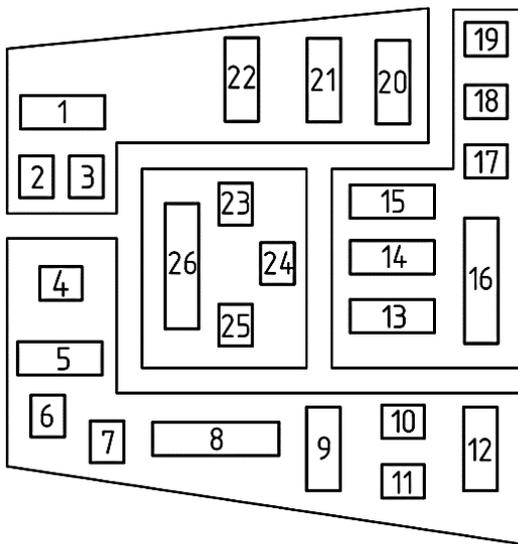
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	7	4	13	6	9
2	7	4	14	5	9
3	9	5	15	5	9
4	5	12	16	6	16
5	7	5	17	5	9
6	5	9	18	6	4
7	7	4	19	6	4
8	6	16	20	6	4
9	5	9	21	5	12
10	7	4	22	5	12
11	7	4	23	7	4
12	9	5	24	7	4

Рис. П.1.10 Исходные данные для варианта №10



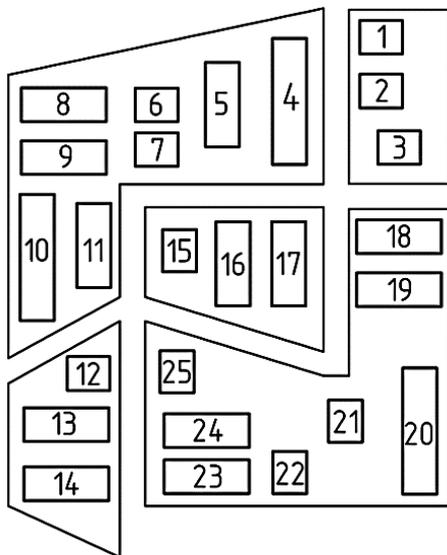
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	13	5	16
2	5	9	14	6	4
3	7	4	15	6	4
4	7	4	16	4	8
5	4	12	17	4	8
6	5	9	18	5	12
7	7	4	19	6	16
8	5	12	20	5	9
9	7	4	21	5	9
10	7	4	22	7	4
11	9	5	23	7	4
12	9	5	24	9	5

Рис. П.1.11 Исходные данные для варианта №11



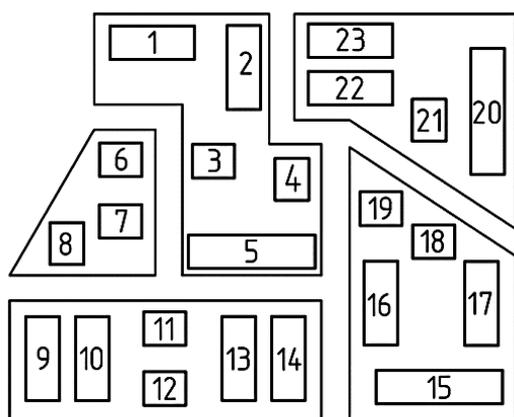
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	14	4	10
2	9	4	15	4	10
3	9	4	16	5	16
4	7	5	17	7	4
5	5	12	18	7	4
6	7	5	19	7	4
7	7	5	20	5	9
8	6	16	21	5	9
9	5	9	22	5	9
10	7	4	23	9	4
11	7	4	24	9	4
12	5	9	25	9	5
13	5	9	26	5	16

Рис. П.1.12 Исходные данные для варианта №12



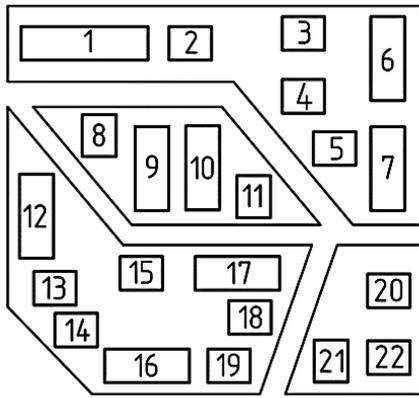
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	7	4	14	5	9
2	7	4	15	7	4
3	7	4	16	6	12
4	5	16	17	6	12
5	5	12	18	4	9
6	7	5	19	4	9
7	7	5	20	5	16
8	5	9	21	8	4
9	5	9	22	8	4
10	6	12	23	5	9
11	5	9	24	5	9
12	7	4	25	9	4
13	5	9			

Рис. П.1.13 Исходные данные для варианта №13



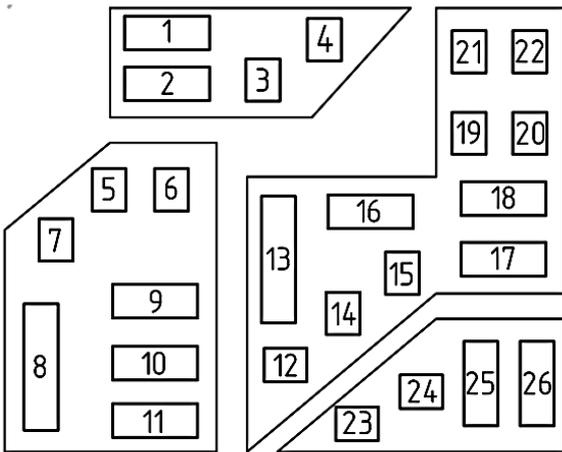
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	13	4	10
2	5	9	14	4	10
3	7	4	15	6	16
4	7	4	16	5	12
5	6	16	17	5	12
6	7	5	18	9	3
7	9	5	19	9	3
8	9	4	20	5	16
9	5	9	21	7	4
10	5	9	22	5	12
11	7	4	23	5	12
12	7	4			

Рис. П.1.14 Исходные данные для варианта №14



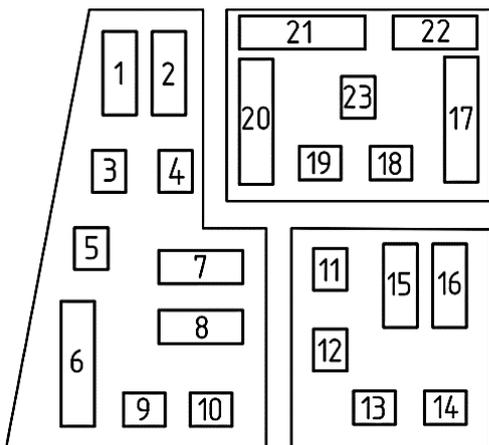
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	6	16	12	5	12
2	7	4	13	7	4
3	9	4	14	7	4
4	9	5	15	9	5
5	7	5	16	5	12
6	5	12	17	5	12
7	5	12	18	7	3
8	7	4	19	7	3
9	5	9	20	9	5
10	5	9	21	8	4
11	7	4	22	8	4

Рис. П.1.15 Исходные данные для варианта №15



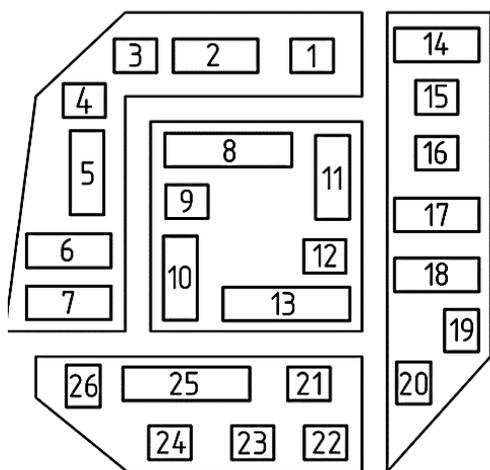
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	12	14	8	4
2	5	12	15	8	5
3	7	4	16	5	12
4	7	4	17	5	12
5	9	5	18	5	12
6	9	5	19	7	5
7	7	5	20	7	5
8	6	16	21	9	4
9	5	12	22	9	4
10	5	12	23	8	5
11	5	12	24	8	5
12	7	4	25	5	9
13	5	16	26	5	9

Рис. П.1.16 Исходные данные для варианта №16



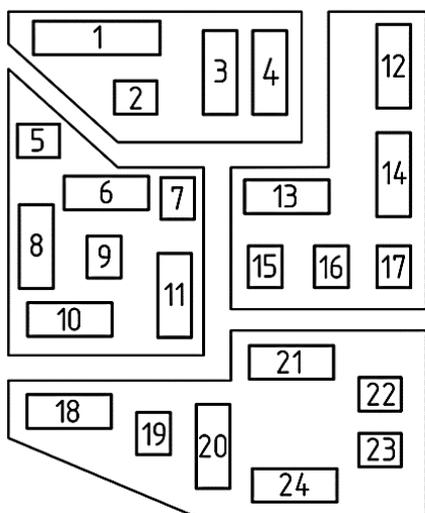
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	13	8	5
2	5	9	14	8	5
3	7	4	15	5	9
4	7	4	16	5	9
5	9	5	17	6	16
6	6	16	18	7	4
7	5	12	19	7	4
8	5	12	20	5	12
9	9	4	21	5	12
10	9	4	22	5	9
11	7	5	23	9	5
12	7	5			

Рис. П.1.17 Исходные данные для варианта №17



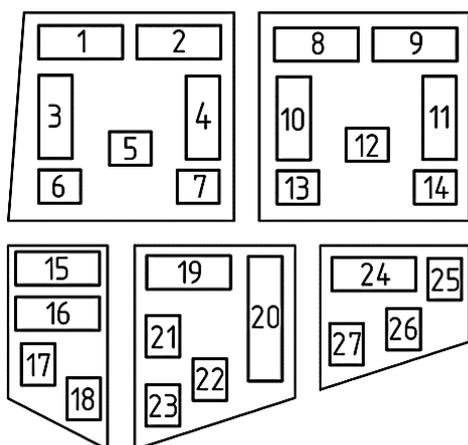
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	9	5	14	5	9
2	5	9	15	8	4
3	7	4	16	8	4
4	7	4	17	5	12
5	5	12	18	5	12
6	4	9	19	7	5
7	4	9	20	7	5
8	6	16	21	8	3
9	9	4	22	8	3
10	5	12	23	8	3
11	5	12	24	9	5
12	7	4	25	6	16
13	5	12	26	7	4

Рис. П.1.18 Исходные данные для варианта №18



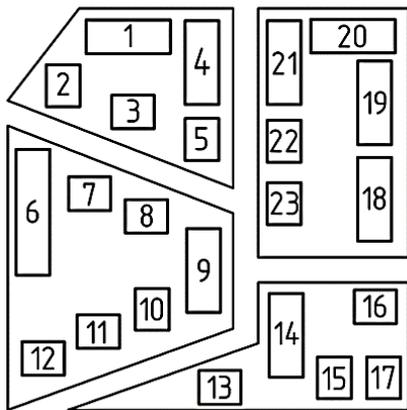
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	8	9	13	6	9
2	7	4	14	6	9
3	5	12	15	8	4
4	5	12	16	8	4
5	7	5	17	8	4
6	5	9	18	5	12
7	9	4	19	7	5
8	5	12	20	5	9
9	7	5	21	5	12
10	5	12	22	5	12
11	5	12	23	8	5
12	5	9	24	8	5

Рис. П.1.19 Исходные данные для варианта №19



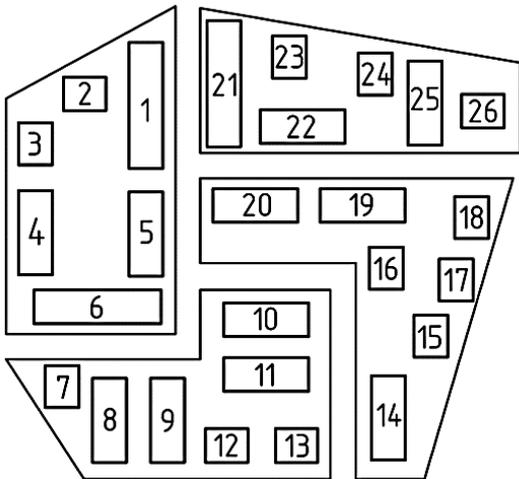
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	9	15	5	9
2	5	9	16	5	9
3	4	9	17	7	4
4	4	9	18	7	4
5	9	4	19	5	9
6	7	3	20	5	16
7	7	3	21	7	5
8	5	12	22	7	5
9	5	12	23	7	5
10	5	9	24	5	12
11	6	9	25	8	3
12	8	4	26	8	3
13	8	4	27	8	3
14	8	4			

Рис. П.1.20 Исходные данные для варианта №20



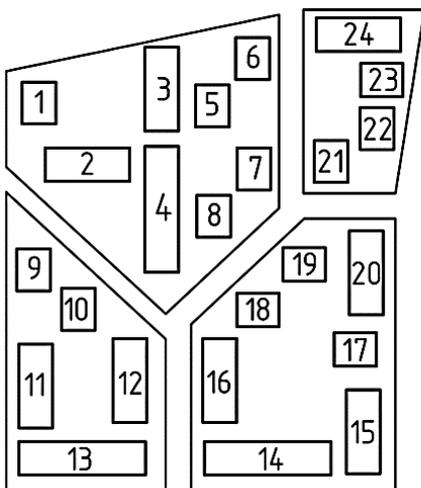
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	12	13	7	3
2	7	4	14	5	9
3	8	5	15	7	4
4	5	9	16	7	4
5	8	5	17	9	5
6	6	16	18	5	12
7	7	4	19	5	9
8	7	4	20	5	9
9	5	12	21	4	9
10	8	4	22	8	4
11	8	4	23	8	4
12	9	5			

Рис. П.1.21 Исходные данные для варианта №21



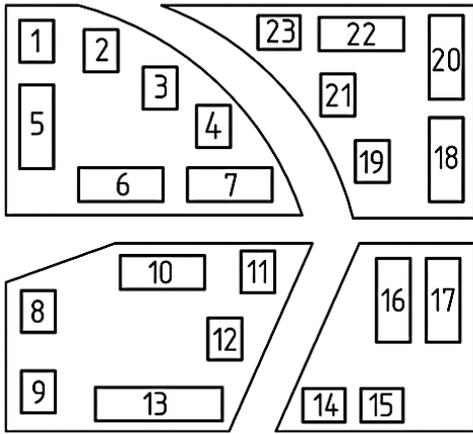
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	12	14	5	12
2	8	4	15	7	5
3	8	4	16	7	5
4	5	12	17	7	5
5	5	12	18	9	4
6	6	16	19	5	12
7	9	4	20	5	12
8	5	9	21	4	16
9	5	9	22	5	9
10	4	9	23	7	3
11	4	9	24	7	3
12	8	4	25	5	12
13	8	4	26	9	4

Рис. П.1.22 Исходные данные для варианта №22



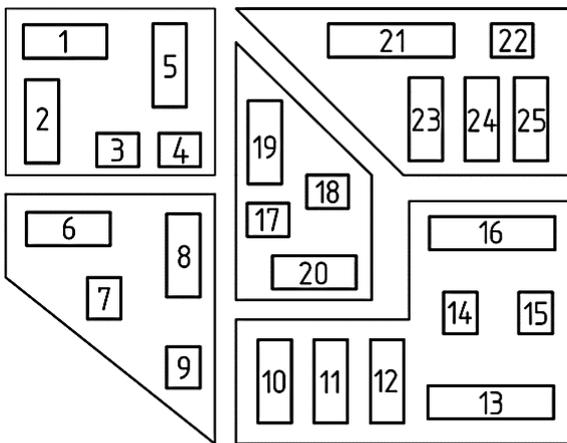
№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	8	4	13	6	16
2	5	12	14	5	12
3	5	12	15	4	9
4	5	16	16	4	9
5	7	4	17	7	5
6	7	4	18	7	5
7	8	3	19	9	5
8	8	3	20	5	12
9	9	5	21	7	4
10	9	5	22	8	5
11	5	9	23	8	5
12	5	9	24	5	12

Рис. П.1.23 Исходные данные для варианта №23



№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	8	4	13	6	16
2	8	4	14	7	4
3	9	5	15	7	4
4	9	5	16	5	12
5	5	12	17	5	12
6	5	12	18	5	9
7	5	9	19	7	3
8	7	5	20	5	12
9	7	5	21	7	3
10	5	9	22	5	9
11	8	4	23	9	4
12	7	5			

Рис. П.1.24 Исходные данные для варианта №24



№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже	№ дома	Кол-во этажей	Кол-во квартир на этаже
1	5	12	14	7	8
2	5	12	15	7	8
3	7	8	16	9	16
4	7	8	17	9	7
5	5	12	18	9	7
6	5	12	19	7	12
7	9	6	20	7	12
8	6	20	21	6	16
9	9	6	22	9	8
10	5	12	23	5	12
11	5	12	24	5	12
12	5	12	25	5	12
13	9	16			

Рис. П.1.25 Исходные данные для варианта №25

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Основы конструирования и проектирования городских систем газоснабжения	4
1.1. Общие сведения о структуре газотранспортной системы.....	4
1.2. Классификация существующих схем городских систем газоснабжения.....	5
1.3. Способы прокладки городских газопроводов.....	8
2. Защита стальных газопроводов от коррозии.....	12
2.1. Выбор способа защиты газопроводов от коррозии.....	12
2.2. Расчет электродренажной защиты газопроводов.....	13
2.3. Расчет катодной защиты газопроводов.....	16
2.3.1. Расчет и выбор анодного заземления.....	21
2.4. Расчет протекторной защиты газопроводов.....	24
Заключение.....	28
Библиографический список.....	29
Приложение.....	30

ГОРОДСКИЕ И ПОСЕЛКОВЫЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению практических расчетов и курсового проекта
для обучающихся направления подготовки 08.04.01 «Строительство»
(программа «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий»)
очной и заочной форм обучения*

Составитель:
Колосова Нелля Викторовна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 25.11.2024.
Уч.-изд. л. 2,5.

ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический
университет
394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84