

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
НАО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА И ИРРИГАЦИИ»

«Допущена к защите»

Руководитель ОП


/подпись/


/Ф.И.О./

« 5 » 06 2026 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: Проектирование совершенствования работ по замене газопровода в
городской сети

ОП: 6B07101-Нефтегазовая техника
/шифр и наименование/

Выполнил


/подпись/

Качмазов Илья Георгиевич
/Ф.И.О./

Научный руководитель


/подпись/

Жүсіп Талғат Сембекулы
/Ф.И.О. ученая степень, ученое звание/
к.т.н.

Тараз 2026

«НАО «КАЗАХСКИЙ ТАРАЗСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.М.Х.ДУЛАТИ»

Специальность /ОП _____ 6В07101-Нефтегазовая техника _____

Образовательная группа _____ Транспорт и машиностроение _____

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта (работы)

Студенту _____ Качмазов Илья Георгиевич _____
/Ф.И.О./

Тема проекта (работы) Проектирование совершенствования работ по замене газопровода в городской сети

утверждена приказом по вузу № 138 от « 31 » 10 2025 г.

Срок сдачи законченного проекта (работы) « 17 » 06 2026 г.

Исходные данные к проекту (работе) Замена газопровода полиэтиленовыми трубами в городе Тараз. Диаметр трубы 225мм. Глубина залегания 1500 мм, модернизированный экскаватор - Hyundai R180LC-7. Рабочий орган обратная лопата.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте (работе) вопросов или краткое содержание дипломного проекта (работы):

- а) Технологическая часть, Обоснование замены металлического газопровода на полиэтиленовый,
- б) Механизация земляных работ. Расчет параметров прокладки газопровода. Экономическое обоснование проекта
- в) Техника безопасности и охрана окружающей среды Выводы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Технология проведения газопровода, 2. Патентно-техническое решение, 3. Общий вид экскаватора 4. Модернизированный рабочий орган, 5. Детализовка 5-6, 6. Техника экономические показатели.

Рекомендуемая основная литература:

1. СН РК 4.03-01-2011. Газораспределительные системы. Строительные нормы Республики Казахстан. — Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан, 2011.
2. Ионин А.А. Газоснабжение. — Москва: Строй издат, 1989.
3. Кязимов К.Г., Гусев В.Е. Эксплуатация и ремонт оборудования систем газораспределения. — Москва: Академия, 2013.
4. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лапидус А.А. Технология строительных процессов. Часть 1: учебник. — Москва: Высшая школа, 2005.
5. Hyundai Construction Equipment. Hyundai R180LC-7 Crawler Excavator. Technical Catalogue. — Seoul: Hyundai Heavy Industries, 2012.

Консультации по проекту (работе) с указанием относящихся к ним разделов проекта (работы)

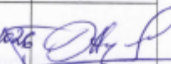
Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
1. Технологическая часть, Обоснование замены металлического газопровода на полиэтиленовый	Жусип Т.С.	3.04.2026	
2. Механизация земляных работ. Расчет параметров прокладки газопровода. Экономическое обоснование проекта	Жусип Т.С.	15.05.2026	
3. Техника безопасности и охрана окружающей среды	Жусип Т.С.	19.05.2026	
Выводы			

ГРАФИК
выполнения дипломного проекта (работы)

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Технологическая часть, Обоснование замены металлического газопровода на полиэтиленовый	6.03.2026г.	выполнено
2	Механизация земляных работ. Расчет параметров прокладки газопровода. Экономическое обоснование проекта	3.04.2026г.	выполнено
3	Техника безопасности и охрана окружающей среды	19.05.2026	выполнено
	Выводы		

Дата выдачи задания « 7 » 10 2025 г.

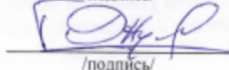
Руководитель ОП


/подпись/

Жусип Т.С.

/Ф.И.О./

Руководитель
проекта (работы)


/подпись/

Жусип Т.С.

/Ф.И.О./

Задание принял к исполнению
Студент


/подпись/

Качмазов И.Г.

/Ф.И.О./

Аннотация

Данная дипломная работа посвящена совершенствованию процессов замены распределительного газопровода низкого давления в жилой зоне города Тараз. Согласно проекту устаревшие стальные трубы заменяются полиэтиленовым трубопроводом ПЭ100 SDR11. Ключевой акцент уделён организации технологического цикла доработки рабочего органа экскаватора и механизации земляных операции для эффективной выемки грунта. В ходе исследования были проведены расчеты объемов земляных работ, механических нагрузок на инструмент а также экономическая целесообразность внедрение всех предложенных решений. Также в работе освещены аспекты техники безопасности и охраны окружающей среды.

Аңдатпа

ЫБұл дипломдық жұмыс Тараз қаласының тұрғын алабындағы төмен қысымды газ тарату құбырын ауыстыру процесін жақсартуға бағытталған. Жоба ескірген болат құбырларды PE100 SDR11 полиэтилен құбырларына ауыстыруды қамтиды. Экскаватордың жұмыс құралын жаңартудың технологиялық циклін ұйымдастыруға және топырақты тиімді қазу үшін қазу жұмыстарын механикаландыруға басты назар аударылады. Зерттеуге қазба көлемінің есептеулері, құралға механикалық жүктемелер және барлық ұсынылған шешімдерді енгізудің экономикалық орындылығы кірді. Құжат сонымен қатар қауіпсіздік және қоршаған ортаны қорғау аспектілерін қарастырады.

Abstract

This thesis focuses on improving the replacement process for a low-pressure gas distribution pipeline in a residential area of Taraz. The project involves replacing obsolete steel pipes with PE100 SDR11 polyethylene pipelines. The key focus is on the organization of the process cycle for upgrading the excavator's working tool and mechanizing excavation operations for efficient soil excavation. The study included calculations of excavation volumes, mechanical loads on the tool, and the economic feasibility of implementing all proposed solutions. The paper also addresses safety and environmental protection aspects.

Содержание

Аннотация	4
Введение	6
1 Технологическая часть	7
1.1 Характеристика объекта реконструкции	7
1.2 Обоснование замены металлического газопровода на полиэтиленовый	
1.3 Технология производства работ по замене газопровода	9
1.4 Виды работ при замене газопровода	11
2 Механизация земляных работ	13
2.1 Применяемая техника	13
2.2 Способы модернизации рабочего органа	14
2.3 Патентно-техническое обоснование	16
3 Расчетная часть	21
3.1 Расчет параметров прокладки газопровода	21
3.2 Расчет экскаватора и модернизированного рабочего органа	23
3.3 Экономическое обоснование проекта	29
4 Техника безопасности и охрана окружающей среды	34
4.1 Техника безопасности	34
4.2 Охрана окружающей среды	35
Выводы	37
Список использованной литературы	38
Приложение	39

Введение

Надежность газоснабжения, являющегося важным элементом инженерной инфраструктуры напрямую влияет на уровень безопасности комфорта жизни населения в процессе длительной эксплуатации металлические газопроводы повреждаются из-за коррозии разрушаются из-за внешних факторов что ведет к снижению их надежности и повышает расходы на содержание [1]. Следовательно, реконструкция изношенных участков сетей распределение газа является актуальной технической задачей.

Эффективным путем решения является замена металлических труб полиэтиленовыми. Такие изделия имеют малый вес, устойчивых к коррозии простых монтаже и у них отсутствует необходимость в электрохимической защите что сильно снижает эксплуатационные затраты. [3]. В рамках дипломной работы предусматривается замена имеющегося металлического участка на полиэтиленовый трубопровод ПЭ100 SDR11 диаметром 225 мм на участке длиной 850 м.

Работа рассчитана на условия частного сектора города Тараз, в таких условиях проведение земляных работ затруднено узкими улицами, наличием хозяйственных объектов зеленых зон заборов, и действующих подземных коммуникаций. Поэтому в ходе замены газопровода следует не только гарантировать надежность новой сети, а также минимизировать объем извлекаемого грунта, сократить да водку траншеи и снизить негативное воздействие на окружающую территорию.

Главный акцент сделан на механизацию земляных работ, применение обычного ковша экскаватора может приводить к превышению проектной ширины траншеи и необходимости дополнительного выравнивания дна. Для устранения таких недостатков используется модернизированный траншейный ковш с боковыми формообразующими элементами и нижней выравнивающей кромкой, такое сооружение позволяет формировать траншею строго по заданной ширине и создавать более ровные основания для песчаной подушки [10].

Дипломная работа направлена на создание методики замены низконапорного газопровода в условиях частного сектора, включающего техническое обоснование использование полиэтиленовых труб и модернизацией экскаваторного ковша для копки траншеи. Для достижения поставленной задачи проанализировали технические этапы используемую сантехнику выполнили расчеты геометрических параметров траншеи, усилий на ковш производительность и оборудования и экономической целесообразности проекта. Объектом исследования выступает часть газораспределительные сети низкого давления о предметом способ устройства траншеи и модернизирование конструкции рабочего органа.

Практическая ценность работы состоит в возможности внедрения всех предложенных решений при реконструкции газовых сетей в частных секторах. Использование доработанного ковша способствует сокращению объема излишнего грунта, обеспечивает более высокое качество подготовки оснований для укладки полиэтиленовых труб, а также снижает расходы на вывоз грунта и рекультивацию территории.

1 Технологическая часть

1.1 Характеристика объекта реконструкции

Объектом дипломной работы выступает участок распределительного газопровода с низким давлением, который расположен в условиях частного сектора в городе Тараз. Газопровод способствует подаче природного газа к индивидуальным частным домам и объектам коммунально-бытового назначения. Протяженность проектируемого участка принимается равной 850 м.

Имеющийся газопровод сделан из металлических труб и эксплуатируется в течение долгого времени. В ходе эксплуатации металлические трубопроводы подвергаются воздействию коррозии, сезонных колебаний температуры, механических нагрузок и изменении состояния грунта [2]. Это в свою очередь снижает надежность сети и показывает необходимость реконструкции.

В условиях частного сектора имеются большие влияния на технологию производства работ. На трассе предположительно могут располагаться ограждения узкие проезды зелёные зоны, хозяйственные постройки и так далее. Именно поэтому в ходе разработки траншеи необходимо соблюдать проектные размеры ограничивать ширину нарушены полосы и обеспечивать безопасное движение жителей и техники.

В частных секторах размещение газораспределительных сетей всегда формируется по мере развития застройки. Изначально отдельные участки прокладываются по удобным направлениям, однако в процессе эксплуатации рядом с трассой могут появляться новые ограждения, въезды, навесы, хозяйственные постройки и покрытия дворовых территорий. В итоге доступ к существующей линии становится затруднительным, а производство работ по имеющейся привычной схеме может привести к большому объему ручной доработки и нарушению благоустройства.

В рассматриваемом проекте следует принять ту технологию при которой большая часть земельных работ будет выполняться механизировано, а зона вскрытия грунта ограничится проектным размером траншеи. Такой способ особенно актуален для узких улиц в частном секторе, где одновременно требуется сохранить проезд для жителей, и не допустить повреждения ограждений, водопроводных вводов, кабельных линий и других коммуникаций.

Имеющийся металлический газопровод рассматривается как достаточно изношенный участок распределительной сети, который требует замены. При этом совершенствование технологии должно решать не только задачу выбора нового материала трубы, но и задачу правильной организации земляных работ. Именно поэтому в дипломной работе главный технический акцент сделан на разработку траншеи и модернизацию рабочего органа экскаватора, который позволяет уменьшить лишнюю выемку грунта и повышает точность профиля траншеи.

Принятая нами длина участка 850 м позволяет рассматривать объект как типовой для реконструкции распределительных сетей в частном секторе. На такой протяженности даже небольшое повышение фактической ширины траншеи над проектным значением может привести к заметному увеличению объема грунта, затрат на вывоз, расхода песка и времени восстановления территории. Поэтому повышение точности работы землеройной машины имеет большое значение для всего проекта.

В ходе выбора схемы производства работ учитывается, что частный сектор отличается неоднородностью застройки. На одном участке трасса может проходить рядом с ограждением или въездом во двор, на другом — вдоль проезда, а на третьем — вблизи существующих коммуникаций. В таких условиях универсальный подход к разработке траншеи иногда приводит

к избыточному вскрытию грунта. Именно из-за этого применение ковша, формирующего более стабильную ширину траншеи, помогает сделать технологию более предсказуемой.

Побочным фактором выступает необходимость уменьшения времени нахождения открытой траншеи. В частных секторах открытая выемка затрудняет движение жителей, требует постоянного ограждения и создает опасность для пешеходов. Чем точнее и быстрее происходит разработка траншеи, тем проще организовать следующие операции по устройству основания, укладке трубопровода и обратной засыпке.

Для рассматриваемого проекта предполагается, что работы будут выполняться вдоль доступной части улицы, где смогут подъезжать самосвалы и работать экскаваторы. Такое решение исключит необходимость заезда техники на частные территории и снизит риск для жилой застройки и защитит хозяйственные постройки от повреждений. Поэтому оптимизация рабочего органа экскаватора напрямую связана с особенностями объекта.

Грунтовые условия района строительства считаются благоприятными для выполнения земляных работ с помощью открытого способа. Основной грунт состоит из суглинка в средней плотности, которые могут быть разработаны, однако вшивом экскаватором без помощи дополнительных методов рыхления. Уровень грунтовых вод принимается ниже проектной глубины траншеи.

Глубину сезонного промерзания грунта принимаем равной 1000 мм. В связи с этим проектируемый газопровод должен быть уложен ниже данной отметки. Проектная глубина траншеи составляет 1,5 м, что в свою очередь позволяет разместить песчаную подушку, полиэтиленовую трубу, защитный песчаный слой, сигнальную ленту и верхний слой обратной засыпки.

1.2 Обоснование замены металлического газопровода на полиэтиленовый

Переход с металлических сетей на полиэтиленовые трубы является ключевой мерой по укреплению надежности газораспределительной инфраструктуры. Стальные трубы отличаются высокой механической прочностью, но их долговечность в грунте критически зависит от целостности изоляционного слоя: при его разрушении появляется коррозия, что ведет к быстрому ухудшению технического состояния конструкции [1]. В противовес этому, полиэтиленовые изделия более устойчивы к электрохимической коррозии, также они обладают малым весом, что упрощает их логистику и установку, а также позволяет исключить необходимость в дорогостоящей катодной защите, снижая эксплуатационные расходы. [4]. Для рассматриваемого участка принимается труба ПЭ100 SDR11 диаметром 225 мм.

Для частных секторов применение полиэтиленового трубопровода удобно тем, что трубы легче доставляются и раскладываются вдоль трассы. В ограниченной ширине улиц и наличии въездов во дворы снижается потребность в тяжелых грузоподъемных операциях и облегчается организация монтажной зоны. Небольшая масса труб способствует выполнению части операций с меньшим количеством рабочих, но при этом требования к качеству траншеи и защите наружной поверхности трубы все так же остаются высокими.

Главным недостатком металлического трубопровода в грунте выступает зависимость его долговечности от состояния изоляционного покрытия. Даже небольшие локальные повреждения изоляции вполне может стать причиной коррозии и вследствие дальнейшего снижения надежности участка. Полиэтиленовые трубы не нуждаются в антикоррозионной защите, но при укладке и засыпке они чувствительны к механическим повреждениям. Следовательно, применение ПЭ труб следует сопровождать правильным устройством песчаных слоев и качественной подготовкой основания.

В дипломной работе переход на полиэтиленовый трубопровод рассматривается вместе с совершенствованием технологии земляных работ. Это помогает не ограничиваться заменой

материала труб, но и получить более полный технический эффект: модернизированный рабочий орган экскаватора уменьшает затраты на подготовку траншеи и восстановление территории, а новая труба повышает долговечность сети.

Соединение полиэтиленовых труб выполняется с помощью сварки, что позволяет получить прочные и герметичные стыки. При правильности технологического режима сварные соединения имеют высокую надежность и не требуют дополнительной защиты от коррозии [3]. В частном секторе это упрощает монтаж и последующее обслуживание газопровода.

1.3 Технология производства работ по замене газопровода

Технология производственных работ будет разрабатываться с учетом условий частного сектора, характеристики грунта, глубины заложения трубопровода, а также необходимости механизации земляных работ. В рассматриваемом нами участке принимаем открытый траншейный способ, позволяющий контролировать разработку траншеи, укладку трубопровода, подготовку основания и обратную засыпку.

Открытый способ принимаем потому, что он дает возможность визуального контроля всех основных операций. В ходе реконструкции распределительного газопровода стоит видеть положение существующих коммуникаций и качество основания под трубопровод и фактическое состояние грунта. Кроме этого, открытая траншея позволит выполнить демонтаж старого участка, уложить ПЭ трубу, подготовить песчаную подушку и провести испытания до окончательной засыпки.

Производство работ в частном секторе следует выполнять захватками. Такой подход позволит не вскрывать полностью весь участок протяженностью 850 м, а поэтапно выполнять разработку траншеи, монтаж трубы и обратную засыпку на ограниченном отрезке. Это уменьшит продолжительность нахождения открытых траншей, снизит неудобства для жителей и повысит безопасность на строй площадке.

В ходе каждой захватки нужно уточнять фактические отметки поверхности, наличие пересечений с инженерными сетями, а также возможность подъезда техники. В случае наличия вводов к частным домам, въездов, тротуаров или же узких проходов принимаем дополнительные меры такие как: установка временных настилов, ограждений, предупреждающих знаков и перенос складирования грунта на безопасное расстояние от края траншеи.

Перед началом работ следует уточнить расположение действующих подземных коммуникаций, выполнить разбивку трассы, установить временные ограждения и предупреждающие знаки. Также мы организуем места временного складирования труб, песка и разработанного грунта. В частных секторах особое внимание уделяем сохранности подъездов к домам, ограждений и зеленых зон.

После всех специальных мероприятий выполняется разработка траншеи. Проектную глубину траншеи принимаем 1,5 м, ширину по дну — 0,8 м. Проектировка выполняется экскаватором с переделанным траншейным ковшом, который обеспечивает более точное формирование ширины и более ровное дно траншеи [10].

По завершении рытья котлована его основание освобождается от посторонних включений, после чего формируется 10-сантиметровый песчаный слой. Затем трубы из полиэтилена марки ПЭ100 (SDR11) размещают вдоль линии трассы, сваривают между собой и фиксируют в соответствии с проектными параметрами. После проверки геометрических параметров трубопровода и проведения испытаний производят засыпку защитным слоем песка высотой 100 мм, укладывают оповещающую ленту и осуществляют обратную засыпку галечником или грунтом местного происхождения.

Качество песчаной подушки полностью зависит от состояния дна траншеи после прохода по нему экскаватора. В случае если дно имеет перепады, выступы или углубления, песок будет расходоваться неравномерно, а труба получит неодинаковую опору по длине. Именно поэтому применение нижней выравнивающей кромки на ковше будет направлено на уменьшение неровностей еще на этапе механизированной разработки грунта.

В ходе укладки полиэтиленовой трубы следует исключать контакт с камнями, металлическим мусором и твердыми включениями грунта. Для этой цели нижний и верхний песчаные слои принимаем одинаковой толщины 100 мм. Верхний слой защищает трубу от повреждений при следующих засыпках галечником или местным грунтом, а нижний слой формирует основание.

После укладки трубы выполняем контроль ее положения. По высоте и в плане. До начала окончательной засыпки все отклонения должны быть устранены, потому что после уплотнения грунта добраться до трубопровода будет сложно. На этом этапе также проверяем отсутствие резких изгибов и механических повреждений снаружи на поверхности трубы.

Сигнальная лента размещается над трубопроводом для предупреждения о наличии газопровода при последующих земляных работах. В условиях частного сектора это особенно важно, так как в дальнейшем жители или коммунальные службы могут выполнять работы по устройству вводов, ремонту водопровода, кабельных линий или благоустройству территории.

Организационная работа по захваткам позволяет рационально использовать строительную технику. В самом начале выполняется подготовка ограниченного участка и его разметка, потом экскаватор разрабатывает траншею, после чего монтажная бригада подготавливает основание и укладывает трубопровод. После всех испытаний этот участок засыпается, уплотняется и передается под восстановление. Данный порядок уменьшает длину открытой траншеи и снижает опасность для жителей частного сектора.

В ходе разработки траншеи следует соблюдать нужные отметки по глубине. Недостаточная глубина может привести к расположению трубопровода в зоне сезонного промерзания, а чрезмерная глубина увеличивает объем грунта и запас времени на обратную засыпку. Поэтому работа экскаватора должна сопровождаться периодическим контролем глубины, особенно после перехода на новую захватку.

Измененный улучшенный ковш не отменяет необходимости контроля, но облегчает его выполнение. За счет боковых формирующих ножей траншея выходит достаточно стабильной по ширине, а нижняя выравнивающая кромка уменьшает перепады дна. Это дает монтажной бригаде быстрее подготовить песчаное основание и снижает объем ручного труда.

Песок должен распределяться равномерно по всей ширине траншеи при устройстве песчаной подушки. Фактическая толщина подушки вполне может оказаться меньше требуемой, если на дне остаются выступы грунта. Песок расходуется сверх расчетного объема, если имеется углубление. Именно поэтому качество механизированной разработки напрямую влияет на фактический расход материала.

После проверки готовности основания проводится укладка полиэтиленовой трубы. Трубе следует располагаться без резких изгибов, и операция по всей длине на песчаную подушку. В случае необходимости можно откорректировать положение трубы до начала защитной засыпки. После засыпки будет невозможен доступ к нижней части трубопровода, поэтому все дефекты устраняются заранее.

Роль предохранительной зоны выполняет защитный песчаный слой над трубой. Он предотвращает прямой контакт трубы с галечником, крупными включениями грунта, а также случайными предметами. В проекте этот слой принимается толщиной 100 мм, что соответствует принятой схеме поперечного сечения и расчету общего объема песка.

После устройства защитного слоя и укладки сигнальной ленты выполняется обратная засыпка грунтом. При этом грунт не должен содержать строительного мусора, металлических

В случае частного сектора восстановление территории имеет большое значение для приемки работ. Должны быть восстановлены все проезды, подходы к домам, элементы благоустройства, участки покрытия и так далее все это должно быть сделано после окончания реконструкции. Объем восстановительных работ будет увеличен если траншея была разработана с избыточной шириной, поэтому точность разработки является одним из показателей качества технологии.

Заключительным этапом является восстановление территории. Оно включает в себя послойное уплотнение грунта, планировку поверхности, восстановление нарушенных покрытий, въездов, проходов и уборку строительной площадки.

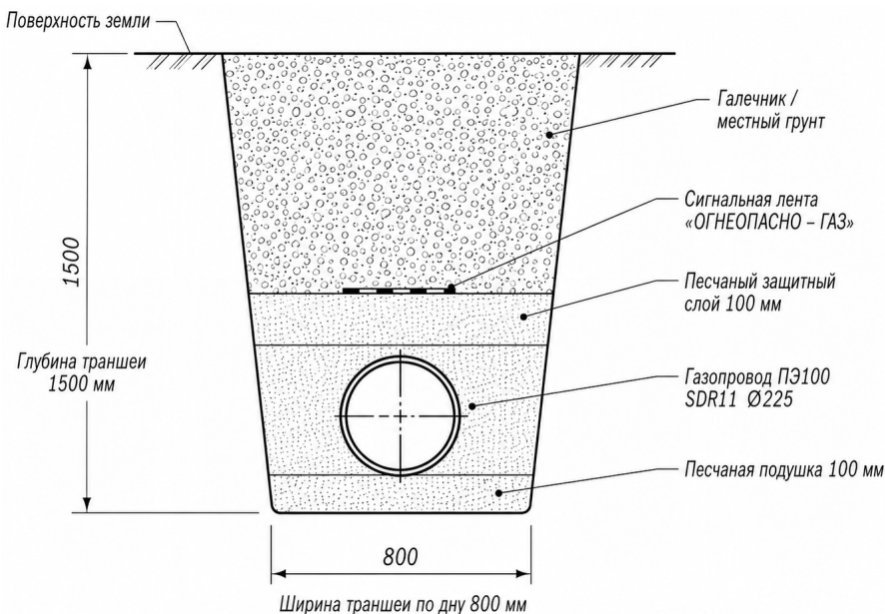


Рис. 1 Поперечное сечение траншеи при замене газопровода.

1.4 Виды работ при замене газопровода

Все работы по замене газопровода включают в себя подготовительные, земляные, монтажные, сварочные, испытательные и восстановительные операции. Ключевым принципом нашей работы является строгая технологическая последовательность. Это обусловлено тем, что безупречное качество каждого этапа является основой для надежности всех последующих операций. Подготовительный этап включает в себя: точное определение трассы, получение всех необходимых разрешений, организацию безопасной строительной площадки, своевременную доставку техники и материалов, а также установку временных ограждений и четкое обозначение действующих коммуникаций. Далее следуют земляные работы, которые включают в себя:

разработку траншей, временное складирование извлеченного грунта, вывоз излишков и тщательную подготовку основания.

Подготовительный этап должен выполняться особенно тщательно, так как от него зависит безопасность последующих земляных операций. В ходе реконструкции газопровода в частном секторе нужно заранее выбрать места складирования труб, песка и временного отвала грунта. Такие зоны не должны блокировать проезды к домам, создавать препятствия для пешеходов и мешать работе аварийных служб.

Организация движения техники является важной частью подготовки. Экскаватору, самосвалу и вспомогательной технике следует перемещаться по заранее определенной схеме. Это значительно снижает риск столкновений, повреждения ограждений и нарушения дорожного покрытия. Иногда работы выполняются поэтапно, чтобы при завершении одной захватки можно было быстро восстановить проезд и перейти к следующему в очереди участку.

Монтажные работы включают в себя раскладку полиэтиленовых труб, подготовку торцов, сварку, укладку трубопровода на песчаное основание и контроль его положения. Перед окончательной засыпкой выполняются испытательные работы для проверки прочности и герметичности газопровода [3]. Восстановительные работы включают в себя защитную засыпку, послойное уплотнение и приведение территории в корректное состояние.

Монтажные операции и земляные операции должны быть технологически и логически связаны между собой. В случае если траншея разработана с нарушением ширины или с неровным дном, то монтажная бригада должна будет тратить дополнительное время на ручную подсыпку, выравнивание и очистку основания. Это в свою очередь понижает производительность всего потока работ. Поэтому механизированная разработка траншеи с использованием модернизированного ковша является средством повышения эффективности не только монтажного этапа, но и землеройного.

После всех испытаний происходит послойная обратная засыпка. Уплотнение грунта следует проводить равномерно, без резких ударных воздействий только над трубой. Недостаточное уплотнение может привести к возможным просадкам поверхности, а чрезмерное воздействие на зону трубы может повредить защитный слой. Поэтому восстановительные работы также зависят от того, насколько качественно была выполнена первоначальная разработка траншеи.

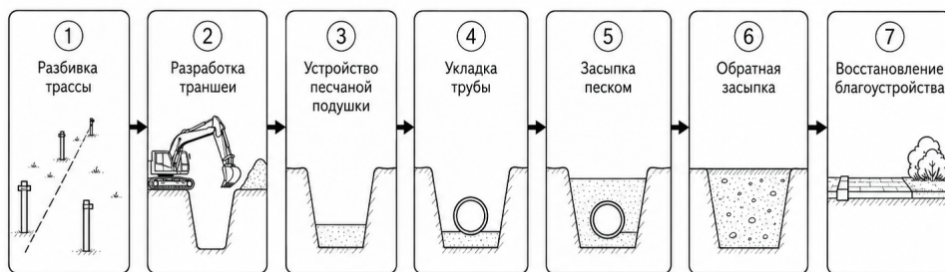


Рис.2 Последовательность выполнения работ при замене газопровода

2 Механизация земляных работ

2.1 Применяемая техника

Одним из основных условий эффективного выполнения реконструкции распределительного газопровода является механизация земляных работ. Большая часть трудоемкости падает на разработку траншеи, перемещение грунта, а также подготовку основания и обратную засыпку. В частном секторе техника должна обеспечивать достаточную точность и производительность.

Специально для разработки траншеи принимается гидравлический экскаватор Hyundai R180LC-7. Машина обладает нужной нам глубиной копания для траншеи глубиной 1,5 м и может комплектоваться сменным рабочим оборудованием [14]. В проекте экскаватор применяется с реконструированным траншейным ковшом, который был разработан специально для формирования траншеи под полиэтиленовый газопровод.

Выбор данного экскаватора можно объяснить тем, что его можно отнести к универсальным машинам среднего класса и можно использоваться на объектах реконструкции инженерных сетей. Для имеющегося у нас участка не требуется использование тяжелой карьерной техники, так как глубина траншеи составляет 1,5 м, а грунт принимается суглинистым средней плотности. При всем этом машина должна иметь достаточный запас по устойчивости, рабочему радиусу, устойчивости и усилию копания.

В частном секторе важна не только мощность машины, но и возможность точного позиционирования рабочего органа. Экскаватор работает рядом с ограждениями, въездами, существующими коммуникациями и временными отвалами грунта. Именно из-за этого применение модернизированного траншейного ковша позволяет использовать возможности базовой машины более рационально: вместо того чтобы увеличить число проходов ручной доработки траншеи формируется ближе к проектной форме уже при механизированной разработке.

При организации работ оператор экскаватора собирает землю и загружает ее в грузовик. Некоторые участки почвы можно заготавливать каждый год для дальнейшего использования, удаляя излишки почвы с участка. Чтобы сократить время простоя, необходимо скоординировать работу экскаваторов и мусоровозов, а строительство канала не должно прерываться из-за нехватки транспорта.

Дополнительно используются экскаватор-погрузчик JCB 3CX, автосамосвалы КамАЗ и сварочное оборудование для полиэтиленовых труб. Экскаватор-погрузчик используется для вспомогательных и планировочных операций, самосвалы — для доставки песка и вывоза лишнего грунта, а сварочное оборудование — для соединения трубопровода [12].

Экскаватор-погрузчик рекомендуется использовать на небольших участках, где требуется засыпка песком, перемещение материала, разметка поверхности и восстановление территории после обратной засыпки. Он не заменяет основной экскаватор, но позволяет разгрузить его от второстепенных вспомогательных операций и повысить общую организацию работ.

Сварочное оборудование должно работать в прямой связи с графиком разработки траншеи. Если траншея подготовлена заранее, а трубы не сварены или не уложены, открытая площадка причиняет неудобства и опасность. Если сварная часть готова, но дно траншеи неровное, монтаж откладывается. Поэтому основная идея механизации заключается в координации работы оборудования и монтажной бригады.

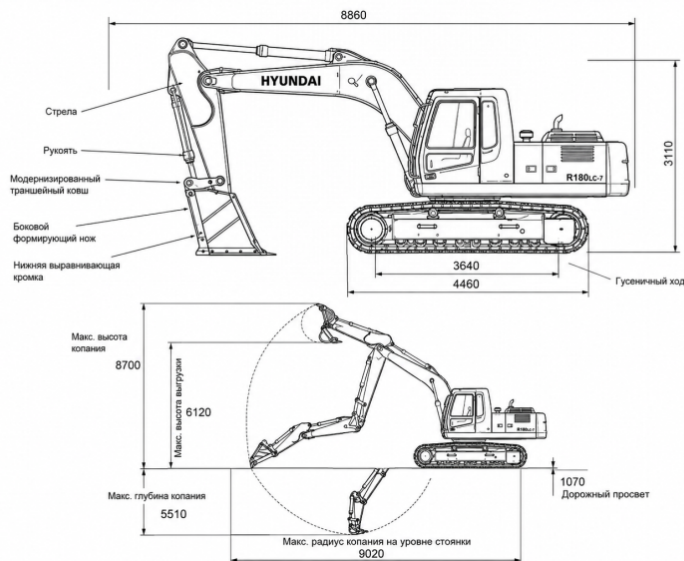


Рис. 3 – Экскаватор Hyundai R180LC-7 с модернизированным траншейным ковшом

2.2 Способы модернизации рабочего органа

Рабочий корпус экскаватора — это элемент, который напрямую взаимодействует с землей. Производительность машины, усилия по рытью, качество выемки и точность профиля траншеи зависят от ее конструкции. При замене газопровода важно не только быстро развести грунт, но и убедиться, что траншея соответствует проектным размерам.

Стандартный ковш экскаватора является универсальным рабочим корпусом, однако при разработке узких траншей это может привести к чрезмерной ширине выемки и неровному дну. Это приводит к увеличению ненужных раскопок, потребления песка и ручной отделки фундамента. Поэтому для этого проекта необходим специальный кузов для траншеи.

Наиболее рациональным направлением модернизации является использование ковша фиксированной рабочей ширины с боковыми ножами для моделирования и нижним выравнивающим краем. Боковые элементы ограничивают площадь среза и образуют боковые стенки траншеи, а нижний край уменьшает неровности дна перед песчаной подушкой.

Фиксированная рабочая ширина выбирается исходя из ширины проектной траншеи 0,8 м и технологического резерва. В расчетах предполагается, что фактическая ширина с модернизированной технологией составляет 0,85 м. Этот запас позволяет учитывать несовершенные условия грунта и работу станка, но при этом значительно снижает дополнительные выемки по сравнению со стандартным ведром.

Ножи бокового формирования выполняют не только функцию резки грунта по краям, но и функцию ограничения ширины траншеи. Когда ведро движется, оно создает более выраженные боковые границы углубления и уменьшает разрушение стен. Это особенно важно при строительстве траншеи вдоль улицы частного сектора, где ненужное расширение раскопок может повлиять на подъездную дорожку, тротуар, заборы и элементы озеленения.

Нижний выравнивающий край предназначен для уменьшения неровностей дна после прохождения ковша. Он не полностью заменяет базовый контроль, но уменьшает количество ручной очистки перед установкой песочной пластины. Благодаря этому монтажная бригада получает более подготовленную базу, а расход песка становится ближе к расчетному значению.

Проектируемый нами ковш включает в себя корпус, усиленную сплошную режущую кромку, левый и правый боковые формирующие ножи, нижнюю выравнивающую пластину, ребра жесткости и узел крепления к рукояти экскаватора. Конструкция направлена на получение фактической ширины траншеи, близкой к проектной, и снижение объема ручных операций.

Корпус ковша берет основную нагрузку с земли и переносит ее на рукоятку экскаватора. Закаленная режущая кромка обеспечивает резку в земле и берет на себя повышенные нагрузки в начале цикла копания. Боковые ножи работают по краям траншеи, а нижняя пластина участвует в формировании основания. Жесткость необходима для предотвращения деформации тела при работе в глинистой почве.

Предлагаемый проект не должен усложнять работу экскаватора. Поэтому модернизация осуществляется на уровне сменного рабочего корпуса, а не всей базовой машины. Это делает решение более доступным для строительной компании: при необходимости обычное ведро можно заменить ковшом, а после завершения работ машина снова используется для других операций.

Технически важен баланс между производительностью и точностью. Чрезмерно узкое ведро уменьшает объем почвы за один цикл и может увеличить время работы. Слишком широкое ведро увеличивает дополнительную выемку. Принятый дизайн шириной 0,85 М является компромиссом между поддержанием производительности и соблюдением геометрии конструкции траншеи.

Рабочий процесс измененного ковша представляем, как последовательное врезание режущей кромки в грунт, срезание основного объема грунта корпусом ковша и формирование боковых границ траншеи боковыми ножами. При этом нижняя выравнивающая пластина работает в зоне дна траншеи и уменьшает высотные неровности, которые обычно остаются после прохода стандартного ковша.

В стандартном ковше боковые стенки траншеи образуются в основном случайным образом и зависят от положения ковша, траектории рукоятки и степени раздавливания грунта. В улучшенной версии ножи для бокового литья более четко ограничивают область резки. Это уменьшает фактическую ширину траншеи и приближает ее к предполагаемому значению 0,85 М.

Нижняя выравнивающая пластина не должна восприниматься как отдельный инструмент для макета. Он является частью ведра и работает вместе с режущей кромкой. Его задача не состоит в том, чтобы оставить значительные выступы на дне после раскопок основного объема почвы. Это уменьшает количество ручного травления и снижает вероятность обгона песка при установке прокладки.

Предлагаемое нами решение имеет место быть именно как технологическая модернизация, а не как усложнение машины. Базовый экскаватор останется тем же, гидравлическая система не изменится, а эффект будет достигнут за счет формы рабочего органа. Это снизит стоимость внедрения и позволит использовать усовершенствованный ковш на других участках замены распределительных газопроводов.

Для модернизации ковша была предусмотрена сварная конструкция. Такой вариант хорошо подходит для ремонтной базы или механического участка, так как основные детали могут быть сделаны из листовой стали с последующей сваркой и зачисткой швов. Самые загруженные участки, включая режущую кромку и боковые ножи, целесообразно выполнить из прочной стали или усилить сменными накладками.

С точки зрения технического обслуживания ковш должен иметь простую конструкцию, доступную для осмотра. После каждой смены нужно очищать рабочий корпус от прилипшей

почвы и проверять состояние боковых ножей, режущих кромок и сварных швов. Это особенно важно при работе на почвах с включениями камней, строительным мусором или на уплотненных участках.

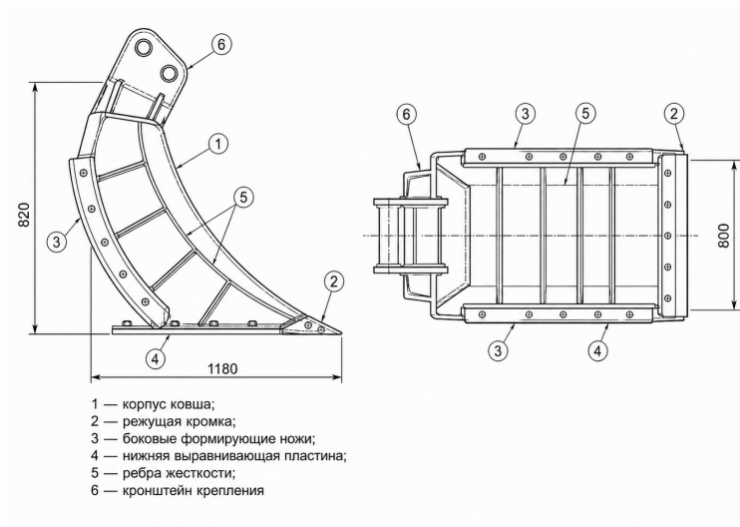
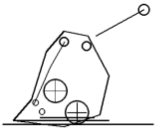


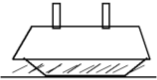
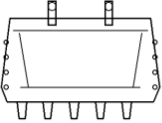
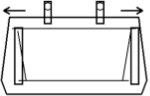
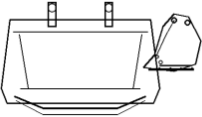
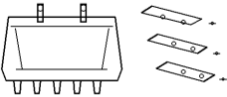
Рис. 4 Конструкция модернизированного траншейного ковша, разработанная на основе патентных решений

2.3 Патентно-техническое обоснование

Патентно-техническое обоснование выполняется специально для выбора правильного направления изменения рабочего органа экскаватора. В процессе анализа были рассмотрены патенты, которые связаны с рабочим оборудованием одноковшовых экскаваторов, боковыми режущими элементами, регулированием ширины ковша, сменными рабочими элементами и выравниванием поверхности грунта. Главной целью анализа являлось не копирование готового решения, а в нахождение технических признаков, которые могут быть использованы при разработке собственного ковша для траншеи под газопровод. Таблице 1

Таблица 1

№	Патент	Краткое содержание	Решение по проекту
1	 RU2520307C1	Рабочее оборудование одноковшового экскаватора для отрывки трубопровода при ремонте.	Рассмотрен, но не принят как основной, так как ориентирован на ремонт и отрывку существующего трубопровода.

2	 US7204046B2	Ковш для подготовки и калибровки материала при траншейных работах и обратной засыпке.	Рассмотрен, но не принят, так как задача проекта связана не с сортировкой материала, а с формированием траншеи.
3	 US3748762A	Ковш экскаватора со съемными боковыми резцами.	Принята идея боковых формирующих ножей для ограничения зоны резания грунта.
4	 WO2005071169A1	Ковш с регулируемой шириной резания за счет изменения положения боковых стенок.	Принята идея контроля ширины траншеи; в проекте применяется фиксированная рабочая ширина.
5	 CA2146613C	Ковш с возможностью тонкого профилирования и выравнивания поверхности.	Принята идея нижнего выравнивающего элемента.
6	 US4550512A	Ковш со сменными рабочими элементами и посадочными местами под разные насадки.	Принята идея модульности и заменяемости рабочих элементов.

Патент RU2520307C1 относится к рабочему оборудованию одноковшового экскаватора, предназначенному для отрывков трубопроводов при ремонте [15]. Данное решение близко к трубопроводной тематике, однако его основная задача связана с доступом к существующему трубопроводу. Для проектируемой технологии, где требуется разработка новой траншеи заданного профиля под полиэтиленовый газопровод, этот аналог рассматривается как справочный и не принимается в качестве основы конструкции.

Патент US7204046B2 описывает специализированный ковш для подготовки материала, применяемого при засыпке траншеи [16]. Такое решение полезно для операций padding и backfill, однако оно не решает основную задачу дипломного проекта — уменьшение лишней выемки грунта и формирование ровного основания траншеи при первичной разработке. Поэтому данный патент также рассматривается, но не принимается как основной аналог.

Патент US3748762A описывает ковш экскаватора со съемными боковыми режцами [17]. Для проекта важен сам технический принцип применения боковых режущих элементов, так как он позволяет ограничивать зону резания грунта и формировать боковые стенки выемки. На основе этого признака в проектируемом ковше приняты сплошные боковые формирующие ножи.

Патент WO2005071169A1 раскрывает ковш с регулируемой шириной резания [18]. Сложный механизм регулирования для рассматриваемого объекта не принимается, так как траншея имеет постоянную расчетную ширину. При этом используется сама идея контроля ширины ковша: в проекте она реализуется более простой конструкцией с фиксированной рабочей шириной, близкой к проектной ширине траншеи.

Патент CA2146613C связан с ковшом, способным выполнять более точное профилирование поверхности грунта [19]. Эта идея применяется при разработке нижней выравнивающей кромки, которая позволяет уменьшить неровности дна траншеи и снизить объем ручной доработки перед устройством песчаной подушки.

Патент US4550512A описывает ковш с возможностью установки сменных рабочих элементов [20]. В проекте этот принцип используется как обоснование модульности конструкции: боковые ножи и нижняя выравнивающая пластина могут рассматриваться как рабочие элементы, подлежащие замене при износе.

В результате анализа было принято индивидуальное комплексное решение измененного траншейного ковша. В открытых патентных материалах не выявлено решения, которая полностью совпадает с совокупностью признаков: сплошные боковые формирующие ножи, фиксированная траншейная ширина, нижняя выравнивающая кромка и применение при замене распределительного газопровода в условиях частного сектора. Поэтому предлагаемая конструкция рассматривается как самостоятельная модернизация рабочего органа для условий данного проекта.

Патенты, Которые были рассмотрены, но не приняты в качестве основы, также имеют значение для обоснования проектного решения. Они указывают на то, что в области землеройной техники имеются разные подходы к повышению эффективности: расширение технологических возможностей экскаватора, работа с трубопроводом при ремонте, подготовка материала для засыпки и сортировка грунта. Однако данные решения не дают полного ответа на задачу данного проекта, где требуется именно формирование новой траншеи под распределительный газопровод в частном секторе.

Патент RU2520307C1 был признан аналогичным с точки зрения отраслевой ориентации, поскольку относится к рабочему оборудованию экскаватора для ремонта трубопроводов. Однако его назначение связано с разделением существующей трубы, а не с точным моделированием профиля новой траншеи. Поэтому он будет использоваться только как рассматриваемый аналог, Который подтверждает актуальность использования специального рабочего оборудования для трубопроводных работ. [15].

Патент US7204046B2 тоже не принимается в качестве основы, потому что он ориентирован на подготовку и калибрование материала для засыпки траншеи. Для нашего проекта уменьшение лишней разработки при компании, а не сортировка грунта. Несмотря на это этот патент показывает, что ковш экскаватора может быть использован не только для универсальной разработки грунта, но и для специализированных технологических операций [16].

Принятые технические данные распределяются по нескольким аналогам. От патента US3748762A используется идея боковых режущих элементов, которые позволяют воздействовать на грунт по границам ковша [17]. От патента WO2005071169A1 учитывается идея управления рабочей шириной ковша, но без применения сложного регулируемого механизма [18]. От патента CA2146613C принимается идея более аккуратного профилирования

грунта, что связано с нижней выравнивающей частью рабочего органа [19]. От патента US4550512A используется идея сменности и модульности рабочих элементов ковша [20].

В результате проект разрабатывает собственное решение: траншейный ковш фиксированной ширины с боковыми ножами и нижней выравнивающей пластиной. Эта комбинация характеристик отличается от рассматриваемых аналогов тем, что фокусируется на конкретной технологической задаче — разработке траншеи для газораспределительной трубы из полиэтилена с уменьшением ненужных выемок и уменьшением ручной отделки основания.

Экономическое значение такого решения заключается в том, что технический эффект проявляется не только в работе самой машины, но и в последующих операциях. Более точная траншея требует меньшего заполнения, уменьшает площадь поверхности и уменьшает количество ручных операций. Следовательно, патент и техническое обоснование связаны с вычислительной частью диссертационного проекта, где сравниваются традиционные и модернизированные технологии.

Патентный обзор также позволяет нам увидеть, что большая часть известных решений направлена на решение одной конкретной задачи. Некоторые конструкции улучшают боковое резание, другие позволяют изменять ширину ковша, третьи выполняют профилирование или подготовку материала для засыпки. В предлагаемом решении эти признаки рассматриваются совместно, но в упрощенной и более пригодной для условий частного сектора форме.

Принципиальное отличие предлагаемого нами ковша заключается в том, что регулируемая ширина не будет применяться как сложный механизм. Для газопровода с ранее уже известной шириной траншеи будет рациональнее принять фиксированную рабочую ширину. Это должно уменьшить массу, упростить изготовление и снизить риск поломок. Поэтому от аналога с регулируемой шириной используется не механизм регулирования, а сама идея ограничения и контроля ширины разработки.

Боковые формирующие ножи также не копируются напрямую с одного патента. В других решениях боковые резцы иногда могут быть использованы для расширения возможностей ковша или защиты боковых стенок. В нашем варианте они получают более прямое назначение — формирование траншеи под полиэтиленовый газопровод. Что в свою очередь позволяет связать конструкцию рабочего органа с расчетом лишней выемки грунта.

Нижний выравнивающий элемент был выбран потому, что качество дна траншеи влияет на расположение песчаной подушки. Если основание неровное, рабочие вынуждены засыпать песок в углубления и вручную вырезать выступы. В результате увеличивается трудоемкость и расход материалов. Поэтому использование выравнивающего края позволяет добиться эффекта не только во время развития почвы, но и на более позднем этапе подготовки субстрата.

Пересмотренные патенты, которые не были приняты на рассмотрение, также подтверждают необходимость специализированных ведер для строительства трубопроводов. Однако они сосредоточены либо на ремонте существующих основных труб, либо на подготовке герметика. Более простое и компактное решение необходимо для газораспределительной трубы низкого давления в частном секторе, поэтому спроектированное ведро имеет другой внешний вид.

В выпускном проекте предлагаемый рабочий орган считается техническим решением уровня модернизации. Он не претендует на звание совершенно новой машины, но имеет самостоятельное практическое значение благодаря сочетанию функций, адаптированных к конкретным условиям предприятия. Эта формулировка позволяет правильно использовать патентный анализ и в то же время не сводить проект к копированию хорошо известного изобретения.

В ходе сравнения патентных аналогов следует учитывать условия их применения. Большинство технических решений разрабатывались для универсальных ковшей, магистральных трубопроводов, подготовки материала для засыпки или регулирования ширины

ковша. В нашем проекте главной задачей является: требование разработать траншею под распределительный газопровод низкого давления на участке частного сектора.

Именно поэтому все принятые признаки должны быть технологически оправданы. Боковые ножи используются не для того чтобы увеличить разрушающее действие ковша, а для ограничения ширины траншеи. Нижняя кромка используется не в качестве самостоятельного планировочного отвала, а как элемент, который улучшает качество основания. Усиленная режущая часть служит для сохранения надежности рабочего органа при контакте с суглинистым грунтом.

Данный подход позволяет исключить прямое копирование патентного решения. Проектируемый нами рабочий орган является адаптацией известных технических признаков к конкретной технологии замены газопровода. Именно в такой адаптации заключается весь смысл патентно-технического обоснования, к которому относится: выбор полезной идеи, отказ от неподходящих решений и формировка конструкции, которая связана с расчетами дипломного проекта.

Для того чтобы проверить новизну на уровне дипломного проекта следует показать, что в рассмотренных источниках не было найдено точного совпадения по назначению, компоновке и условиям применения. Ковш, который мы предлагаем не является регулируемым, не является ковшом-сортировщиком и не предназначен для отрывки существующего магистрального трубопровода. Главная его функция— разработать новую траншею заданной ширины под ПЭ газопровод.

3 Расчетная часть

3.1 Расчет параметров прокладки газопровода

Расчетная часть выполняется для определения параметров прокладки газопровода, объемов земляных работ, потребности в материалах, производительности техники, нагрузок на ковш и экономической эффективности. Исходные данные: длина участка 850 м, ширина траншеи 0,8 м, глубина траншеи 1,5 м, нижняя песчаная подушка 0,1 м, верхний защитный песчаный слой 0,1 м.

Площадь поперечного сечения проектной траншеи определяется по формуле:

$$F = b \cdot h \quad (1)$$

где F — площадь поперечного сечения траншеи, м^2 ;

где b — ширина траншеи, м;

где h — глубина траншеи, м.

Подставим значения:

$$F = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ м}^2$$

Площадь поперечного сечения траншеи составляет 1,2 м^2 .

Объем разработки траншеи определяется по формуле:

$$V = L \cdot b \cdot h \quad (2)$$

где V — объем разработки траншеи, м^3 ;

где L — длина участка газопровода, м.

Подставим значения:

$$V = 850 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 1020 \text{ м}^3$$

Проектный объем разработки грунта составляет 1020 м^3 .

Объем нижней песчаной подушки определяется по формуле:

$$V_{\text{пл}} = L \cdot b \cdot h_{\text{пл}} \quad (3)$$

где $V_{\text{пл}}$ — объем нижней песчаной подушки, м^3 ;

где $h_{\text{пл}}$ — толщина нижнего слоя песка, м.

Подставим значения:

$$V_{\text{пл}} = 850 \cdot 0,8 \cdot 0,1 = 68 \text{ м}^3$$

Объем песчаной подушки под трубой составляет 68 м^3 .

Объем защитного песчаного слоя над трубой определяется по формуле:

$$V_{п2} = L \cdot b \cdot h_{п2} \quad (4)$$

где $V_{п2}$ — объем защитного песчаного слоя, м³;

где $h_{п2}$ — толщина защитного слоя песка, м.

Подставим значения:

$$V_{п2} = 850 \cdot 0,8 \cdot 0,1 = 68 \text{ м}^3$$

Объем защитного песчаного слоя составляет 68 м³.

Общий объем песка определяется суммированием нижней подушки и верхнего защитного слоя:

$$V_{п} = V_{п1} + V_{п2} \quad (5)$$

Подставим значения:

$$V_{п} = 68 + 68 = 136 \text{ м}^3$$

Общий объем песка составляет 136 м³.

Объем обратной засыпки определяется по формуле:

$$V_{обр} = V - V_{п} \quad (6)$$

Подставим значения:

$$V_{обр} = 1020 - 136 = 884 \text{ м}^3$$

Объем обратной засыпки составляет 884 м³.

Масса разрабатываемого грунта определяется по формуле:

$$m_{гр} = V \cdot \rho \quad (7)$$

где ρ — плотность суглинка, кг/м³.

Подставим значения:

$$m_{гр} = 1020 \cdot 1800 = 1836000 \text{ кг} = 1836 \text{ т}$$

Количество труб определяется по формуле:

$$N = \frac{L}{l} \quad (8)$$

где N — количество труб, шт.;

где l — длина одной трубы, м.

Подставим значения:

$$N = \frac{850}{12} = 70,8 \approx 71 \text{ шт.}$$

Принимается 71 труба.

Масса трубопровода определяется по формуле:

$$m_{тр} = L \cdot m_1 \quad (9)$$

где m_1 — масса одного погонного метра трубы, кг/м.

Подставим значения:

$$m_{тр} = 850 \cdot 14,6 = 12410 \text{ кг} = 12,41 \text{ т}$$

Длина сигнальной ленты определяется с запасом 5 %:

$$L_{л} = L \cdot k \quad (10)$$

где k — коэффициент запаса.

Подставим значения:

$$L_{л} = 850 \cdot 1,05 = 892,5 \approx 893 \text{ м}$$

Площадь восстановления нарушенного покрытия определяется по формуле:

$$S = L \cdot b \quad (11)$$

Подставим значения:

$$S = 850 \cdot 0,8 = 680 \text{ м}^2$$

Площадь восстановления покрытия составляет 680 м².

Полученные значения показывают, что даже при относительно небольшой ширине траншеи общий объем раскопок значителен. При длине траншеи 850 м объем проектных работ составляет 1020 м³. Это означает, что точность работы экскаватора напрямую влияет на количество вытесненной почвы и стоимость последующих операций.

Предполагается, что окружность песка равна 136 м³, поскольку под трубой и над трубой предусмотрены одинаковые защитные слои толщиной 100 мм. Такой раствор соответствует принятой схеме поперечного сечения траншеи и защищает полиэтиленовую трубу от контакта с твердыми включениями грунта.

Объем заполнения 884 м³. Эту грунтовку следует укладывать слоями с герметиком, что требует времени и использования вспомогательного оборудования. Таким образом, уменьшение

дополнительной ширины транша позволяет уменьшить не только объем здания, но и объем полива и последующего восстановления территории.

Площадь восстановления нарушенной поверхности при проектной ширине транша составляет 680 м². По мере увеличения фактической ширины увеличивается и площадь нарушенной планировки. В частном секторе это может означать дополнительные работы по восстановлению подъездных путей, тротуаров, входов во двор и мощеных участков.

3.2 Расчет экскаватора и модернизированного рабочего органа

Основной машиной для разработки траншеи принимаем экскаватор Hyundai R180LC-7 с изменённым траншейным ковшом. Расчет выполняем для определения производительности машины, времени разработки траншеи, нагрузок на рабочий орган, боковой нож и сварное соединение [11].

Техническая производительность экскаватора определяется по формуле:

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot k_H}{t_{\text{ц}}} \quad (12)$$

где Q — производительность экскаватора, м³/ч;

где q — объем ковша, м³;

где k_H — коэффициент наполнения ковша;

где $t_{\text{ц}}$ — продолжительность рабочего цикла, с.

Подставим значения:

$$Q = \frac{3600 \cdot 1,0,9}{25} = 129,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Масса грунта в ковше определяется по формуле:

$$m_K = q \cdot \rho \cdot k_H \quad (13)$$

Подставим значения:

$$m_K = 1 \cdot 1800 \cdot 0,9 = 1620 \text{ кг}$$

Вес грунта в ковше определяется по формуле:

$$G_K = m_K \cdot g \quad (14)$$

где g — ускорение свободного падения, м/с².

Подставляем значения:

$$G_K = 1620 \cdot 9,81 = 15892 \text{ Н} = 15,9 \text{ кН}$$

Фактический объем траншеи при стандартном ковше определяется по формуле:

$$V_{ct} = L \cdot b_{ct} \cdot h \quad (15)$$

Подставим значения:

$$V_{ct} = 850 \cdot 0,95 \cdot 1,5 = 1211,25 \text{ м}^3$$

Избыточный объем разработки при стандартной технологии определяется по формуле:

$$\Delta V_{ct} = V_{ct} - V \quad (16)$$

Подставим значения:

$$\Delta V_{ct} = 1211,25 - 1020 = 191,25 \text{ м}^3$$

Объем траншеи при модернизированном ковше определяется по формуле:

$$V_m = L \cdot b_m \cdot h \quad (17)$$

Подставим значения:

$$V_m = 850 \cdot 0,85 \cdot 1,5 = 1083,75 \text{ м}^3$$

Избыточный объем при модернизированной технологии определяется по формуле:

$$\Delta V_m = V_m - V \quad (18)$$

Подставим значения:

$$\Delta V_m = 1083,75 - 1020 = 63,75 \text{ м}^3$$

Снижение объема лишней разработки определяется по формуле:

$$\Delta V = \Delta V_{ct} - \Delta V_m \quad (19)$$

Подставим значения:

$$\Delta V = 191,25 - 63,75 = 127,5 \text{ м}^3$$

Относительное снижение лишней разработки определяется по формуле:

$$\eta = \frac{\Delta V}{\Delta V_{ст}} \cdot 100\% \quad (20)$$

Подставим значения:

$$\eta = \frac{127,5}{191,25} \cdot 100 = 66,7\%$$

Время разработки траншеи стандартным ковшом определяется по формуле:

$$T_{ст} = \frac{V_{ст}}{Q} \quad (21)$$

Подставим значения:

$$T_{ст} = \frac{1211,25}{129,6} = 9,35 \text{ ч}$$

Время разработки траншеи модернизированным ковшом определяется по формуле:

$$T_{м} = \frac{V_{м}}{Q} \quad (22)$$

Подставим значения:

$$T_{м} = \frac{1083,75}{129,6} = 8,36 \text{ ч}$$

Сокращение времени разработки определяется по формуле:

$$\Delta T = T_{ст} - T_{м} \quad (23)$$

Подставим значения:

$$\Delta T = 9,35 - 8,36 = 0,99 \text{ ч}$$

Площадь срезаемого слоя грунта определяется по формуле:

$$A = b_{м} \cdot a \quad (24)$$

где a — толщина слоя резания, м.

Подставим значения:

$$A = 0,85 \cdot 0,20 = 0,17 \text{ м}^2$$

Сила сопротивления резанию определяется по формуле:

$$P = k \cdot A \quad (25)$$

где k — удельное сопротивление грунта резанию, Па.

Подставим значения:

$$P = 60000 \cdot 0,17 = 10200 \text{ Н} = 10,2 \text{ кН}$$

Суммарная расчетная нагрузка на рабочий орган определяется по формуле:

$$P_{\text{общ}} = G_{\text{к}} + P \quad (26)$$

Подставим значения:

$$P_{\text{общ}} = 15892 + 10200 = 26092 \text{ Н} = 26,1 \text{ кН}$$

Удельная нагрузка на режущую кромку определяется по формуле:

$$q_p = \frac{P_{\text{общ}}}{b_m} \quad (27)$$

Подставим значения:

$$q_p = \frac{26092}{0,85} = 30696 \text{ Н/м} = 30,7 \text{ кН/м}$$

Расчетная сила на нижнюю выравнивающую пластину принимается 30 % от суммарной нагрузки:

$$P_{\text{пл}} = 0,3 \cdot P_{\text{общ}} \quad (28)$$

Подставим значения:

$$P_{\text{пл}} = 0,3 \cdot 26092 = 7828 \text{ Н}$$

Распределенная нагрузка на нижнюю пластину определяется по формуле:

$$q_{\text{пл}} = \frac{P_{\text{пл}}}{b_m} \quad (29)$$

Подставим значения:

$$q_{пл} = \frac{7828}{0,85} = 9210 \text{ Н/м} = 9,21 \text{ кН/м}$$

Расчетная нагрузка на один боковой формирующий нож принимается 15 % от суммарной нагрузки:

$$P_{\sigma} = 0,15 \cdot P_{общ} \quad (30)$$

Подставим значения:

$$P_{\sigma} = 0,15 \cdot 26092 = 3914 \text{ Н}$$

Площадь сварного шва крепления бокового ножа определяется по формуле:

$$A_{ш} = 0,7 \cdot a_{ш} \cdot l_{ш} \quad (31)$$

Подставим значения:

$$A_{ш} = 0,7 \cdot 5 \cdot 250 = 875 \text{ мм}^2$$

Напряжение в сварном соединении определяется по формуле:

$$\tau = \frac{P_{\sigma}}{A_{ш}} \quad (32)$$

Подставим значения:

$$\tau = \frac{3914}{875} = 4,47 \text{ МПа}$$

Получившееся в итоге напряжение меньше допускаемого для сварных соединений конструкционной стали, следственно принятый катет сварного шва 5 мм будет обеспечивать прочность крепления бокового формирующего ножа [6].

Имеющиеся расчеты утверждают, что модернизированный ковш воспринимает нагрузки, возникающие при резании и перемещении грунта. Самое большое значение для конструкции является нагрузка на режущую кромку, боковые формирующие ножи и сварные соединения. Именно перечисленные выше элементы участвуют в формировании профиля траншеи и должны иметь достаточный запас прочности.

Вес грунта и масса грунта в ковше указывают на то, какую дополнительную нагрузку воспринимает рабочий орган при заполнении. Сумма всех нагрузок на ковш суммируется из веса грунта и сопротивления резанию. Подобный расчет нужен для подтверждения того, что измененный рабочий орган не является только технологическим приспособлением, а должен рассматриваться как нагруженная сварная конструкция.

Нагрузка на лопатки бокового типа считается частью общей нагрузки на рабочий орган. Это допущение рассчитывается и используется для предварительной проверки сварных соединений. Давление, которое возникает в результате сварки, не такое значительное, как

допустимое, что позволяет получить выбранный шовный катетер для дальнейшей проработки чертежа.

Следует отметить, что в реальных условиях на ковш действуют переменные нагрузки. Они зависят от содержания влаги в почве, плотности глины, угла срезания, скорости перемещения рабочего органа и квалификации машиниста. Таким образом, форма позволяет контролировать состояние отвердителя, упрочненной режущей кромки и сварного шва в процессе эксплуатации.

В ходе выполнения расчетов были приняты упрощенные допущения, которые соответствуют уровню дипломной работы. Грунт рассматриваем как суглинок средней плотности, а сопротивление резанию принимается постоянным в пределах расчетного слоя. В реальности сопротивление может меняться по длине трассы, однако выбранные нами значения позволяют оценить порядок нагрузок и проверить основные элементы конструкции.

Расчет массы грунта в ковше нужен непосредственно для определения нагрузки, которая возникает при заполнении рабочего органа. В случае если ковш имеет относительно небольшую ширину, при плотности грунта 1800 кг/м^3 масса загруженного грунта будет достаточно существенной. Это может объяснить необходимость усиления корпуса, установки ребер жесткости и проверки сварных соединений.

Расчет сопротивления резанию показывает нагрузку, которая возникает при взаимодействии режущей кромки и боковых ножей напрямую с грунтом. Именно это сопротивление оказывает влияние на гидравлическую систему экскаватора и на напряженное состояние рабочего органа. Именно поэтому при проектировании следует не только уменьшить ширину траншеи, но и сохранить приемлемое сопротивление копанью.

Сравнительный анализ стандартного и модернизированного ковша был выполнен через фактическую ширину траншеи. Данный показатель удобен для использования в дипломном проекте потому что он напрямую связан с объемом грунта, площадью восстановления и экономическим эффектом. При уменьшении фактической ширины с $0,95 \text{ м}$ до $0,85 \text{ м}$ сокращается объем лишней разработки, что подтверждается расчетом.

Следственно, расчетная часть показывает связь между конструкцией ковша и технологическим результатом. Боковые ножи и выравнивающая кромка не являются декоративными элементами: они влияют на геометрию траншеи, объем грунта, нагрузку на рабочий орган и итоговые затраты на выполнение работ.

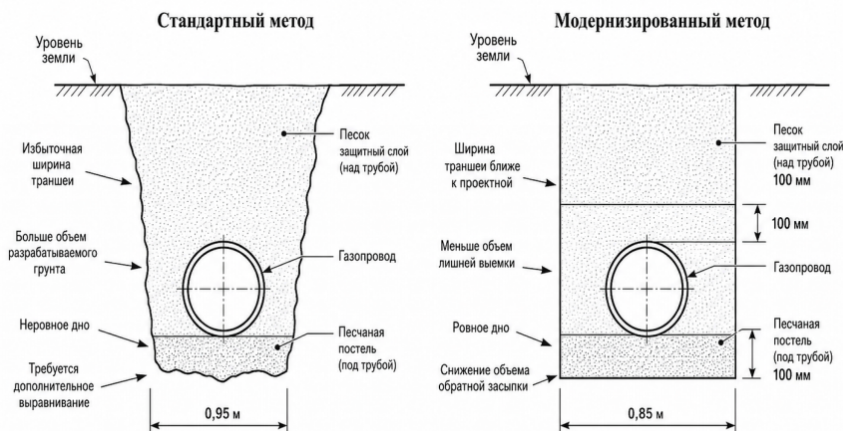


Рис. 5 – Сравнение профиля траншеи при стандартной и модернизированной технологии

Показатель	Традиционная технология	Модернизированная технология
Фактическая ширина траншеи, м	0,95	0,85
Объем разработки грунта, м ³	1211,25	1083,75
Лишняя разработка грунта, м ³	191,25	63,75
Снижение лишней разработки, м ³	—	127,5
Время работы экскаватора, ч	9,35	8,36
Качество дна траншеи	среднее	улучшенное

Табл. 2 Сравнение показателей традиционной и модернизированной технологий

3.3 Экономическое обоснование проекта

экономическое обоснование модернизации будет выполняться для оценки эффективности применения полиэтиленовых труб и модернизированного рабочего органа экскаватора. Расчёты были выполнены укрупненно и используются для сравнения традиционной и модернизированной технологии [13].

В ходе анализа экономической эффективности следует учитывать, то, что модернизированный ковш непосредственно влияет на несколько видов затрат одновременно. Уменьшение фактической ширины траншеи уменьшает объем выемки грунта, объем лишнего грунта, который необходимо вывезти, а также площадь нарушенной поверхности. Именно поэтому даже самые небольшие изменения геометрия траншеи на участке длиной 850 м дает заметный общий результат.

Для частных секторов такой эффект, несомненно, важен, потому что работы по восстановлению зачастую выполняются в стесненных условиях. Нам нужно восстанавливать не только грунтовую поверхность, но и небольшие участки дорожного покрытия подъезды к домам, тротуары, места пересечения с воротами и калитками. Чем меньше зона вскрытия, тем проще вернуть территорию в исходное состояние.

В дипломной работе экономический расчёт был выполнен укрупненно, однако его вполне достаточно для Того чтобы сравнить 2 варианта технологии. Традиционный вариант показал затраты при применении стандартного ковша, а проектный вариант отразил работу модернизированного траншейного ковша. Именно для оценки полезности используются разница между этими 2 вариантами предложенного технического решения.

Помимо прямой экономии, модернизированный ковш дает организационный эффект. Более точная траншея понижает емкость ручных операций, упрощает устройство песчаной подушки и ускоряет переход к монтажу трубопровода. Это в свою очередь уменьшает простой техники и рабочих, а также понижает риск задержек при выполнении последующих технологических операций.

Стоит учитывать и возможное повторное применение рабочего органа. В случае если ковш изготавливается для одного объекта, экономический эффект будет ограничен предоставленным участком. Если же он используется на нескольких участках реконструкции распределительных сетей, экономические затраты на его изготовление распределяются на

увеличенный объем работ. В таком случае возрастает фактическая эффективность модернизации.

Таким образом, экономическая часть подтверждает не только снижение затрат с помощью расчетного показателя, но и общую разумность предлагаемой технологии. Улучшение объема работ дает возможность добиться эффекта без замены базовой машины, что делает решение более доступным для реализации построения организации.

Дополнительным преимуществом является снижение зависимости от ручного труда. В традиционном водосточном желобе рабочие часто вынуждены вручную резать стены, удалять нижние выступы и базовый уровень. Такие интенсивные, плохо регулируемые рабочие места зависят от квалификации сотрудников. Улучшенная чашка позволит выполнять некоторые из этих задач механизированным образом.

Уменьшение количество ручной работы также повышает безопасность. Чем меньше времени рабочие находятся рядом с траншеей и в зоне действия техники, тем ниже становится вероятность несчастных случаев. Именно поэтому производственный и экономический эффект модернизации так же дополнен улучшением условий труда.

В последующем подобное решение может использоваться для других инженерных сетей, где будет требоваться траншея относительно небольшой ширины и ровное основание. Например, это могут быть участки водопровода, кабельные линии или какие-либо другие подземные коммуникации. Но в имеющемся дипломном проекте расчет и обоснование выполнены конкретно для распределительного газопровода.

Для оценки эффективности внедрения усовершенствованного рабочего органа предлагается осуществлять мониторинг набора критериев, включающих: фактическую ширину выемки грунта, объем ручной работы по доработке, удельный расход песка, время, необходимое для разработки единицы площади и количество выявленных дефектов. дефекты при приемке фундамента. Устойчивая положительная динамика этих показателей по сравнению с традиционными методами свидетельствует об обоснованности использования данного ковша.

Для строительных организаций очень важна простота в изготовлении и ремонта рабочего органа. Предлагаемая нами конструкция основывается на сварных деталях и не требует каких-либо сложных гидравлических механизмов для регулирования ширины. Это облегчает обслуживание ковша в условиях ремонтной базы и снижает стоимость изготовления.

При износе боковых ножей или режущей кромки вполне возможна замена отдельных элементов без специального изготовления нового корпуса ковша. Данная ремонтпригодность значительно повышает срок службы рабочего органа и делает его достаточно удобным для повторных применений на объектах газораспределительных сетей.

В итоге совершенствования ковша экскаватора рассматриваем как практическое и техническое решение, которое напрямую связано с технологией строительства, расчетами, экономикой, безопасностью и охраной труда и окружающей среды. Это позволит считать предложенную разработку полностью корректной и соответствующей направлению специальности и теме дипломного проекта.

В ходе подготовки графической части работы результаты расчета были использованы для выбора размеров основных элементов ковша. Важно, чтобы размеры рабочего инструмента (его ширина, боковые ножи, нижняя пластина) и места сварки точно соответствовали тому, как это было рассчитано. Именно поэтому описание проекта в тексте и его визуальное представление на чертежах тесно связаны и дополняют друг друга.

Технические требования в чертежах играют ключевую роль. На сборочном листе необходимо четко прописать требования к сварке, подготовке кромок, покрытию и контролю размеров. Это подтвердит, что модернизированный ковш является не только теоретической разработкой, но и конструкцией, готовой к реализации.

Расширенная основная часть дипломной работы, таким образом, выходит за рамки одних лишь расчетов, демонстрируя практическую последовательность внедрения модернизированного рабочего органа. Это делает проект более завершенным и облегчает его проверку руководителем.

При последующей детализации конструкции в приложениях очень важно поддерживать согласованность между расчетными данными и чертежами. Например, если расчетная ширина модернизированного ковша составляет 0,85 м, то на чертеже общего вида эта ширина должна быть явно указана как один из основных параметров. Если в расчете предусмотрена нижняя выравнивающая пластина, она должна быть включена в спецификацию и иметь свое место на сборочном чертеже.

В графической части вместе с текстовым описанием необходимо отобразить ножи бокового формования. Поскольку его функция заключается в закреплении ширины траншеи, ее расположение по краям ковша должно быть подробно описано на чертеже, следует указать толщину материала, ориентацию режущей кромки и способ крепления относительно корпуса. Такой подход обеспечит четкую связь между патентом и техническим обоснованием и фактическим дизайном.

Спецификация должна содержать список всех ключевых компонентов: корпус чашки, режущая кромка, левый и правый боковые ножи, нижняя выравнивающая пластина, ребра жесткости, а также кронштейны и крепеж. Наличие полного списка элементов подтверждает, что проект модернизации понимается как сборочный агрегат, а не просто как технологическая рекомендация.

При подготовке рабочих чертежей необходимо исключить детали, не относящиеся к основной теме диссертации. Роликовые приспособления для прокладки труб можно назвать исключительно вспомогательными средствами, поэтому обновленный траншейный ковш должен оставаться центральным объектом графического изображения. Это соответствует основной цели проекта – оптимизации процесса рытья траншеи.

Окончательная структура итоговой квалификационной работы основана на единой логике: технологическая секция оправдывает необходимость замены трубопровода, секция механизации раскрывает суть модернизации рабочего корпуса, вычислительная часть доказывает техническую и экономическую осуществимость, а разделы по безопасности и экологии на рабочем месте описывают условия безопасной и эффективной работы. Стоимость полиэтиленовых труб определяется по формуле:

$$C_{тр} = L \cdot C_1 \quad (33)$$

Подставим значения:

$$C_{тр} = 850 \cdot 26000 = 22100000 \text{ тг}$$

Стоимость песка определяется по формуле:

$$C_{п} = V_{п} \cdot C_{п1} \quad (34)$$

Подставим значения:

$$C_{п} = 136 \cdot 6500 = 884000 \text{ тг}$$

Стоимость разработки грунта при традиционной технологии:

$$C_{гр.ст} = V_{ст} \cdot C_{гр1} \quad (35)$$

Подставим значения:

$$C_{гр.ст} = 1211,25 \cdot 2000 = 2422500 \text{ тг}$$

Стоимость разработки грунта при модернизированной технологии:

$$C_{гр.м} = V_{м} \cdot C_{гр1} \quad (36)$$

Подставим значения:

$$C_{гр.м} = 1083,75 \cdot 2000 = 2167500 \text{ тг}$$

Экономия на разработке грунта:

$$\mathcal{E}_{гр} = C_{гр.ст} - C_{гр.м} \quad (37)$$

Подставим значения:

$$\mathcal{E}_{гр} = 2422500 - 2167500 = 255000 \text{ тг}$$

Экономия на вывозе лишнего грунта:

$$\mathcal{E}_{вьв} = \Delta V \cdot C_{вьв1} \quad (38)$$

Подставим значения:

$$\mathcal{E}_{вьв} = 127,5 \cdot 1500 = 191250 \text{ тг}$$

Сокращение площади восстановления покрытия:

$$\Delta S = L \cdot (b_{ст} - b_{м}) \quad (39)$$

Подставим значения:

$$\Delta S = 850 \cdot (0,95 - 0,85) = 85 \text{ м}^2$$

Экономия на восстановлении покрытия:

$$\mathcal{E}_{покp} = \Delta S \cdot C_{покp1} \quad (40)$$

Подставим значения:

$$\mathcal{E}_{\text{покр}} = 85 \cdot 6000 = 510000 \text{ тг}$$

Суммарная экономия от применения модернизированного ковша:

$$\mathcal{E}_{\text{мод}} = \mathcal{E}_{\text{гр}} + \mathcal{E}_{\text{выв}} + \mathcal{E}_{\text{покр}} \quad (41)$$

Подставим значения:

$$\mathcal{E}_{\text{мод}} = 255000 + 191250 + 510000 = 956250 \text{ тг}$$

Общий экономический эффект проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = C_{\text{ст}} - C_{\text{пр}} \quad (42)$$

Подставим значения:

$$\mathcal{E} = 76,3 - 48,7 = 27,6 \text{ млн тг}$$

Срок окупаемости определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \quad (43)$$

Подставим значения:

$$T_{\text{ок}} = \frac{48,7}{17,2} = 2,8 \text{ года}$$

Показатель	Значение
Длина участка газопровода	850 м
Глубина траншеи	1,5 м
Проектный объем траншеи	1020 м ³
Объем песка	136 м ³
Объем обратной засыпки	884 м ³
Снижение лишней разработки	127,5 м ³
Экономия от модернизации ковша	956,25 тыс. тг
Экономический эффект проекта	27,6 млн тг
Срок окупаемости	2,8 года

4. Техника безопасности и охрана окружающей среды

4.1. Техника безопасности

Работы по замене распределительного газопровода можно отнести к работам повышенной опасности, потому что они связаны с разработкой траншеи, эксплуатацией строительной техники, перемещением грунта, сваркой полиэтиленовых труб и испытаниями трубопровода. Перед началом работ подготавливаем строительную площадку, она должна быть обозначена и ограждена. На участках прохода людей устанавливаются специальные предупреждающие знаки, временные переходы и сигнальные ленты. В местах, где рядом с траншеей располагаются пешеходные дорожки или въезды во дворы, нужно предусмотреть безопасные обходы, а также исключить нахождение посторонних лиц в зоне действия экскаватора [2].

В частных секторах обязательно нужно учитывать безопасность жителей, которые находятся рядом с зоной производства работ. Рядом с трассой могут находиться дети, пожилые люди, домашние животные и личный транспорт. Поэтому нужно чтоб ограждение участка было устойчивым, заметным и непрерывным по всей длине открытой траншеи. В месте временного прохода необходимо установить настилы или мостики, которые рассчитаны на безопасное перемещение людей.

Перед началом смены ответственному производителю работ следует проверить наличие предупреждающих знаков, состояние ограждений, исправность средств связи и готовность техники. В случае если в течение дня условия изменяются, например, начинается дождь или усиливается движение транспорта, то схема организационных работ должна быть уточнена. После окончания рабочих смен строительная зона должна быть приведена в порядок и безопасное состояние, то есть: открытые участки траншеи должны быть огорожены, оборудование отключаем, материалы кладем в отведенные места, а подъезды и проходы освобождаем от мусора.

Перед разработкой траншеи нужно обязательно уточнить расположение всех действующих подземных коммуникаций. В частных секторах на участках могут находиться кабельные линии, водопровод, канализация и другие сети. В месте пересечения с коммуникациями работы производятся с высокой осторожностью, а при необходимости грунт нужно разрабатывать вручную. Это снизит риск повреждения работающих сетей и возникновения аварийных ситуаций.

Основная угроза при раскопках-риск обрушения дренажных канав. На глубине полутора метров необходим специальный контроль устойчивости стен, особенно после дождей, вибрации от машин или если земляная яма расположена слишком близко к краю. Развитую почву следует хранить на безопасном расстоянии от края, чтобы не создавать дополнительной нагрузки на стенки углубления. Запрещается хранить трубы, песок и тяжелые предметы непосредственно на краю траншеи. Рабочие не должны находиться в траншее, пока экскаватор находится в эксплуатации. Экскаватор должен эксплуатироваться только квалифицированным инженером. Перед началом смены проверяется функциональность шасси, гидравлической системы, рабочего оборудования, тормозов и звуковой сигнализации [10]. При работе с модернизированным ковшом дополнительно проверяется состояние ножей бокового формования, нижней выравнивающей пластины, режущей кромки, сварных швов и крепежей. Работа с поврежденным ведром не допускается, так как разрушение рабочего корпуса может привести к чрезвычайной ситуации, повреждению траншеи или травмам рабочих.

В ходе эксплуатации модернизированного ковша следует учитывать, что боковые формирующие ножи имеют дополнительные режущие кромки. Во время очистки и

обслуживания ковша рабочие должны использовать перчатки и не находиться под поднятым рабочим органом. Очистка ковша допускается только после его опускания на землю, остановки машины и исключения самопроизвольного перемещения рабочего оборудования.

В ходе эксплуатации экскаватора строго запрещено находиться в пределах досягаемости стрелы, рукояти и ковша. Персонал обязан держать дистанцию от опасной зоны и строго подчиняться указаниям ответственного лица. При загрузке грунта в самосвал водитель и рабочие также должны оставаться вне зоны риска. Поворот платформы и перемещение ковша разрешены исключительно после получения соответствующего сигнала. Запрещается также перемещать ковш над людьми, полиэтиленовыми трубами, сварочным оборудованием и местами хранения материалов. Основным аспектом безопасности служит правильное складирование труб. Полиэтиленовые трубы размещаются на ровной площадке с использованием прокладок, предотвращающих повреждение поверхности и самопроизвольное перекатывание. Штабелям труб не следует располагаться в зоне поворота экскаватора или движения самосвалов. При укладке полиэтиленовой трубы нам нужно стараться избегать резких перегибов, ударов и контакта с твердыми включениями грунта.

Сварка полиэтиленовых труб должна выполняться с помощью исправного сварочного оборудования со строгим соблюдением правил и технологического режима. Перед сваркой очищаем и подготавливаем торцы труб, проверяем состояние нагревательного элемента, центраторов и соединительных кабелей [3]. В работе со сваркой нужно соблюдать требования электробезопасности и пожарной безопасности. Сварочное оборудование должно быть защищено от попадания влаги и загрязнений, а нагревательные элементы не должны контактировать с горючими материалами.

Гидравлические испытания магистрального трубопровода должны осуществляться на этапе после сборки конструкции, но до момента финальной обратной засыпки грунта. В ходе проведения тестов рабочий участок должен быть огражден, а доступ неавторизованных людей в зону проведения работ строго запрещен. Показания давления измеряются с помощью поверенных и исправных контрольно-измерительных приборов. Если выявляется малейший признак потери герметичности тестирование незамедлительно останавливается, давление сбрасывается, а выявленная неисправность должна быть устранена до момента успешного повторного теста.

Рабочий персонал должен использовать полный комплект средств индивидуальной защиты, который включает в себя: защитные шлемы, светоотражающие жилеты, специальную одежду, защитную обувь и перчатки. На рабочей площадке в доступных местах должны располагаться первичные средства пожаротушения. Строго запрещено хранить материалы, которые легко воспламеняются, а также смазочные материалы в непосредственной близости от полиэтиленовых труб и участков, где проводятся сварочные работы. Заправка топливом и техническое обслуживание спецтехники должно проводиться только в специально оборудованных и отведенных для этих целей территориях.

4.2 Охрана окружающей среды

В процессе строительных работ стоит принимать во внимание влияние на экологию и комфорт жителей частного сектора. Главные негативные факторы включают в себя рытье траншей, пылевыведение, шумовое воздействие от техники, временное хранение вынутой земли, образование мусора и вероятность загрязнения грунта нефтепродуктами.

Экологическая безопасность при ремонте газопровода включает в себя не только предотвращение загрязнений, но и правильное использование пространства. Временные отвалы земли нужно располагать так, чтоб не засыпать зеленые зоны, дренажные канавы, подъездные пути и входы на участки. При необходимости землю нужно срочно вывезти, избегая при этом

длительного хранения на открытых площадках. Земля хранится исключительно в отведенных границах, а избыток транспортируют на специальные разрешенные полигоны.

Использование модернизированного ковша для траншей улучшает экологический баланс работ из-за уменьшения объема лишней выемки и минимизации площади поврежденных земель. Для жителей частного сектора это критически важно, потому что даже незначительные повреждения покрытия возле ворот или тропинок могут существенно ухудшить качество жизни. Поэтому высокая точность рытья траншеи имеет не только экономическое, но и важное социальное значение.

Пыль от сухого грунта и песка создает неудобства для жителей ближайших домов. Поэтому в сухую и ветреную погоду следует ограничить скорость движения техники и при необходимости стараться увлажнять зону погрузки. Такие меры не нужны в сложном оборудовании, но уменьшают запыленность воздуха. Для сокращения выбросов к работе допускается исключительно исправная техника, а длительная работа двигателей на холостом ходу не допускается.

Работа экскаваторов, самосвалов и сварочных агрегатов зачастую сопровождается повышенным уровнем шума. Для того чтобы уменьшить звуковое воздействие, наиболее громкие технологические процессы следует планировать на дневное время. Также важно избегать немотивированных перемещений техники по площадке, ее холостого хода без полезной нагрузки и использования звуковых сигналов без крайней необходимости.

Очень важным аспектом является защита почвенного покрова от загрязнения нефтепродуктами. Перед запуском вся техника проходит осмотр на предмет утечек масла, топлива и гидравлической жидкости. Все операции по заправке и техническому обслуживанию машин проводятся в специально выделенных для этого зонах. Если выявляются течи, то эксплуатация оборудования немедленно должна приостановиться. Грунт, загрязненный в результате разлива, изымается отдельно и утилизируется согласно установленным нормативам.

Строительный мусор, который включает себя обрезки полиэтиленовых труб, упаковку и бытовые отходы, подлежит раздельному сбору. ПЭ-трубы направляются на вторичную переработку, металлолом сдается в специализированные пункты приема, а бытовой мусор вывозится специальными организациями. Строго запрещено сжигание мусора и остатков труб на стройплощадке, так как это создает пожароопасную ситуацию и приводит к загрязнению атмосферного воздуха.

Песок, который предназначен для формирования защитного слоя и подушки, хранится отдельно от загрязненных грунтов. Внедрение такой технологии позволяет оптимизировать расход материалов: песок используется только непосредственно вокруг трубы, а остальная засыпка выполняется местным грунтом или галечником при условии отсутствия в них крупных включений. Данная стратегия уменьшает потребность в заводских материалах и сокращает объем транспортных перевозок.

Восстановление территории следует рассмотреть, как завершающую часть технологического процесса, а не как второстепенную операцию. Если обратная засыпка была выполнена некачественно, то через некоторое время могут появиться просадки, неровности и повреждения покрытия. Это приведет к повторным работам, дополнительным затратам и жалобам жителей.

После завершения реконструкции экологический эффект проявляется за счет повышения надежности газопровода. Новый полиэтиленовый трубопровод не подвержен коррозии, что уменьшает вероятность аварийных ремонтов и повторного вскрытия грунта [4]. Следовательно, правильно выполненная реконструкция снижает воздействие на территорию не только в момент строительства, но и в течение последующего срока эксплуатации. В общем действия, направленные на охрана окружающей среды способствуют тому чтобы реконструкция

газопровода дала положительный результат не только после ввода трубопровода в эксплуатацию, но и в период строительства.

Закключение

Дипломная работа была сделано для оптимизации процесса замены низкопресового газопровода в частном секторе города Тараз. Обосновали переход от металлических труб к полиэтиленовым изделиям ПЭ100 SDR11 сечением 225 мм, так как они обеспечивают рост надежности системы, минимизацию коррозионных повреждений, а также сокращают расходы на обслуживание.

Ключевой акцент сделан на механизации земляных работ. Для того чтобы повысить точность котлована предложена доработка ковша экскаватора Hyundai R180LC-7. На базе анализа патентной документации разработали новую конструкцию, которая включает в себя боковые формующие ножи, усиленную режущую кромку и нижнюю выравнивающую пластину, что отличает ее от известных аналогов с боковыми резцами и регулируемыми параметрами.

Расчетная часть состоит из данных по объемам работ: 1020 м³ земляных работ, 136 м³ песка для подушки и защиты, а также 884 м³ обратной засыпки. Были проведены вычисления производительности техники, массы грунта, сил резания, нагрузок на элементы ковша и напряжений в сварных швах.

При сопоставлении старых и новых технологий было выявлено, что использование модифицированного ковша снижает перерасход грунта на 127,5 м³ (на 66,7%). Экономическая эффективность от улучшения конструкции составит 956,25 тыс. тенге, а общий эффект проекта достигает 27,6 млн тенге при сроке окупаемости 2,8 года.

В дипломной работе были также учтены нормы охраны труда и экологической безопасности. Предусмотрены меры по ограждению площадки, безопасной работе с техникой, мониторингу состояния траншей, использованию СИЗ, снижению пыле- и шумового воздействия, а также защите почвы и рекультивации территории после завершения строительства.

Список использованной литературы

1. СН РК 4.03-01-2011. Газораспределительные системы. Строительные нормы Республики Казахстан. — Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан, 2011.
2. СП РК 4.03-101-2013. Газораспределительные системы. Свод правил Республики Казахстан. — Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан, 2013.
3. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. — Москва: Госстрой России, 2003.
4. СТ РК ГОСТ Р 50838-2011. Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия. — Астана: Комитет технического регулирования и метрологии, 2011.
5. ГОСТ 21.610-85. СПДС. Газоснабжение. Наружные газопроводы. Рабочие чертежи. — Москва: Издательство стандартов, 1985.
6. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. — Москва: Издательство стандартов, 1980.
7. ГОСТ 30893.1-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками. — Москва: Стандарт информ, 2003.
8. Ионин А.А. Газоснабжение. — Москва: Строй издат, 1989.
9. Кязимов К.Г., Гусев В.Е. Эксплуатация и ремонт оборудования систем газораспределения. — Москва: Академия, 2013.
10. Белецкий Б.Ф., Булгакова И.Г. Строительные машины и оборудование: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2012.
11. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. — Москва: Машиностроение, 1975.
12. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология строительных процессов. Часть 1: учебник. — Москва: Высшая школа, 2005.
13. Смирнов А.А. Экономика строительства: учебное пособие. — Москва: КНОРУС, 2020.
14. Hyundai Construction Equipment. Hyundai R180LC-7 Crawler Excavator. Technical Catalogue. — Seoul: Hyundai Heavy Industries, 2012.
15. RU2520307C1. Рабочее оборудование одноковшового экскаватора: патент. — Российская Федерация, опубликовано 20.06.2014.
16. US7204046B2. Excavator sizing bucket: patent. — United States, published 17.04.2007.
17. US3748762A. Excavator bucket with detachable side cutters: patent. — United States, published 31.07.1973.
18. WO2005071169A1. Adjustable width excavator bucket: patent. — WIPO, published 04.08.2005.
19. CA2146613C. Curvilinear excavation bucket with fine grading scoop: patent. — Canada, published 14.07.1998.
20. US4550512A. Excavator bucket with detachable implements: patent. — United States, published 05.11.1985.
21. ГОСТ 2.104-2006. ЕСКД. Основные надписи. — Москва: Стандарт информ, 2007.
22. ГОСТ Р 21.101-2020. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. — Москва: Стандарт информ, 2020.

V = 16000

Жана техниканын баланстык куны,тг. Цб =45600000,00 Цн =46866667,00

Жана техниканын курделі каржы,тг. К1 =45610000,00 К2 =46878667,00

Нысанда жумыс орындауга кеткен жана машина-сагат саны, Тобе = 266,67 Тобж =246,91

Жана машинанын жылдык жумысы,кун, Теж =2927,39 Тжж =2951,39

Жана машинанын сагаттык пайдалану жумыс онімділік, Р1 = 60,00 Р2 =64,80

Жана машинанын жылдык онімділігі,Ве =133489,02 Вж =143437,35

Жана машинага катысты жумысшылардын жалакысына кеткен шыгындар, Сзпе = 3301218,50

Сзпж =3328277,70

Жана машинага катысты амортизациялык шыгындар, Сапе = 5472000,00 Сарж =5624000,00

Жана машинага катысты агындык жондеу және техникалык кутім шыгындары, Сре = 61563,03

Срж =62067,64

Жана машинага катысты жанармайдын сагаттык шыгыны, We = 10,50 Wж =11,49

Жана машинага катысты іштен жанатын козгалткыштар жанармайы шыгыны, Сте =

10144429,00 Стж =11186416,00

Базистык машинага катысты гидрожуйе майы шыгыны, Смге = 809606,50 Смгж =816242,62

Жана машинага катысты майлар және косымша материалдар шыгыны, Сме = 2536107,20 Смж

=2796603,90

Жана машинага катысты ауыстырылатын жабдыктарга кететін шыгындар, Ссое = 20491,74

Ссож =20659,70

Жана машинага катысты машинаны бір жерден екінші жерге ауыстыру шыгындар, Спбе =

78161,33 Спбж =85106,16

Жана машинага катысты кранды пайдалануга кажет шыгындар, Свке = 0,00 Свкж =0,00

Жана машинага катысты жылдык агынды шыгындар, Се = 22423577,00 Се =23919373,00

Жана машинага катысты меншікті келтірілген шыгындар, Зуе = 280,73 Зуж =274,61

Жана машинанын экономикалык тиімділігі, Еж =3699896,10

Базистык машинага катысты бірлік буйымнын енбек сымдылыгы, Чуе =0,03 Чуж =0,03

Жана машинага катысты енбек шыгынын унемдеу, dR =0,09

Базистык машинанын меншікті металлсымдылыгы, гуе =0,02 гуж =0,02

Жана машинага катысты материал шыгынын унемдеу, dm =138,40

Базистык машинанын меншікті энергия сымдылыгы, Туде =0,23 Тудж =0,24

Жана машинага катысты жанармайдын және электроэнергиянын жылдык унемі, dT =-866,57

V = 20000

Жана техниканын баланстык куны,тг. Цб =45600000,00 Цн =46866667,00

Жана техниканын курделі каржы,тг. К1 =45610000,00 К2 =46878667,00

Нысанда жумыс орындауга кеткен жана машина-сагат саны, Тобе = 333,33 Тобж =308,64

Жана машинанын жылдык жумысы,кун, Теж =2927,39 Тжж =2951,39

Жана машинанын сагаттык пайдалану жумыс онімділік, Р1 = 60,00 Р2 =64,80

Жана машинанын жылдык онімділігі,Ве =133489,02 Вж =143437,35

Жана машинага катысты жумысшылардын жалакысына кеткен шыгындар, Сзпе = 3301218,50

Сзпж =3328277,70

Жана машинага катысты амортизациялык шыгындар, Сапе = 5472000,00 Сарж =5624000,00

Жана машинага катысты агындык жондеу және техникалык кутім шыгындары, Сре = 61563,03

Срж =62067,64

Жана машинага катысты жанармайдын сагаттык шыгыны, We = 10,50 Wж =11,49

Жана машинага катысты іштен жанатын козгалткыштар жанармайы шыгыны, Сте =

10144429,00 Стж =11186416,00

Базистык машинага катысты гидрожуйе майы шыгыны, Смге = 809606,50 Смгж =816242,62

Жана машинага катысты майлар және косымша материалдар шыгыны, $C_{ме} = 2536107,20$ СМЖ = 2796603,90

Жана машинага катысты ауыстырылатын жабдыктарга кететін шығындар, $C_{сое} = 20491,74$
 $C_{сож} = 20659,70$

Жана машинага катысты машинаны бір жерден екінші жерге ауыстыру шығындар, $C_{пбе} = 62529,07$ $C_{пбж} = 68084,93$

Жана машинага катысты кранды пайдалануға кәжет шығындар, $C_{вке} = 0,00$ $C_{вкж} = 0,00$

Жана машинага катысты жылдык ағынды шығындар, $C_e = 22407945,00$ $C_{е} = 23902352,00$

Жана машинага катысты меншікті келтірілген шығындар, $Z_{уе} = 280,62$ $Z_{уж} = 274,49$

Жана машинанын экономикалық тиімділігі, $E_{ж} = 3700839,40$

Базистык машинага катысты бірлік бұйымның енбек сұымдылығы, $Ч_{уе} = 0,03$ $Ч_{уж} = 0,03$

Жана машинага катысты енбек шыгынын унемдеу, $dR = 0,09$

Базистык машинанын меншікті металлсұымдылығы, $g_{уе} = 0,02$ $g_{уж} = 0,02$

Жана машинага катысты материал шыгынын унемдеу, $dm = 138,40$

Базистык машинанын меншікті энергия сұымдылығы, $T_{уде} = 0,23$ $T_{удж} = 0,24$

Жана машинага катысты жанармайдың және электроэнергиянын жылдык унемі, $dT = -866,57$