

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Б.Н. Ельцина

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА,
ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
имени Н. Исанова

Диссертационный совет Д 05.15.512



На правах рукописи
УДК 628.543: 64.066 (043.3)

ДЖУМАГАЛИЕВ ТАЛГАТ КУМАРГАЛИЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОВОДОВ
В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Специальность: 05.23.04 – Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2016

Работа выполнена в АО Казахском научном исследовательском институте энергетики имени Ш. Чокина.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Абдурасулов И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Наурызбаев Е.М.

кандидат технических наук, доцент
Токтогулов Т.С.

Ведущая организация: Государственный проектный институт градостроительства и архитектуры при Государственном агентстве архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики (г. Бишкек, пр. Манаса, 28).

Защита диссертации состоится « 01 » ноября 2016 г. в « 10 » часов на заседании диссертационного совета Д 05.15.512 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры имени Н. Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете имени Б.Н. Ельцина по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34 «б», ауд. 1/101. Тел./факс (996-312) 54-51-36, e-mail: madanbekov_72@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н. Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34 «б».

Автореферат разослан « » сентября 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 05.15.512 к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Строительство и эксплуатация водопроводов различного назначения отличаются большим разнообразием конструктивных элементов в зависимости транспортируемого количества воды, почвенно-грунтовых условий, режима работы, специальных требований водопотребителей и др. При этом важной задачей является использование эффективной технологии строительства и обеспечение ее современными техническими средствами измерения и контроля.

По мере освоения республиканской отраслевой программы «Питьевые воды» Республики Казахстан и продолжение ее до 2020 года, согласно решению правительства Республики Казахстан, объем работ по строительству водоводов и водопроводных сетей с каждым годом возрастает. Это требует расширения парка землеройно-строительных машин и повышения их работоспособности с учетом выполнения земляных работ в условиях Казахстана.

Одним из эффективных направлений повышения функциональной возможности землеройных машин является улучшение технологии производимых работ с использованием усовершенствованных рабочих органов. Конструктивное исполнение рабочего органа и процесс взаимодействия его с разрабатываемым грунтом в значительной степени зависят от физико-механических свойств последнего, способа копания и компоновки его относительно каркаса базовой машины. Для выбора наиболее эффективных по стоимости и трудоемкости методов производства и конструктивных решений требуется изучение и оценка используемых технологий и рассмотрение путей их дальнейшего усовершенствования.

Исходя из вышеизложенного, актуальность настоящей диссертационной темы определяется необходимостью совершенствования технологии строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения, особенно при разработке и засыпке траншей для водопроводов с применением усовершенствованного бульдозерного агрегата.

Связь темы диссертации: выполнение научно-исследовательских работ по теме диссертации осуществлено в разрезе Государственного проекта «Повышение эффективности технологического и технического обеспечения развития водного хозяйства» (программа 042, Казагроинновация, 2010-2020 гг.).

Цель работы - исследование строительства инженерных сетей и разработка инженерно-технологических рекомендаций по совершенствованию технологии строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ современных процессов прокладки трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения;
- исследование развития систем водоводов в Республике Казахстан;
- установление основных факторов, влияющих на эффективность ведения земляных работ при строительстве трубопроводов;

- определение влияния грунтового фона на выбор средств механизации и путей увеличения интенсивности процесса строительства трубопроводов;
- разработка и испытание модернизированного отвала бульдозерного агрегата;

- определение приемлемых вариантов механизации земляных работ с использованием бульдозерных агрегатов и установление экономически оправданного варианта их использования.

Объект исследования: водоводы и сети систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов Республики Казахстан.

Предмет исследования: основные факторы, влияющие на технологические процессы, для совершенствования строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения.

Научная новизна:

- инновационные пути совершенствования технологии строительства водоводов систем водоснабжения и водоотведения (ВВ);

- расчетные зависимости основных факторов, влияющие на эффективность выполнения земляных работ при строительстве водоводов и влияние грунтового фона на выбор средств механизации при рытье и засыпке водопроводных траншей;

- результаты оценки используемых средств механизации при выполнении земляных работ по прокладке трубопроводов, с использованием бульдозерных агрегатов;

- результаты исследования по использованию модернизированного отвала бульдозерного агрегата при укладке трубопроводов систем ВВ.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты совершенствования технологии строительства водоводов в системах ВВ;

- выявленные факторы, влияющие на эффективность проведения земляных работ при рытье и засыпке траншей для водоводов;

- результаты сравнительного исследования вариантов механизации при боковой засыпке траншеи с применением модернизированного отвала бульдозера.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработаны инженерно-технологические рекомендации по совершенствованию технологии и механизации строительства систем водоснабжения и водоотведения.

Методика исследования: использованы методы оценки эффективности новых технологий и техники в строительстве водоводов, исследования параметров усовершенствованного рабочего органа бульдозера и многофакторного планирования экспериментов, методов физического моделирования изучаемых процессов в различных условиях.

Экономическая значимость полученных результатов определена в использовании усовершенствованной технологии строительства водоводов с применением модернизированного бульдозерного агрегата, оснащенного дополнительным ножом в ТОО «Сұлутәр»: в зависимости от вида и объема

выполняемых земляных работ годовой экономический эффект составил 725,0 тыс. тенге.

Апробация работы. Основные результаты работы и полученные результаты исследований докладывались и обсуждались на МНПК «Проблемы инновационного и конкурентоспособного развития агроинженерной науки на современном этапе» (г. Алматы, 2014), на МНПК «Теоретические и экспериментальные исследования строительных конструкций» (г. Алматы, 2015), на МНПК «Научно-образовательный потенциал нации и конкурентоспособность страны» (г. Актобе, 2016), на МНПК «Техносферная безопасность: наука и практика» КГУСТА имени Н. Исанова и КРСУ имени Б. Ельцина (г. Бишкек, 2016).

Личный вклад соискателя: соискателем сформулирована цель и решены поставленные задачи исследования, выполнены теоретические и экспериментальные исследования, разработана и предложена эффективная технология строительства водоводов сетей.

Публикации. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, составляющие содержание диссертационной работы, освещены в 9 научных трудах, из них 2 статьи в зарубежных изданиях РИНЦ, 5 – статьи в изданиях РИНЦ КР и 2 статьи в журналах КР.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников из 90 наименований, 2 приложений. Текстовая часть изложена на 151 страницах компьютерного набора, иллюстрируется 48 рисунками, 14 таблицами и 32 формулами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *введении* изложена актуальность темы и обоснована необходимость усовершенствования и исследования технологии земляных работ при строительстве водопроводов, отмечены научная новизна и практическая ценность полученных результатов, сформулированы основные защищаемые положения.

В *первой главе* проанализированы состояние и особенности строительства магистральных водоводов и результаты ранее выполненных научно-исследовательских работ по теме. Рассмотрены вопросы строительства и реконструкции водоводов и результаты патентно-информационного поиска по совершенствованию технологии строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения. Изложены пути решения поставленных задач.

Как показывают результаты изучения систем водоснабжения, в Республике Казахстан ежегодно наращиваются водохозяйственные работы, особенно по строительству и реконструкции магистральных водоводов в системе водоснабжения, проводимые на основе отраслевой программы «Питьевые воды». Объемы выполненных работ по указанной программе возросли с 6 миллиардов в 2002 году до 28 миллиардов тенге в 2008 году. В

2006-2015годах программой охвачено 6190 сельских населенных пунктов, 47 малых городов, где требовалось улучшение водоводов и водопроводной сети.

Все это потребовало комплексного и системного подхода к решению проблемы водообеспечения страны, которое результативно выполняется в настоящее время. Вопросы строительства и эксплуатации водоводов, а также дорог, рассмотрены в работах Н.Н. Абрамова, А.Ф. Шабалина, З.Е. Гарбузова, В.М. Айдуганова, Ж.Б. Байнатов, М. С. Кульгильдинова и др.

Разработка грунта, как правило, производится землеройными машинами – экскаваторами, а засыпка траншей грунтом может быть выполнена с применением вышеперечисленной техники с уплотнением его и созданием проектных параметров земляного сооружения. Однако применение традиционной техники и технологии, когда траншея под водопроводные сети осуществляется землеройной или землеройно-транспортной техникой, имеет ряд серьезнейших недостатков:

- неоправданно большие объемы земляных работ;
- применение значительного количества технологических машин;
- низкие темпы выполнения земляных работ, связанные с технологическими машинами для укладки трубы, уплотнения грунтового слоя.

Отсюда возникла серьезная прикладная *проблема* – обеспечение высокоэффективного и безопасного выполнения земляных работ в линейных условиях сооружения трубопровода, для достижения соответствия темпов и минимальной себестоимости стратегически важных объектов транспортирования питьевой и технологической воды или аналогичных жидкостей.

Различают траншеи с вертикальным, трапециодальным и сложным сечением (рис. 1). Способы разработки траншей различны. Траншеи отрывают многоковшовыми экскаваторами непрерывного действия и одноковшовыми циклического действия. Способы разработки траншей могут быть однопроходными и многопроходными (послойные). При первом способе полный профиль траншеи разрабатывают за одну проходку механизма, а при втором - за несколько.

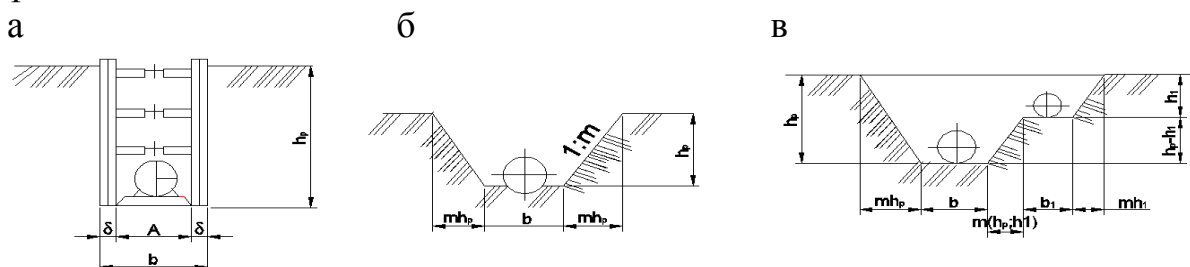


Рис.1. Схемы поперечных разрезов траншей под водопроводные трубы: а – траншеи с вертикальными стенками и креплениями; б – трапециодальных; в – сложного сечения при совмещенной прокладке трубопроводов.

На практике возможны следующие четыре схемы разработки траншеи одноковшовым экскаватором с обратной лопатой: движение экскаватора по оси траншеи с односторонней выгрузкой грунта; движение экскаватора параллельно оси траншеи со смещением в сторону отвала и односторонней выгрузкой грунта;

движение экскаватора по зигзагообразной схеме параллельно оси траншеи с двухсторонней выгрузкой грунта; движение двух экскаваторов параллельно оси траншеи с двухсторонней выгрузкой грунта.

Обратные засыпки траншей в большинстве случаев служат основанием дорог, отместок, а внутри зданий - основанием под полы, все они должны выполняться с обязательным уплотнением для обеспечения требуемой их несущей способности (прочность - устойчивость) и беспросадочности. Необходимая степень уплотнения грунта и высокое качество обратных засыпок на практике обеспечиваются послойным уплотнением грунта при условии отсыпки его слоями одинаковой толщины.

Засыпка траншеи в большинстве случаев производится бульдозером (рис. 2) по челночной схеме или по поперечно-челночной (при засыпке больших по протяженности и глубоких траншей).

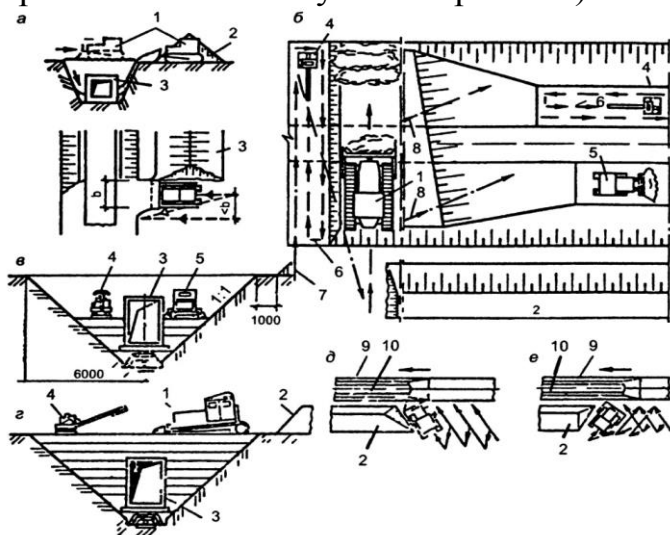


Рис. 2. Засыпка траншей коллекторов и трубопроводов: а – общая схема засыпки бульдозером; б – засыпка песчаным грунтом; в – первоначальный этап засыпки пазух коллектора; г – засыпка слоев поверх коллектора; д – засыпка траншей бульдозером по косопоперечной схеме; е – то же, по косопоперекрестной схеме; 1 – бульдозер; 2 – резерв грунта; 3 – коллектор; 4 – вибротрамбовка; 5 – малогабаритный бульдозер; 6 – направление движения трамбовки; 7 – то же, бульдозера; 8 – съезд бульдозера; 9 – траншея; 10 – трубопровод.

Прямую схему применяют при рытье траншеи и выемок, ширина которых незначительно превышает ширину отвала бульдозера. При устройстве въездов, когда допускается отсыпка грунта в одно место, при этой схеме бульдозер совершает возвратно-поступательное движение без поворотов, поэтому схему часто называют челночной или маятниковой, движением вперед бульдозер срезает грунт и транспортирует его к месту отвала (рабочий ход). Затем он задним ходом возвращается к месту начала резания грунта.

Боковую схему работы бульдозера применяют при перемещении ранее разработанного грунта из отвалов или сыпучих материалов (песка, гравия и др.) из бункеров, при разработке легких грунтов, срезаемых толстыми слоями, а также при работе на косогорах.

При этом разрабатываемый грунт располагается сбоку от пути, по которому бульдозер транспортирует его к месту отсыпки. Бульдозер захватывает отвалом грунт, делает поворотное движение, перемещает грунт на транспортный путь, затем транспортирует его к месту отсыпки (рис. 3).

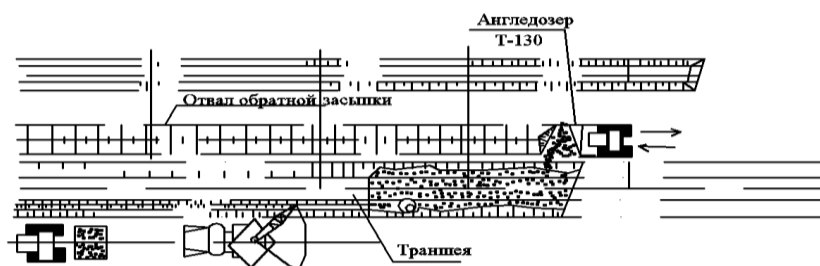


Рис. 3. Обратная засыпка траншей по боковой схеме работы бульдозера.

Во **второй главе** описаны исследования по совершенствованию технологии земляных работ условий и глубины заложения трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения.

Результаты информационных исследований по повышению надежности водоснабжения пунктов Республики Казахстан позволили установить изменения доли выполняемых работ: проектирование водопроводных сетей; строительство новых водопроводных сетей; реконструкция существующих водопроводных сетей. Эти данные приведены рис.4.

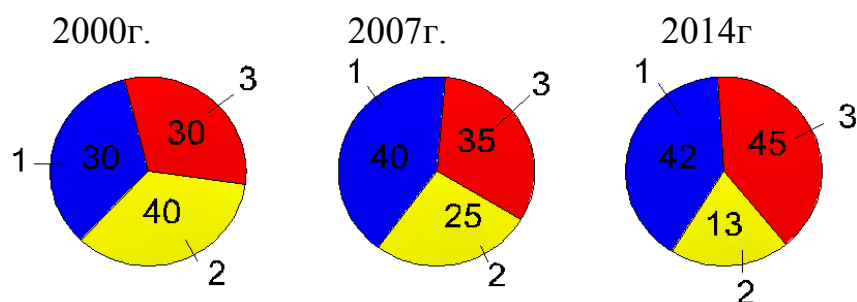


Рис. 4. Изменение доли выполняемых работ для повышения надежности работы систем водоснабжения населенных пунктов Республики Казахстан: 1 – проектирование водопроводных сетей; 2 – строительство новых водопроводных сетей; 3 – реконструкция существующих водопроводных сетей.

С учетом глубины промерзания H_3 (м) и диаметра труб D_T (мм), глубина монтажа трубопровода H (м) в проектное положение определяется:

$$D_T = \text{от } 50 \text{ до } 300 \text{ мм} \dots\dots\dots H = H_3 + D_T + 0,2;$$

$$D_T = \text{от } 300 \text{ до } 600 \text{ мм} \dots\dots\dots H = H_3 + 0,7 D_T;$$

$$D_T = \text{более } 600 \text{ мм} \dots\dots\dots H = H_3 + 0,5 D_T$$

Отличительной особенностью прокладки канализационных труб или коллекторов от водопроводных является их меньшая глубина заложения. Это обусловлено тем, что даже в самое холодное время года температура воды при ее сливе не опускается ниже $+7^\circ\text{C}$, поэтому глубина заложения H (м) рассчитывается по формуле

$$H_1 = H_3 - h, \quad (1)$$

где: H_3 - расчетная глубина промерзания, м; h - величина заглубления трубопроводов, рекомендуемая для труб до 500 мм $h = 0,3$ м; а более 500 мм $h = 0,5$ м водоводные трубы устанавливаются в проектное положение в траншеи различной ширины в соответствии с требованиями.

Одним из основных факторов, определяющим глубину копания, является глубина промерзания грунта, определяющая трудность разработки.

Трудность разработки мерзлых грунтов в различных природно-климатических зонах, в зависимости от условий промерзания, можно оценить посредством показателя

$$A_n = \sum_{i=1}^n (H_{ni} \sqrt{t_i}) \quad (2)$$

где: t_i - среднее абсолютное значение температуры разрабатываемой толщи мерзлого грунта в каждом зимнем месяце; H_{ni} - глубина промерзания в каждом зимнем месяце, м; n - количество зимних месяцев в году.

Проанализированы и обработаны материалы по грунтовым условиям, получены данные распределения грунтов по типам на глубине: от 0 до 1 м, от 1 до 2, от 2 до 3, от 3 до 4, от 4 до 5 м для различных областей Казахстана. Гистограммы вероятности P появления грунтов различного типа по территории пяти экономических районов Республики Казахстана приведены на рис. 5, который показывает, что на территории республики преобладают глинистые грунты, вероятность появления которых составляет 0,595, песчаные с вероятностью – 0,259, а также крупнообломочные - в среднем до 0,25.

Наиболее распространенными грунтами в 5 м поверхностной толщии пород являются:

- в Южно-Казахстанском экономическом районе (см. рис. 5 а) - глинистые ($P = 0,461$), песчаные ($P = 0,381$), крупнообломочные ($P = 0,115$);
- в Центрально-Казахстанском экономическом районе (см. рис. 5 б) - глинистые ($P = 0,423$), крупнообломочные ($P=0,335$), песчаные ($P=0,197$); в
- в Северо-Казахстанском экономическом районе (см. рис. 5 в) - глинистые ($P = 0,846$), песчаные ($P - 0,42$);
- в Восточно-Казахстанском экономическом районе (см. рис. 5 с) - глинистые ($P = 0,594$), крупнообломочные $P = 0,256$), песчаные ($P = 0,126$).

Типы грунтов

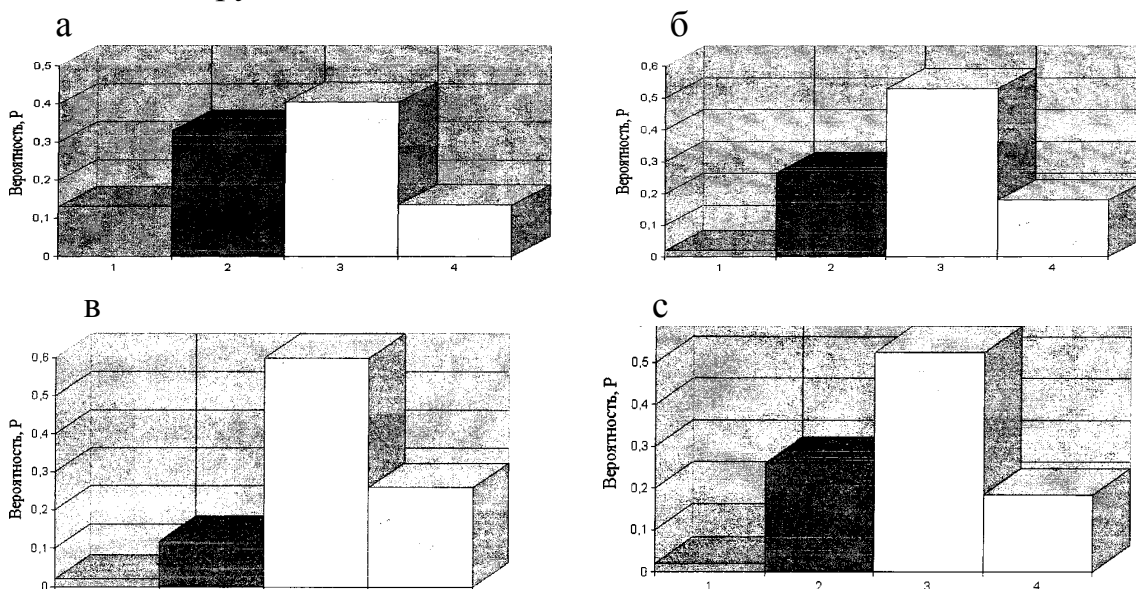


Рис. 5. Гистограмма распределения грунтов на южном (а), центральном (б), на севере (в) и востоке (с) регионах РК: 1 – скальные; 2 – песчаные; 3 – глинистые; 4 – крупнообломочные.

Вероятность появления грунтов различного типа по всей территории Казахстана приведена на рис. 6, анализ которого показывает, что на территории республики преобладают глинистые грунты, вероятность появления которых составляет 0,595, песчаные с вероятностью 0,259, а также крупнообломочные с соответствующими вероятностями 0,125 и 0,021.

Было собрано 2840 паспортов грунтов на глубине до 2 м.

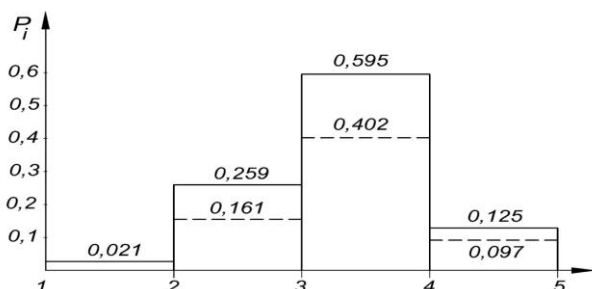


Рис. 6. Гистограмма распределения различных грунтов в 5 м поверхностной толщи пород по республике: 1-2 – скальные; 3-4 – песчаные; 3-4 – глинистые; 4-5 – крупнообломочные.

Одной из комплексных оценок эффективности разработки землеройными машинами грунта является коэффициент трудности разработки. Для однородных грунтов данная зависимость имеет следующий вид

$$K_T = 3,324 (1,038 - 0,0227C + 0,00015 C^2) \cdot (C - 0,436 + 1,157 H - 0,146 H^2) \cdot (1,975 - 0,159 I_p + 0,00412 I_p). \quad (3)$$

где: C - число ударов плотномера ДорНИИ; H - глубина промерзания, м; I_p - число пластичности; T - отрицательная температура грунта, °С.

Представленные математические зависимости, определяющие влияние физико-механических свойств грунта на показатель трудности разработки, неудобны для практического использования в связи со сложным влиянием каждого задающего фактора. В этой связи большую наглядность и меньшую трудоемкость при определении коэффициента трудности разработки грунтов представляют собой номограммы, построенные на основе исходных данных.

Здесь же рассмотрены вопросы оценки остаточного ресурса трубопровода во времени в зависимости от толщины стенки. Методика, основанная на результатах регулярной диагностики, заключается в комплексном анализе изменения толщины стенки и влияния на участок трубопровода внешних обстоятельств, нагрузок и воздействий, связанных, в частности, с местом расположения трубопровода по отношению к транспортной инфраструктуре, глубиной его залегания, наличием подземных вод по трассе, характеристикой грунта, сроками эксплуатации отдельных участков сети и т.д., а также в сопоставлении коэффициентов, отображающих внешние условия эксплуатации и окружающую обстановку.

В третьей главе описано усовершенствование конструкций рабочего оборудования современных бульдозеров.

В последнее время интенсивно развиваются новые конструктивные формы рабочего оборудования серийных бульдозеров, обладающего свойствами адаптации и расширенными функциональными возможностями.

Серийно производят бульдозеры на колесных и гусеничных тракторах различного тягового класса и с гидравлическим управлением подъема и

опускания отвала. Бульдозеры общего назначения на базе гусеничных тракторов изготавливают четырех типов:

- с неповоротным отвалом;
- с неповоротным отвалом и гидрофицированным его перекосом в поперечной плоскости;
- с неповоротным отвалом и гидрофицированным или винтовым его перекосом в поперечной плоскости и наклоном в вертикальной плоскости;
- с поворотным отвалом в горизонтальной плоскости, его перекосом в поперечной плоскости и наклоном в вертикальной плоскости.

Эффективность применения новых средств механизации определяется при разработке комплексно-механизированных технологических процессов производства земляных работ для конкретных объектов. В соответствии с технологическими возможностями средств, входящих в комплекс, должны быть согласованы технологические операции по времени и последовательности.

Основной задачей совершенствования землеройно-транспортных машин является увеличение производительности с целью снижения себестоимости одного кубометра разрабатываемого грунта.

Производительность бульдозера при копании и перемещении грунта описывается выражением

$$П_T = \frac{60 \cdot V_n}{T_u} \cdot k_y, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (4)$$

где: V_n - объем призмы грунта, перемещаемого перед отвалом, м^3 ; k_y - коэффициент, учитывающий уклон грунтовой поверхности; T_u - продолжительность рабочего цикла, мин;

$$V_n = \frac{B_0 \cdot H_0^2}{k_p \cdot 2 \cdot \text{tg} \varphi_0}, \text{ м}^3; \quad (5)$$

где: B_0 - длина отвала, м; H_0 - высота отвала без учета козырька, м; φ_0 - угол естественного откоса грунта, град; k_p - коэффициент разрыхления грунта.

Для расчета объема призмы грунта предлагается использовать следующую зависимость:

$$V_n = \frac{B_0 \cdot (k \cdot H_0)^2}{k_p \cdot 2 \cdot \text{tg} \varphi_0}, \text{ м}^3; \quad (6)$$

где: k - коэффициент, учитывающий увеличение высоты отвала относительно базовой высоты.

Ниже приведены таблицы 1-3 с расчетными значениями объема призмы грунта V_n и технической производительности $П_T$, полученными для бульдозера Б-10М при использовании различных значений коэффициента k . Значения рабочих скоростей, необходимые для расчета времени рабочего цикла, были приняты из тяговой характеристики бульдозера Б-10М.

Таблица 1 - Расчетные значения объема призмы грунта V_n и технической производительности Π_T , полученные для бульдозера Б-10М при разработке глины с углом естественного откоса $\varphi_0=35^\circ$ и коэффициентом разрыхления $k_p=1,29$

k	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
H_0 , м	1,30	1,43	1,56	1,69	1,82	1,95
V_n , м ³	3,01	3,65	4,34	5,09	5,91	6,78
Π_T , м ³ /ч	52,07	63,07	75	87,96	102,13	117,16

Таблица 2 - Расчетные значения объема призмы грунта V_n и технической производительности Π_T , полученные для бульдозера Б-10М при разработке суглинка с углом естественного откоса $\varphi_0=30^\circ$ и коэффициентом разрыхления $k_p=1,21$

k	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
H_0 , м	1,30	1,43	1,56	1,69	1,82	1,95
V_n , м ³	3,90	4,72	5,61	6,59	7,64	8,77
Π_T , м ³ /ч	67,34	81,49	96,98	113,82	132	151,53

Таблица 3 - Расчетные значения объема призмы грунта V_n и технической производительности Π_T , полученные для бульдозера Б-10М при разработке супеси с углом естественного откоса $\varphi_0=32^\circ$ и коэффициентом разрыхления $k_p=1,31$

k	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
H_0 , м	1,30	1,43	1,56	1,69	1,82	1,95
V_n , м ³	3,32	4,02	4,78	5,62	6,51	7,48
Π_T , м ³ /ч	57,42	69,47	82,68	97,04	112,54	129,18

Ниже на рис. 7 приведен график зависимости технической производительности Π_T от высоты отвала H_0 , полученный для бульдозера Б-10М для различных значений коэффициента k .

Для выбора и определения оптимальных параметров машин в зависимости от условий эксплуатации на базе анализа математической модели времени продолжительности рабочего цикла предложен метод минимизации продолжительности рабочего цикла машины.

Математическая модель времени рабочего цикла определяется суммой времени отдельных технологических операций рабочего процесса машины. Для машин с последовательным выполнением операций время рабочего цикла, определяется по формуле

$$t_y = \sum_1^n t_i \rightarrow \min, c \text{ или } t_y = \sum_1^n t_i \frac{A_i}{N_i} \rightarrow \min, c \quad (7)$$

где: t_u - время рабочего цикла машины, с; t_i - время отдельной рабочей операции машины, с; n - количество операций, выполняемых машиной за рабочий цикл; A_i - работа сил сопротивлений при выполнении соответствующей операции, Нм; N_i - мощность, которая реализуется бульдозером при выполнении операции, Нм/с.

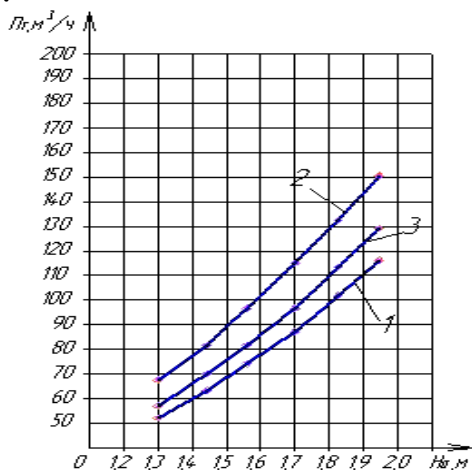


Рис. 7. График зависимости технической производительности P_m бульдозера от высоты отвала H_0 для бульдозера Б-10М: 1 – при разработке глины; 2 – при разработке суглинка; 3 – при разработке супеси.

Математическая модель времени рабочего цикла машины с циклическим режимом работы, например, бульдозера может быть представлена в виде выражения

$$t_u = \frac{A \cdot k_{y0} \cdot q_0}{m} + \frac{B \cdot m \cdot l_x}{N}, c \quad (8)$$

где: k_{y0} - удельное сопротивление копанию грунта отвалом бульдозера Н/м³; q_0 - объем грунта, перемещаемый отвалом, м³; B - ширина отвала, м; h_{cp} - средняя глубина копания, м; l_k - путь копания, м; l_x - путь холостого перемещения бульдозера, м; m - масса бульдозера, кг; N - мощность двигателя бульдозера, Вт; A , B - размерные экспериментально-аналитические коэффициенты, характеризующие условия эксплуатации.

В четвертой главе диссертации изложены результаты исследований экспериментального стенда, приведена методика опытов на грунтовом канале и состав использованной контрольно-измерительной аппаратуры, основные положения совершенствования технологии строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения, эффективность применения модернизированного отвала бульдозерного агрегата.

Экспериментальные исследования модели модернизированного отвала бульдозера проводились на стенде физического моделирования рабочих процессов (рис. 8). Основными узлами стенда являются грунтовый канал, тензометрическая тележка, механический привод, пульт управления и комплекс измерительных приборов.

Грунтовый канал выполнен в виде прямоугольного лотка размерами 800*800*6000 (рис. 8). Несущая рама канала выполнена в виде пространственной формы, верхние пояса которой служат направляющими тензометрической тележки. Тензометрическая тележка стенда выполнена

сваркой и представляет раму, которая с помощью опорных роликов смонтирована на направляющих несущей рамы. Она передвигается вдоль грунтового канала по направляющим.

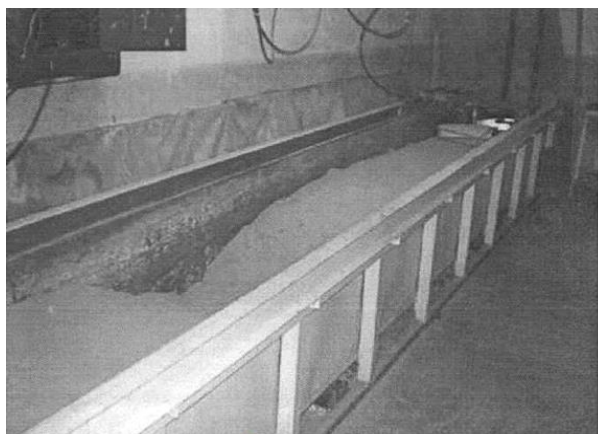


Рис. 8. Общий вид грунтового канала.

Техническая характеристика лабораторного стенда: $H=800$ мм, $B=800$ мм, $L=6000$ мм; привод - КИ-598; мощность электродвигателя - 5,0 кВт; линейная скорость: $\min - 0,0806$ м/с, $\max - 3,2987$ м/с.

В результате анализа экспериментов и априорной информации определены уровни и интервалы варьирования факторов. Критериями эффективности конструкции исследуемого рабочего

органа бульдозера были: величины (объем) перемещающего грунта, т.е. производительность копания и перемещения модернизированным отвалом бульдозера, оснащенного увеличенным размером по высоте.

Были выбраны четыре наиболее важных факторов, определяющих протекание процесса и влияющих на значения функций отклика (P_1 и P_2). В качестве поверхности отклика принята масса перемещаемого грунта в боковую сторону модернизированного отвала, а влияющими факторами - толщина вырезаемой стружки h , высота верхней кромки отвала l_0 , угол установки отвала в плане φ_n и плотность моделируемой среды ρ , измеряемая числом ударов модели ударника ДорНИИ - С. Уровни варьирования перечисленных факторов приведены в табл. 4.

Таблица 4 - Уровни факторов и интервалы варьирования

№ п/п	Факторы	Ед. изм.	Уровни факторов					Интервал варьирования
			-2	-1		+1	+2	
1.	X_1 - глубина копания, h	мм	5	10	15	20	25	5
2.	X_2 - количество ударов ударника, С.	шт	3	15	7	9	11	2
3.	X_3 - длина верхней высоты модернизированного отвала, Н	мм	0	14	28	42	56	17
4.	X_4 - угол установки отвала в плане, φ_n	град	30	40	50	60	70	10

Обработка экспериментальных данных, позволила получить регрессионные модели, определяющие зависимость функций отклика (усилия резания) от варьлируемых факторов ($x_1 \dots x_4$):

для лобового усилия

$$P_1 = 47,25 + 2,37x_2 + 9,53x_3 - 2,38x_4 + 1,9x_1^2 - 3,44x_3^2 + 6,36x_4^2 - 1,78x_{14} - 3,57x_{24} - 2,68x_{34} \quad (9)$$

для бокового усилия

$$P_2 = 8,5 + 0,66x_1 + 0,66x_3 + 2,1x_1^2 + 1,85x_2^2 + 2,1x_3^2 + 1,35x_4^2 + 0,5x_{12} - 1,25x_{11} + 0,75x_{14} + 0,5x_{23} - 1,5x_{24} + 1,25x_{34} \quad (10)$$

Полученные регрессионные модели позволили нам построить поверхности откликов, которые наглядно показывают зависимости функции отклика (P_1 и P_2) от варьируемых факторов.

На рис. 9 показаны графики зависимости функции отклика (P_1 и P_2) от угла установки отвала в плане (φ_0) и угла резания (φ_H). Как видно из этих графиков, зависимость лобового составляющего сопротивления копанию грунта (P_1) от угла установки дополнительного ножа имеет переменный характер.

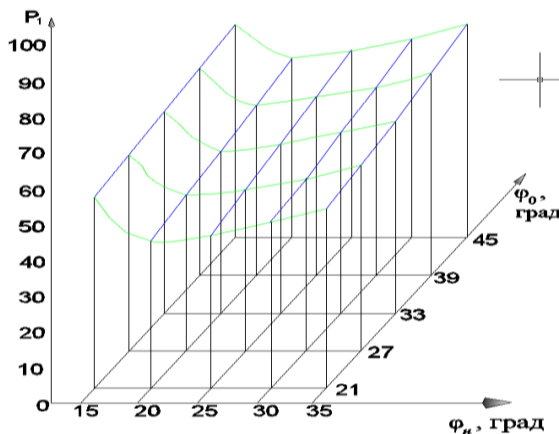


Рис. 9. Зависимости лобового усилия резания P_1 от угла установки отвала в плане (φ_0) и угла резания (φ_H).

Следовательно, можно сделать вывод о том, что при использовании дополнительного упорного ножа увеличение скорости резания грунта от 0,5 до 2,5 м/с не оказывает существенного влияния на рост лобового усилия резания P_1 .

Угол установки отвала в плане (φ_0), при его увеличении от 21° до 45° , приводит в начале к снижению лобового усилия резания P_1 , а потом в возрастанию. Это объясняется тем, что с ростом угла установки отвала, до определенного значения этого угла, наблюдается положительное влияние косого резания, которое обеспечивает снижение общего сопротивления копанию грунта. При дальнейшем увеличении значения этого угла оказывает на рост сопротивления копанию, так как при постоянной ширине захвата отвала ($B=\text{const.}$) значительно увеличивается длина отвала.

В пределах угла установки отвала в плане $\varphi_0 = 30^\circ \dots 36^\circ$, наблюдается максимальное снижение лобового усилия резания P_1 . Таким образом, несмотря на увеличение длины отвала с ростом угла его установки в плане, имеется диапазон изменения этого угла, где наблюдается максимальный эффект от косого копания грунта.

В зависимости от скорости резания (V_p) боковое усилие резания P_2 имеет характер снижения его значения при малых скоростях резания (рис. 10), достигая минимального значения при $V_p = 1,2 \dots 1,6$ м/с, и при дальнейшем повышении скорости оно начинает возрастать.

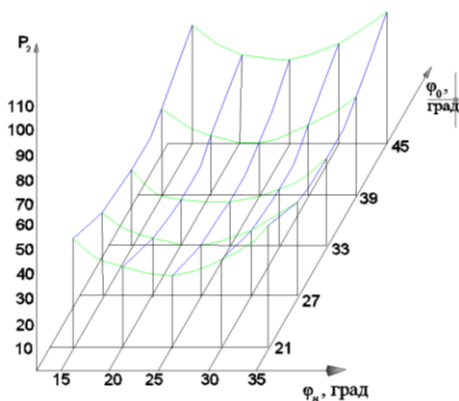


Рис. 10. Зависимость бокового усилия резания P_2 от угла установки отвала в плане (φ_0) и угла резания (φ_n).

Боковое усилие резания P_2 при различных значениях угла установки дополнительного упорного ножа (φ_n) в зависимости от глубины резания (h) грунта в пределах исследуемого диапазона, с возрастанием глубин резания грунта сначала снижается, а потом начинает плавно расти.

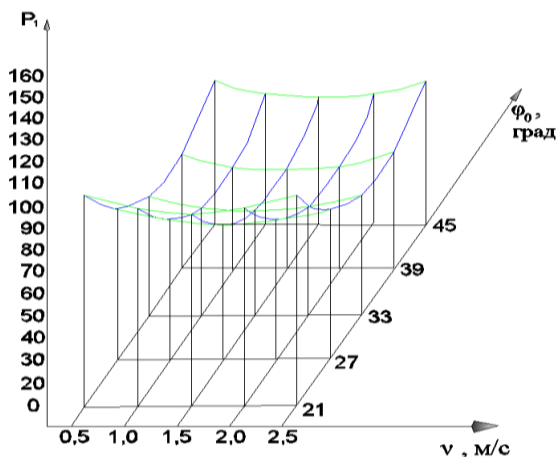


Рис. 11. Зависимости лобового усилия резания P_1 от угла установки отвала в плане (φ_0) и скорости резания (v).

При оценке экономической эффективности применения модернизированного отвала землеройно-транспортной машины в качестве базовой выбираем традиционный вариант применения бульдозерного отвала, а в качестве новой - модернизированный отвал.

Удельные дополнительные затраты, связанные с созданием и внедрением новой строительно-дорожной машины, оборудованной новым модернизированным отвалом, определяются по формуле

$$\Delta K_{\pi} = K_{\pi} / N \quad (11)$$

где: K_{π} – дополнительные капитальные затраты, $K_{\pi} \approx 10000,0$ тыс. тенге; N – количество машин, выпускаемых в расчетном году, $N = 100$.

Амортизационные отчисления определяются по формуле

$$P_{\text{ам.н}} = 1 / T_{\text{ам}} \cdot 100 \quad (12)$$

где: $T_{\text{ам}}$ – амортизационный срок службы строительно-дорожной машины оборудованной новым рабочим органом, $T_{\text{ам}} = 8$ лет;

Годовой экономический эффект от использования 100 бульдозерного агрегата с новым отвалом составит

$$\Xi_{\Gamma} = 725,0 \cdot 100 = 72,5000 \text{ млн. тенге.}$$

В результате выполненного расчета годовой экономический эффект от использования одной единицы бульдозерного агрегата с новым отвалом составляет 725, 0 тыс. тенге.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Строительство магистральных водоводов отличается большим разнообразием как по характеру, так и по условиям их проведения и объемам.

На основании проведенного анализа различных видов земляных работ сделан вывод, что глубина выемки применяется в зависимости от глубины промерзания, грунта, который по регионам Казахстана составляет 1,5м. Для таких траншей приоритет следует отдавать традиционным машинам – одноковшовым экскаваторам и бульдозерам, себестоимость работ которых намного ниже, чем у специализированных траншеекопателей непрерывного действия.

2. Установленный по регионам Казахстана грунтовый фон показал, что наиболее распространенными типами грунтов в трехметровой поверхностной толщии земли являются глинистые (вероятность - 0,55), песчаные - 0,25, крупнообломочные и скальные с соответствующими вероятностями 0,120 и 0,025. Физико-химические свойства колеблются в следующих пределах: влажность - 5...25%, плотность - 1,5...2,15 т/м³, коэффициент пористости - 0,3...1,2, число пластичности - 0,03...0,9, угол внутреннего трения - 20...35⁰. При этом механизация работ по засыпке траншей без уплотнения преимущественно (на 75-80 %) осуществляется с помощью бульдозера.

3. Предложенные пути совершенствования технологии укладки труб ориентированы на обеспечение нормальной работы и курсовой устойчивости бульдозера с модернизированным рабочим оборудованием при перемещении и косом резании грунта в челочно-поперечном направлении вдоль траншей для укладки водопровода.

На основе этого разработана математическая модель, адекватно описывающая процесса взаимодействия модернизированного рабочего органа бульдозера с грунтом.

4. Удельное сопротивление резанию имеет минимальное значение при угле установки отвала 23...35°. Наблюдается тенденция к возрастанию усилий по мере увеличения угла установки отвала выше указанного предела и роста глубины резания. Зависимость лобового составляющего сопротивления копанию грунта (P_i) от угла установки отвала в плане имеет переменный характер. При минимальном значении угла φ_n (23°) наблюдается наибольшее значение P_i , что объясняется слабым влиянием модернизированного отвала на снижение сопротивления грунта копанию из-за малости угла его установки.

5. С увеличением значения этого угла происходит достаточно интенсивное снижение P_i достигая наименьшего значения при угле $\varphi = 35^\circ$, которое можно объяснить проявлением эффекта перемещения грунта в сторону новым отвалом. При дальнейшем возрастании φ значение P_i начинает плавно расти, что связано с потерей курсовой устойчивости, которое оказывает влияние

на рост сопротивления более существенно нежели снижение его за счет косого резания.

6. Опыты, проведенные в производственных условиях, показали более высокую курсовую устойчивость бульдозера в пределах рекомендуемых рациональных значений высоты увеличения отвала (до 1,3 раза) и использовании дополнительного ножа по сравнению с бульдозерами традиционной конструкции. При выполнении земляных работ, связанных со срезанием и перемещением грунта вдоль отвальной поверхности, производительность машины повысилась на 25-35%.

8. Оборудование отвала бульдозера с дополнительной высотой в интервалах ($H_h/H_0=1,3...1,5$), по сравнению традиционным рабочим органом, существенно улучшает условия работы и снижает коэффициент динамичности до 30%. Этот показатель с увеличением прочности и неоднородности грунта возрастает, тем самым обеспечивает увеличение срока службы машины.

9. Годовой экономический эффект от внедрения в производство рекомендуемого бульдозера с модернизированным отвалом составляет 725 тыс. тенге на одну машину.

Список опубликованных работ по теме диссертации



1. **Джумагалиев Т.К.** Состояние систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов Республики Казахстан [Текст] / Т.К. Джумагалиев // Известия ВУЗов Кыргызстана, №1. - Бишкек: НиДХЛ, 2016. - С.11-14.
2. **Джумагалиев Т.К.** Назначение и устройство наружной водопроводной и водоотводящей сетей [Текст] / Т.К. Джумагалиев // Известия ВУЗов Кыргызстана, №9. - Бишкек: НиДХЛ, 2015. - С. 11-14.
3. **Джумагалиев Т.К.** Механизация работ, выполняемых при засыпке траншей под водоводы [Текст] / Т.К. Джумагалиев, А.И. Абдурасулов // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №6. - Бишкек: НиДХЛ, 2015. - С. 43-45.
4. **Джумагалиев Т.К.** Механизация строительства водопроводных сетей [Текст] / Т.К. Джумагалиев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №6. - Бишкек: НиДХЛ, 2015. - С. 29-32.
5. **Джумагалиев Т.К.** Классификация факторов, влияющих на технику и технологию ведения работ при укладке трубопроводов [Текст] / Т.К. Джумагалиев // Материалы международной научно-практической конференции: «Техносферная безопасность: наука и практика». - Бишкек: Айат, 2015. - С. 72-73.
6. **Джумагалиев Т.К.** Обоснование необходимых технологических требований к машине при выполнении земляных работ во время укладки инженерных сетей [Текст] / Т.К. Джумагалиев, М.К. Ордобаев, Р.У. Узенов // Материалы международной научно-практической конференции: «Техносферная безопасность: наука и практика». - Бишкек: Айат, 2015.-С. 73-75.

7. **Джумагалиев Т.К.** Использование модернизированного бульдозерного агрегата при засыпке траншей грунтом [Текст] / Т.К. Джумагалиев // Вестник КГУСТА 1(51). - Бишкек: КГУСТА, 2016. - С. 305-308.
8. **Джумагалиев Т.К.** Диагностика подземных водопроводных сетей [Текст] / Т.К. Джумагалиев, И. Абдурасулов, Р.Ш. Мамбетова // Симбол науки, №3, ч.3.-Уфа: Омега науки, 2016. - С. 39-42.
9. **Джумагалиев Т.К.** Влияние физико-механических свойств грунтов на прокладку траншей [Текст] / Т.К. Джумагалиев, И. Абдурасулов, Р.Ш. Мамбетова // Международный научный журнал «Инновационная наука», № 4, ч.3. - Уфа: Аэтерна, 2016. - С.97-100.

РЕЗЮМЕ

05.23.04 –Суу менен камсыздоо, каналдаштыруу, суу ресурстарын коргоонун курулуш системалары адистиги боюнча техникалык илимдердин кандидатынын окумуштуулук даражасына талапкерликке “Суу менен камсыздоо жана канализациялоо системаларында суу өткөргүчтөрдү куруунун технологиясын өркүндөтүү” темасында жазган Джумагалиев Талгат Кумаргалиевичтин диссертациясына

Түйүндүү сөздөр: суу өткөргүч, кыртыш, траншея, түтүк өткөргүчтөрүн куруу, суу өткөргүчтөрүн куруунун технологиясы, траншеяларды көмүү, технологиялык схема, курстук туруктуулук.

Изилдөөнүн объектиси: Казакстан Республикасында суу менен камсыздоо жана канализациялоо системаларында суу өткөргүчтөрдү куруу.

Изилдөөнүн предмети: суу менен камсыздоо жана канализациялоо системаларын куруунун эксперименталдык жана теоретикалык изилдөөлөрү. Технологиялык процесстердин эффективдүүлүгүн көрсөткүчтөрүн негизги факторлорунун таасирин аныктоо жана суу өткөргүчтөрүн куруунун технологиясын өркүндөтүү боюнча сунуштарды иштеп чыгуу.

Изилдөөнүн максаты: суу өткөргүчтөрдү курууда кошумча бычактуу анледозерди колдонуу боюнча эксперименталдык жана эсептик- теоретикалык негиздеме.

Изилдөөнүн методдору жана аппаратура: курулушта жаңы технологиялардын жана техниканын эффективдүүлүгүн баалоонун методдору пайдаланылган. Кыртыштарды кесүүнүн теориясын системдүү анализдөөнүн жана эксперименттерди көп факторлуу пландаштыруунун, ар кандай шарттарда изилденип жаткан процесстерди физикалык моделдөө методдорунун негизинде бульдозердин өркүндөтүлгөн жумушчу органынын параметрлерин изилдөөлөр. **Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы:** төмөнкү илимий жаңылыктар алынган:

- өркүндөтүлгөн бульдозердик агрегатты колдонуунун эсебинен суу менен камсыздоо жана канализациялоо системаларында суу өткөргүчтөрүн куруунун технологиясын өркүндөтүүнүн мүмкүндүгү көрсөтүлгөн жана жолдору тандалган;

- иштелип чыккан классификациянын негизинде суу өткөргүчтөрдү курууда жер казуу иштерин жүргүзүүнүн эффективдүүлүгүнө таасир берүүчү негизги факторлор аныкталган;

- суу өткөргүчтүк траншеяларды казууда жана көмүүдө механизациялоонун каражаттарын тандоого белгиленген кыртыштык фондун таасири көрсөтүлгөн;

- траншеяларды көмүү боюнча жумуштарды эффективдүү аткаруу үчүн бульдозердик агрегатынын өркүндөтүлгөн күрөгүн пайдалануунун келечектүүлүгү аныкталган;

Изилдөөлөрдүн натыйжаларын пайдалануунун даражасы: изилдөөлөрдүн натыйжалары Кыргыз-Россиялык Славян университетинин окуу процессине.

Колдонуу чөйрөсү: изилдөөлөрдүн натыйжалары Казахстанда суу менен камсыздоо жана канализациялоо системаларында суу өткөргүчтөрүн курууда пайдаланылат.



РЕЗЮМЕ

диссертации Джумагалиева Талгата Кумаргалиевича на тему «Совершенствование технологии строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Ключевые слова: водовод, грунт, траншея, строительство водоводов и трубопроводов, технологии строительства водоводов, засыпка траншей, технологическая схема, курсовая устойчивость.

Объект исследования: водоводы и сети систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов Республики Казахстан.

Предмет исследования: основные факторы, влияющие на технологические процессы для совершенствования строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения.

Цель исследования: исследование строительства инженерных сетей и разработка инженерно– технологических рекомендаций по совершенствованию технологии строительства водоводов в системах водоснабжения и водоотведения.

Методы исследования и аппаратура: использованы методы оценки эффективности новых технологий и техники в строительстве водоводов, исследования параметров усовершенствованного рабочего органа бульдозера и многофакторного планирования экспериментов, методов физического моделирования изучаемых процессов в различных условиях и строительные машины, а также традиционные измерительные аппаратуры.

Полученные результаты и их новизна: получена следующая научная новизна:

- инновационные пути совершенствования технологии строительства водоводов систем водоснабжения и водоотведения (ВВ);

- расчетные зависимости основных факторов, влияющие на эффективность выполнения земляных работ при строительстве водоводов и влияние грунтового

фона на выбор средств механизации при рытье и засыпке водопроводных траншей;

- результаты оценки используемых средств механизации при выполнении земляных работ по прокладке трубопроводов, с использованием бульдозерных агрегатов;

- результаты исследования по использованию модернизированного отвала бульдозерного агрегата при укладке трубопроводов систем ВВ.

Степень использования результатов исследований: результаты исследований внедрены в учебный процесс Кыргызско-Российского Славянского университета и на производстве ТОО «Сүлүтөр».

Область применения: результаты исследований могут применяться при строительстве водоводов и сетей систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов РК.

SUMMARY



of Jumagaliyev Talgat Kumargaliyev's dissertation on "Improving the technology of construction of water pipelines in water supply systems and sanitation" for the degree of Candidate of Technical Sciences, major 05.23.04 - Water supply, sewerage, building systems of protection of water resources

Keywords: *conduit, soil, trench, constructions of pipelines, technologies of a construction of conduits, filling of trenches, technological scheme, course stability.*

Subject of research: conduits and water supply systems and water disposals of the residential places in the Republic of Kazakhstan.

Object of research: the main factors influencing on the technological processes for improving of water pipelines construction in the water supply and sanitation systems.

Target of research: study of civil engineering networks and the development of engineering and technical recommendations for improving the technology of building water pipelines in water supply and sanitation systems.

Methods of a research and equipment: evaluation methods of efficiency of new technologies and the equipment in a construction are used. Parameters of advanced working body of the bulldozer based on the system analysis of the theory of cutting of soil and multiple-factor planning of experiments, methods of physical modeling of the studied processes in various conditions and construction machines, as well as traditional measuring equipment are researched.

Received results and their novelty: the following scientific novelty is received:

- innovative ways to improve the technology of construction of water pipelines in water and sewerage systems through the use of improved dozer unit;
- calculation tasks of the main factors on the basis of the developed classification, affecting the efficiency of the excavation work during the construction of water pipelines and the effect of soil background on the choice of mechanization while digging trenches and filling of water;
- results of assessment of the means of mechanization in carrying out excavation works for the laying of pipelines, which allowed to compare the applications of dozing units;

- theoretical and experimental research data for use modernized dozer blade unit for backfilling trenches.

Extent use of research result: results of researches are implemented in educational process of the Kyrgyz-Russian Slavic university.

The applied area: the results of researches can be used in case of a construction of conduits in water supply systems and water disposals in residential places in the Republic of Kazakhstan.

Подписано к печати 27.09.2016г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз.
г.Бишкек, ул, Сухомлинова, 20. ИЦ “Текник” КГТУ, т.: 54-29-43
E-mail: beknur@mail.ru

