

УДК.628.1.621.878

На правах рукописи

**ЖУСИП ТАЛГАТ СЕМБЕКУЛЫ**

**Усовершенствование технологии земляных работ при  
строительстве магистральных водоводов с использованием  
англедозера**

05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные  
системы охраны водных ресурсов

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы 2010

Работа выполнена в ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
водного хозяйства»

Научный руководитель доктор технических наук  
Касымбеков Ж.К  
кандидат технических наук  
Шотанов С.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Ауланбергенов А.А.  
кандидат технических наук  
Джумагулов А.

Ведущая организация Казахская академия транспорта и  
коммуникации имени М. Тынышпаева

Защита состоится «28 » сентября 2010 года в 16.30 часов на заседании  
диссертационного Совета Д14.61.25 при Казахском национальном  
техническом университете имени К.И.Сатпаева по адресу: РК,050013  
г. Алматы,ул.Сатпаева,22.,факс 8 (727)292-60-25.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского  
национального университета имени К.И.Сатпаева по адресу: РК,050013  
г. Алматы,ул.Сатпаева,22.

Автореферат разослан « 28 » августа 2010г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д14.61.25,  
доктор технических наук, профессор

М.Т.Жараспаев

## ВВЕДЕНИЕ

**Общая характеристика работы.** Диссертационная работа посвящена усовершенствованию и исследованию технологии земляных работ при строительстве водоводов с применением англедозера. В ходе выполнения диссертации теоретически обоснованы основные рабочие параметры англедозера и установлены их взаимосвязь с условиями грунта, экспериментально установлены оптимальные углы установки дополнительного ножа, режим работы усовершенствованной конструкций землеройной машины и разработаны рекомендации по проектированию и использованию англедозера с дополнительным упорным ножом при строительстве магистральных водоводов.

**Актуальность темы.** Строительство и эксплуатация водопроводов различного исполнения отличаются большим разнообразием выполняемых операций, почвенно-грунтовых условий, характером работ, специальными требованиями, предъявляемыми к сооружаемым объектам. При этом, важной задачей является использование эффективной технологии и обеспечение ее современными техническими средствами.

По мере освоения республиканской отраслевой программы «Питьевые воды» и продолжение ее до 2020 года, согласно решения правительства Казахстана, объем работ по строительству водоводов и водопроводов значительно возрастает. Это требует расширение парка землеройно-строительных машин и повышение их работоспособности с учетом условия выполнения земляных работ.

Одним из эффективных направлений повышение 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 технологии и рассмотрение путей их дальнейшего усовершенствования.

Если исходить из вышеизложенного, то актуальность настоящей темы заключается в необходимости улучшения технологического процесса бокового перемещения грунта, особенно при засыпке траншеи для водопроводов с применением англедозера.

Выполнение научно-исследовательских работ по теме диссертации связано с реализации проектов «Повышение эффективности технологического и технического обеспечения развития водного хозяйства»(программа 042, Казагроинновация, 2008-2011гг) и «Восстановление системы водоснабжения села Колтоган Жуалынского района Жамбылской области»(хоздоговор, 2007г).

**Цель работы** - улучшение технологии земляных работ путем повышения функциональной возможности и курсовой устойчивости англедозера, установление рациональных параметров его при различных режимах работы.

Для достижения указанной цели сформулированы следующие **задачи**:

- анализ состояния строительства магистральных водоводов в системе водоснабжения и существующей технологии земляных работ с использованием бульдозеров;
- подготовка конструктивного предложения по улучшению технологически схемы земляных работ при строительстве магистральных водоводов с учетом особенности рассматриваемого объекта исследований;
- теоретическое обоснование основных рабочих параметров англедозера и установление их взаимосвязи с условиями грунта;
- экспериментальное исследование режима работы усовершенствованной конструкций англедозера;
- установление основных технологических параметров машины при различных грунтовых условиях и курсовой устойчивости англедозера с дополнительным упорным ножом;
- разработка рекомендации по проектированию и использованию англедозера с дополнительным упорным ножом при строительстве магистральных водоводов.

**Методы исследования.** Исследования рабочих параметров англедозера проводились на основе системного анализа, теории резания грунтов и многофакторного планирования экспериментов, методов физического моделирования и проведения экспериментов как в лабораторных, так и в производственных условиях.

**Научная новизна:**

- обоснована принятая технологическая схема земляных работ при засыпке траншей для водопроводов способом бокового перемещения грунта;
- установлены удельные сопротивления англедозера с дополнительным упорным ножом при работе в принятых грунтовых условиях;
- установлены рациональные углы установки дополнительного и основного ножей отвала при принятой глубине копания и скорости бокового перемещения отвала англедозера.;
- выявлено и обеспечено условие сохранения курсовой устойчивости англедозера с дополнительным упорным ножом;
- разработаны рекомендации по проектированию и использованию англедозера с дополнительным упорным ножом при строительстве магистральных водоводов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- математическая модель процесса копания грунта с использованием усовершенствованного поворотного отвала англедозера;
- теоретическое и экспериментальное обоснование рациональных параметров англедозера с дополнительным упорным ножом;

-новое конструктивное решение,обеспечивающее курсовой устойчивости англедозера при боковой засыпке траншей для водопроводов.

**Практическая ценность работы** заключается в том, что принятая технология засыпки траншей при строительстве водоводов значительно улучшает производство работ и позволяет использовать англедозер с сохранением курсовой устойчивости при боковом перемещении грунта.

При использовании усовершенствованной технологии с применением англедозера, оснащенного с дополнительным ножом в ТОО «ПМК-46», в зависимости от вида и объема выполняемых земляных работ, ожидаемый годовой экономический эффект от 10 машин составляет 2213,0 тыс.тенге.

Физические модели рабочих органов англедозера с упорным ножом, методика изучения рабочего процесса подобного оборудования переданы на кафедру «Машины и оборудование» Таразского государственного университета имени М.Х.Дулати для использования в учебном процессе.

**Апробация работы.** Основные результаты работы и полученные результаты докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Европейська наука ХХІ столітт: смтратгія І перспективи розвитку-2006» (Днепропетровск, 2006), на Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного и конкурентоспособного развития агроинженерной науки на современном этапе»(г.Алматы, 2007), на Международном конгрессе «Транспортные и технологические машины, технологии и процессы в строительстве» ( г.Омск, 2007), на Международной научно-практической конференции (г.Тараз, 2008), на Международной научно-практической конференции «Научно-образовательный потенциал нации и конкурентоспособность страны» (г.Актобе, 2010 ).

**Публикации.** Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, составляющие содержание диссертационной работы освещены в 8 научных трудах, из которых 5 научных докладов - в сборниках Международных научно-практических конференции. В изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОиН РК опубликовано 3 научной статьи.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 125 наименований, 4 приложений. Текстовая часть изложена на 118 страницах компьютерного набора, иллюстрировано 47 рисунками, 11 таблицами и 99 формулой.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** изложена актуальность темы и обоснована необходимость усовершенствования и исследования технологии земляных работ при строительстве магистральных водопроводов,отмечены научная новизна и

практическая ценность полученных результатов, сформулированы основные защищаемые положения.

В *первом разделе* анализированы состояния и особенностей строительства магистральных водоводов и результаты ранее выполненных НИР по теме. Рассмотрены вопросы строительства и реконструкции водоводов и результаты патентно-информационного поиска по усовершенствованию конструкции бульдозеров и англодозеров с поворотным отвалом. Изложены пути решения поставленных задач.

Как показывает 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 2006-2010 годах программой охвачено 6190 сельских населенных пунктов, 47 малых городов, где требовалось улучшение водоводов и водопроводной сети.

Оказалось, что для выбора наиболее эффективных по стоимости и трудоемкости методов производства и механизации земляных работ по строительству водопроводов необходимо изучить и оценить прогрессивные технологии с применением комплекта машин, механизмов и транспорта. Особую роль играет эффективное выполнение процессов по перемещению грунта вдоль водовода и засыпки траншей с помощью бульдозеров и англодозеров. Однако, технические возможности существующих англодозеров не всегда соответствуют требованиям технологии производства земляных работ, особенно по части бокового перемещения грунта и сохранение курсовой устойчивости машины при засыпке траншей для водопроводов (рис.1).

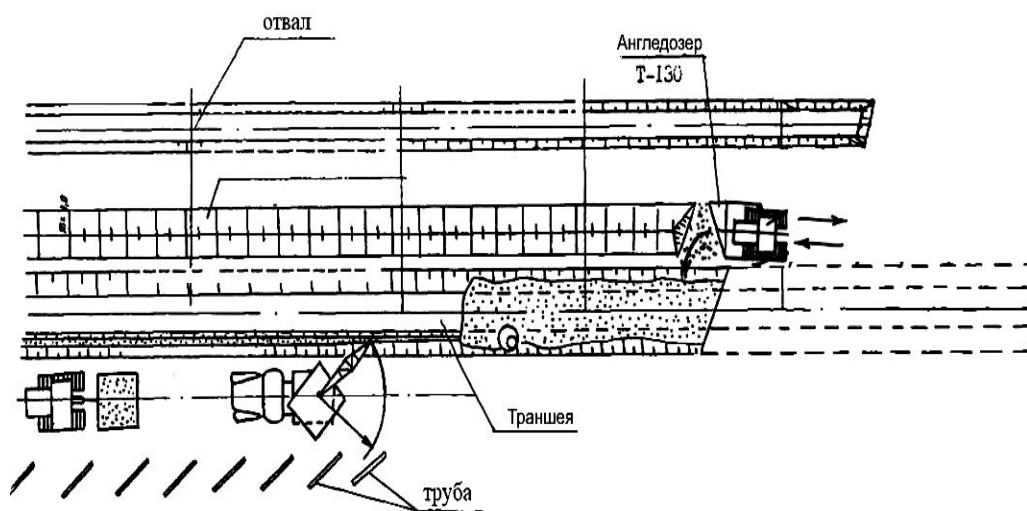


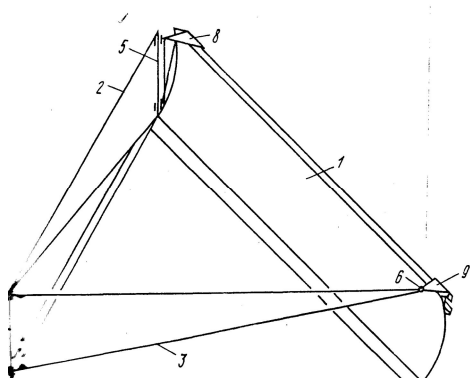
Рисунок 1- Схема боковой работы англодозера при обратной засыпке траншей для водовода

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.

Исследования, направленные на повышение эффективности механизации земляных работ преимущественно проводились в следующих научных институтах (ВНИИстройдормаш, ЦНИИС, НИИземмаш (РФ), АО «Дормаш»(г. Минск) и в высших учебных заведениях (МАДИ, МГСУ, СиБАДУ, ХАДИ (ТУ) и др). Из казахстанских ученых в этом направлении заслуживает внимание научные труды Р.А.Кабашева, Р.Н.Сурашова, С.М.Мырзашева, С.И.Шотанова, М.А.Абдигалиева, Ж.К.Касымбекова, Д.Н.Толымбек и др.

Как видно из анализа указанных работ и опыта эксплуатации, для того чтобы обеспечить нормальную работу и курсовую устойчивость англодозера, который перемещается вдоль берега траншей в продольном направлении, необходимо совершенствовать рабочий орган таким образом, чтобы он сохранял направление движения базовой машины при косом резании и перемещении грунта.

Конструктивно данный вопрос решается путем снабжения англодозера дополнительным ножом при одинаковых геометрических размерах отвала (рис.1).



1 – отвал, 2 - дополнительный нож, 3 и 5 - вертикальные шарниры, 6 – балка, 7 – укосина, 8 - шарнирное соединение

Рисунок 2 -Конструктивная схема (а) и общий вид (б)отвала англодозера с дополнительным ножом (заявка на иннов.патент 2010/0512.1).

Здесь, к отвалу 1 дополнительный нож 2 крепится посредством вертикального шарнира 3, а вторым концом - с помощью вертикального шарнира 5 к балке 6 и укосине 7. Балка 6 и укосина 7 посредством шарнира 8 соединены с отвалом. За счет такого исполнения, конструкция предлагаемого рабочего органа, в процессе работы, создает условия для разделения процесса копания грунта на резание грунта, которое осуществляется дополнительным ножом, и на перемещение его в сторону. Это обстоятельство снижает общее сопротивление копанию грунта (на

30...50%) и сохраняет курсовую устойчивость, так как исключается подъем срезаемого грунта по отвальной поверхности.

В конечном счете, предложенные пути решения вопроса ориентированы на обеспечения нормальной работы и курсовой устойчивости англодозера при перемещении и косом резании грунта в продольном направлении вдоль траншеи для укладки водопровода.

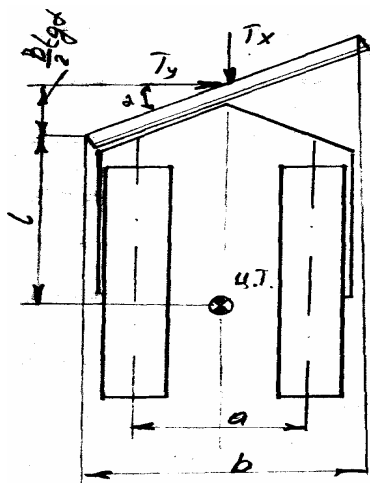
Во *втором разделе* описано теоретическое обоснование основных рабочих параметров англодозера и установление их взаимосвязи с условиями грунта. Рассмотрены методические вопросы по установлению взаимосвязи между технологическими и конструктивными параметрами англодозера и предпосылки моделирования процесса копания и перемещения грунта с использованием отвала с дополнительным упорным ножом.

Процесс взаимодействия рабочих органов с определенным углом

расположения отвала с разрабатываемой средой получил в научной

литературе название косоного резания и копания.

При этом, момент, удерживающий англодозер от разворота составляет



$$M_{уд} = 5 m \cdot \varphi_{сц} \cdot a, \text{ Нм} \quad (1)$$

где  $m$  - масса трактора, кг;  
 $\varphi_{сц}$  - коэффициент сцепления ;  
 $a$  - колея трактора, м

Момент, поворачивающий англодозера

$$M_{пов} = T_y \cdot (l + v \cdot \text{tg } \varphi_0 / 2), \text{ Нм} \quad (2)$$

Рисунок 3 - Расчетная схема англодозера без ножа

$T_y$  – боковая составляющая усилия копания, Н;

где

$l$  – расстояние от центра тяжести трактора до края отвала, м;

$v$  – ширина захвата отвала, м;



$\varphi_0$  - угол установки отвала в плане, град

Приравняв формулы (1) и (2) получим формулу для расчета боковой составляющей усилия копания

$$T_y = (5 \cdot m \cdot \varphi_{сш} \cdot a) / (l + v \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 / 2), \quad (3)$$

Горизонтальная составляющая усилия копания  $T_x$  для отвалов, имеющих угол резания  $55-60^\circ$ , определяется по формуле.

$$T_x = 74 \cdot T_y (\cos(\varphi_0 + 20)) / \sin 2 \varphi_0, \quad (4)$$

Устойчивость машины обеспечивается при условии

$$M_{нс} = M_{уд} \quad \text{или} \quad M_{нс} - M_{уд} = 0 \quad (5)$$

Определение углов установки дополнительного ножа усовершенствованного англодозера производим по расчетной схеме, показанной на рисунке 4.

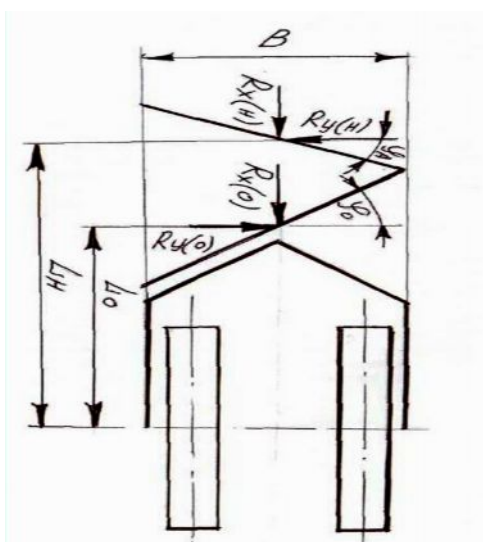


Рисунок 4 - Расчетная схема англодозера с дополнительным ножом

Наибольший угол установки  $\varphi_{n \max}$  устанавливаем исходя из курсовой устойчивости англодозера:

$$R_{y(n)} \cdot \ell_n - R_{y(0)} \ell_0 = 0. \quad (6)$$

$R_{y(n)}$  - поперечное сопротивление ножа,

$R_{y(0)}$  - поперечное сопротивление отвала;

$$\ell_n = \ell_0 + \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 + \frac{B}{2} \operatorname{tg} \varphi_n \quad (7)$$

$\varphi_0$  - угол установки отвала;

А наименьший угол  $\varphi_{n \min}$  - с учетом удерживающего момента от разворота при помощи ходового устройства

$$R_{y(0)} = R_{x(0)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0; \quad R_{y(n)} = R_{x(n)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_n$$

После подстановки этих значений уравнение (6) примет вид

$$R_{x(n)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_n \left( \ell_0 + \frac{B}{2} \operatorname{tg} \varphi_0 + \frac{B}{2} \operatorname{tg} \varphi_n \right) - R_{x(0)} \cdot \ell_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 = 0 \quad (8)$$

или

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{-R_{x(n)} \cdot \frac{B}{2} \pm \sqrt{\left(R_{x(n)} \frac{B}{2}\right)^2 - 4 \left[ R_{x(n)} \cdot \frac{B}{2} \left( R_{x(n)} \frac{B}{2} - R_{x(0)} \ell_0 \right) \operatorname{tg} \varphi_0 \right]}{R_{x(n)} \cdot B} \quad (9)$$

Для успешного движения англодозера должно выполняться условия

$$T_k \geq R_{x(0)} + R_{x(n)}$$

$T_n$  – номинальная тяговая сила англодозера, кН,  $R_{x(0)}$ ,

Приведенные математические выкладки показывают, что при моделировании процесса копания грунта с использованием усовершенствованного отвала и курсовой устойчивости англодозера необходимо исходить из условий, что при работе дополнительного ножа в плане должен изменяться в зависимости от изменения такого же угла отвала.

На основе выполненных обоснований составлена блок – схема и программа расчета угла установки дополнительного ножа в плане для машины ДЗ-109 на базе трактора Т – 130 класса 10 со определенной характеристикой. По данной схеме разработана программа экспериментальных исследований.

В третьем разделе описана кинематическая схема экспериментального стенда, приведена методика опытов на грунтовом канале и состав использованной контрольно-измерительной аппаратуры, а также изложены результаты проведенных исследований.

Экспериментальные исследования модели отвала англодозера с дополнительным упорным ножом, установленного в плане проводились на прямолинейном стенде физического моделирования рабочих процессов в лаборатории «Резание грунтов» кафедры «Машины и оборудование» ТарГУ имени М.Х Дулати (г.Тараз). Основными узлами стенда являлись: грунтовый канал, тензометрическая тележка, механический привод, пульт управления и комплекс измерительных приборов.

Грунтовой канал был выполнен в виде прямоугольного лотка размерами 800\*800\*6000 (рис.5). Несущая рама канала имеет пространственную форму, верхние пояса которой служат направляющими тензометрической тележки по которой она передвигается вдоль грунтового канала. Момент резания и и перемещения грунта показан на рис.6.

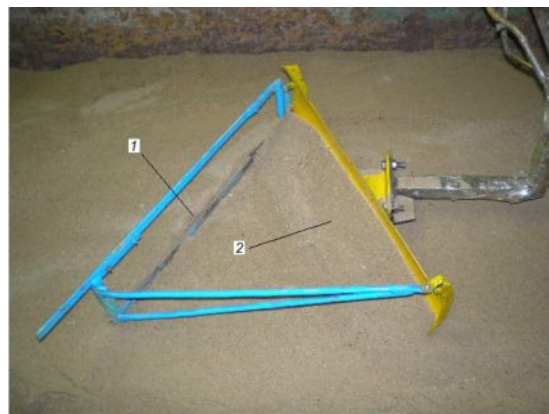
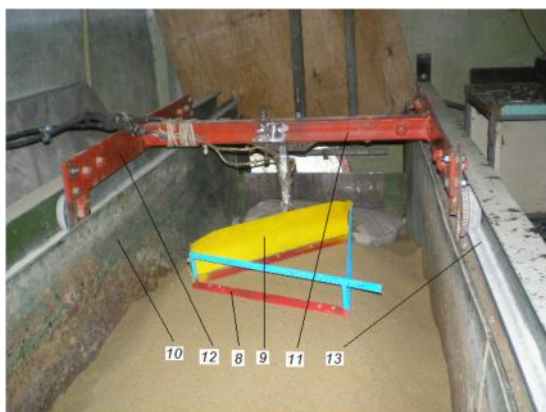


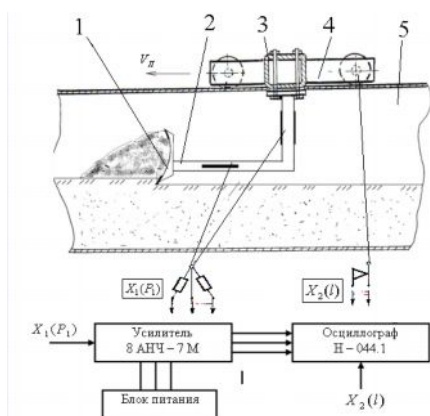
Рисунок 6. Резание грунта  
дополнительным ножом (1) и  
сдвигание призмы волочения  
отвалом (2) в сторону

8 - дополнительный упорный нож, 9 –  
отвал, 10 – боковая стенка, 11 – тележка,  
12 – рама тележки, 13 – направляющий

Рисунок 5. Общий вид  
экспериментального стенда

Тарировка тензометрического элемента, входящего в измерительную систему (рис.7), производилась путем подвешивания к нему эталонных грузов. Измерение глубины копания, параметров поперечного сечения грунта на участке с установившимся режимом работы выполнялось с помощью измерительного инструмента.

В ходе экспериментов прочность грунта поддерживалась в интервале  $C_m = 1-2$ , что соответствует прочности натурального грунта  $C_n = 5..8$ . Неизменными параметрами при исследованиях оставались угол резания реза, равный  $42^\circ$ , ширина снимаемой стружки, равная 0,08 м.



1 – отвал; 2 – Г-образная рама; 3 – поперечина; 4 - тележка; 5 – грунтовой канал.

Рисунок 7 -Схема измерительной системы при испытании отвала с  
дополнительным ножом резания (а) и тензометрический элемент (б).

В целом, методика экспериментальных исследований разработок грунта с физическими моделями отвала с дополнительным упорным ножом базировалась на принципах многофакторного анализа с использованием матриц рототабельного плана при четырех варьируемых факторах: угол

установки отвала в плане  $\varphi_n$ , угол установки дополнительного ножа  $\varphi_n$ , глубины копания  $h$ , скорости резания  $V_p$ . На основе этого был выбран четыре наиболее важных факторов определяющих протекание процесса и влияющих на значения функций отклика ( $P_1$  и  $P_2$ ):

$X_1(\varphi_o)$  – угла установки отвала в плане;  $X_2(\varphi_n)$  – угла установки дополнительного ножа в плане;  $X_3(h)$  – толщины снимаемой стружки(глубины резания);  $X_4(Vp)$  – скорости резания грунта отвалом. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

Обработка экспериментальных данных позволила получить регрессионные модели, определяющие зависимость функций отклика от варьируемых факторов:

для лобового усилия

$$P_1 = 47,25 + 2,37x_2 + 9,53x_3 - 2,38x_4 + 1,9x_1^2 - 3,44x_3^2 + 6,36x_4^2 - 1,78x_{14} - 3,57x_{24} - 2,68x_{34} \quad (10)$$

для бокового усилия

$$P_2 = 8,5 + 0,66x_1 + 0,66x_3 + 2,1x_1^2 + 1,85x_2^2 + 2,1x_3^2 + 1,35x_4^2 + 0,5x_{12} - 1,25x_{13} - 0,75x_{14} + 0,5x_{23} - 1,5x_{24} + 1,25x_{34} \quad (11)$$

Таблица 1 - Уровни факторов и интервалы варьирования.

Факторы	Уровни факторов					Интервалы варьирования
	-2	-1	0	+1	+2	
$X_1(\varphi_o)$ угол установки отвала, град	21	27	33	39	45	6
$X_2(\varphi_n)$ угла установки дополнительного ножа, град	15	20	25	30	35	5
$X_3(h)$ – глубина резания, мм	4	8	12	16	20	4
$X_4(\vartheta)$ , скорость резания м/с	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5

На рис. 8 показаны графики зависимости функции отклика ( $P_1$  и  $P_2$ ) от угла установки отвала в плане ( $\varphi_o$ ) и угла установки дополнительного упорного ножа ( $\varphi_n$ ). Как видно из этих графиков, зависимость лобового составляющего сопротивления копанию грунта ( $P_1$ ) от угла установки дополнительного ножа имеет переменный характер. В другом случае зависимость  $P_1$  от угла установки отвала в плане  $\varphi_o$  имеет линейный характер и в области исследованного диапазона (от  $21^0$  по  $45^0$ ) значение  $P_1$  постоянно возрастает.

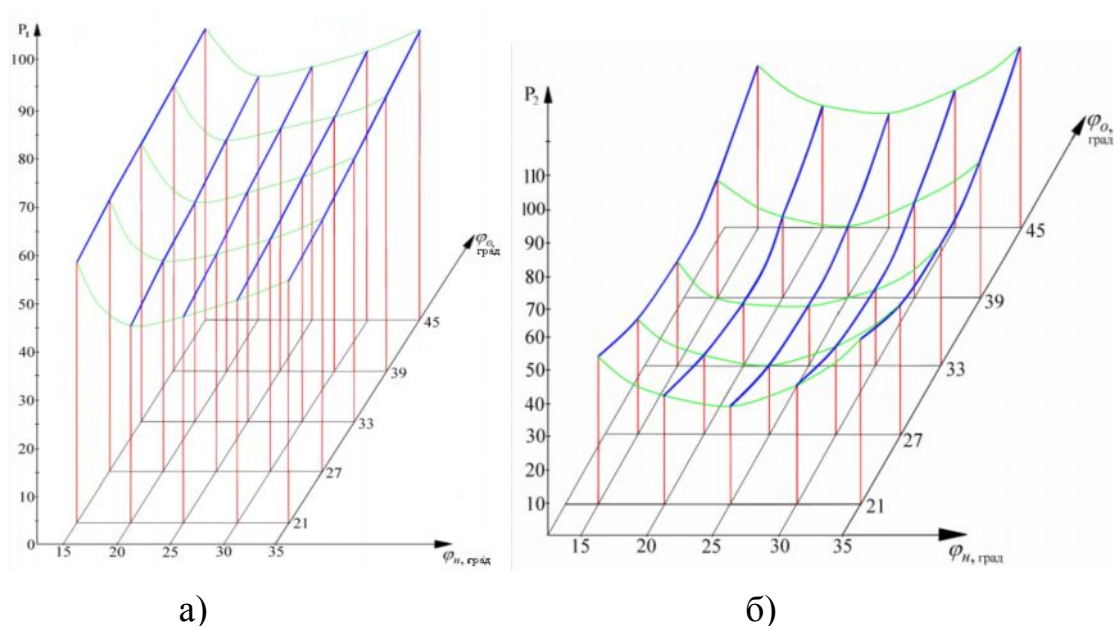


Рисунок 8 - Зависимости лобового  $P_1$  (а) и бокового  $P_2$  (б) усилия резания от угла установки отвала в плане ( $\varphi_o$ ) и дополнительного упорного ножа ( $\varphi_n$ )

Это объясняется слабым сдвиганием грунта вдоль отвала при малых углах установки отвала в плане  $\varphi_o$  и увеличением объема призмы волочения (при больших углах  $\varphi_o$ ) за счет роста длины отвала, которые способствует росту  $P_1$ .

Зависимость бокового составляющего сопротивления копанию грунта  $P_2$  от углов установки отвала в плане  $\varphi_o$  и дополнительного ножа  $\varphi_n$  представлены на рис.9. Здесь следует отметить, что  $P_2$  имеет четко выраженную область минимального значения при определенном диапазоне изменений значений  $\varphi_o$  и  $\varphi_n$ . Таким образом, при углах  $\varphi_o = 27^\circ \dots 39^\circ$  и  $\varphi_n = 20^\circ \dots 30^\circ$  наблюдается наименьшее значение  $P_2$ , что хорошо согласуется с результатами исследований предшествующих авторов.

В условиях наличия дополнительного упорного ножа на отвале зависимость лобового усилия резания  $P_1$  от скорости резания ( $g$ ) качественно совпадает с известными результатами исследований. В пределах исследуемого диапазона скорости резания значение лобового усилия резания  $P_1$  имеет незначительное изменение, что подтверждает сходство с результатами исследований академика В.П. Горячкина, где увеличение скорости ( $g$ ) в пять раз (с 0,4 до 2,0 м/с) привело к возрастанию всего на 12% сопротивления копанию грунта сельскохозяйственным плугом  $P_k$ .

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 ( $\varphi_o$ ), при его увеличении от  $21^\circ$  до  $45^\circ$ , 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 косою резания, которое обеспечивает снижение общего сопротивления копанью грунта. При дальнейшем увеличении значения этого угла оказывает на рост сопротивления копанью, так как при постоянной ширине захвата отвала ( $V=\text{const.}$ ) значительно увеличивается длина отвала.

В пределах угла установки отвала в плане  $\varphi_o=30^0\dots36^0$ , 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 косою копания грунта.

В зависимости от скорости резания ( $\vartheta$ ) боковое усилие резания  $P_2$  имеет характер снижения его значения при малых скоростях резания (рис.9), достигая минимального значения при  $\vartheta=1,2\dots1,6$  м/с, и при дальнейшем повышении скорости оно начинает возрастать.

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

При этом усилие резания  $P_2$  снижается, достигая минимума при  $h=8\dots14$  мм. Подобное качественное сходство наблюдается результатами работы Р.И. Тедера, где в условиях блокированного резания зависимость усилия резания от глубины резания угля при  $h=5\dots20$  мм рост усилия менее интенсивный.

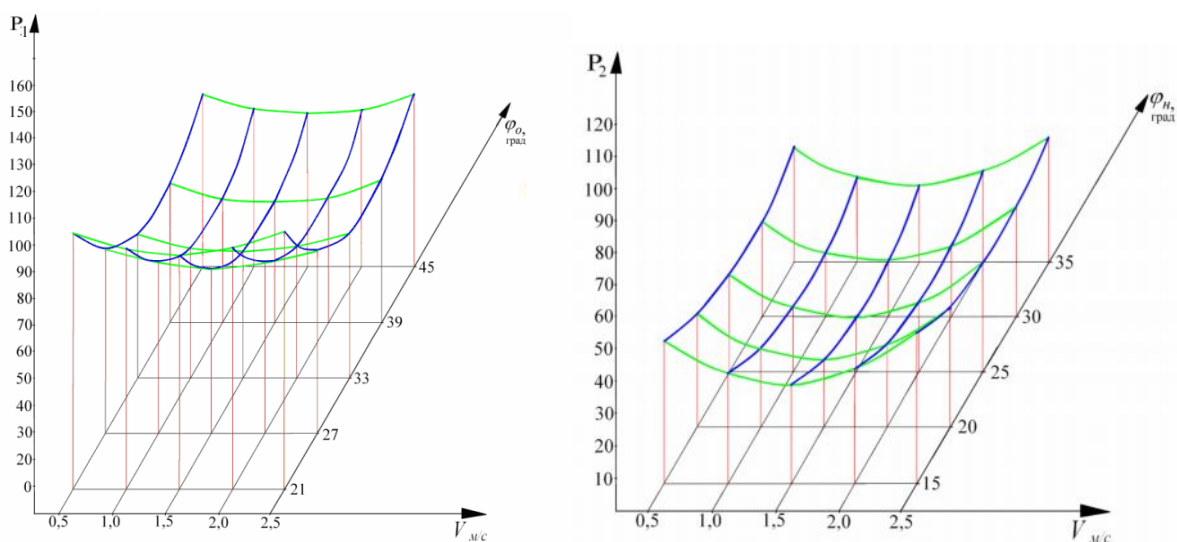


Рисунок 9 - Зависимости лобового  $P_1$  (а) и бокового  $P_2$  (б) усилия резания от угла установки отвала в плане ( $\varphi_o$ ) и скорости резания ( $\vartheta$ )

При дальнейшем увеличении глубины резания более 20 мм происходит асимптотическое возрастание значения усилия резания

**В четвертом разделе** изложены результаты производственных испытаний англодозера и технико-экономические показатели технологии.



Исследования процесса копания грунта с использованием англодозера с дополнительным упорным ножом на базе трактора Т-130.1.Г.1 (испытания) проводились летом 2009 года на территории аула Колтоган Жуалынского района Жамбылской области. Работы были совмещены с выполнением проекта по строительству нового водопровода для сельского населенного пункта. Протяженность водовода составляет 2,988 км, а разводящей водопроводной сети – 6,740 км

Измерение исследуемых параметров отвала производилось на установившемся режиме работы при помощи комплекта тензоаппаратуры, включающего блок питания, усилитель- 8АНЧ-7М и осциллограф – Н 044-1(рис.10 ).

В ходе испытаний установлено, что:

- бульдозерный отвал, оборудованный упорным ножом обеспечивает повышение производительности до 13...15% за счет увеличения объема призмы волочения и сохранения курсовой устойчивости;

- копание грунта влажностью 10-12% и прочностью  $C=2-3$  при увеличении отношения  $F_{np}/T_n$  до 0,5 и соответствующем изменении угла резания до 70 град. характеризуется возрастанием объема призмы волочения на 7-10%, дальнейшее увеличение  $F_{np}/T_n$  до 0,95 приводит к резкому снижению (рис.11).

- наиболее эффективным соотношением  $F_{np}/T_n$  является в пределах 0,35...0,5, в котором обеспечивается минимальный коэффициент динамичности(до 30%), создающий оптимальный режим нагружения рабочего органа и в целом англодозера.

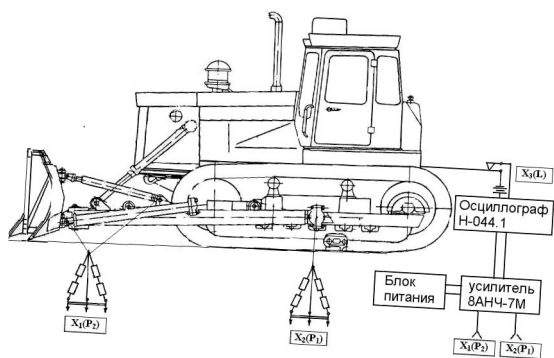


Рисунок 10. Схема измерений процесса копания и перемещения грунта

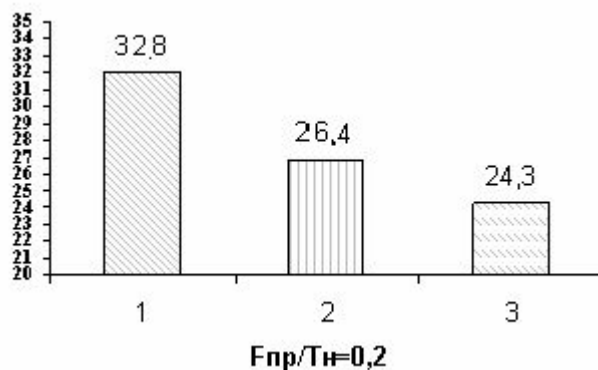


Рисунок 11. Диаграммы усилия копания и перемещения грунта англодозером

Рекомендовано, что при проектировании аналогичной машины следует исходить из того, что усовершенствования технологии земляных работ и рабочего органа была произведена в целях уменьшения габаритных размеров и обеспечения курсовой устойчивости англодозера с меньшей энергоемкостью.

Для расчета экономической эффективности проектируемого бульдозера с использованием ЭВМ были подготовлены следующие исходные данные :

- основные параметры сопоставляемых машин (новой и базисной техники);
- параметры характеризующие условия при которых ведется сравнение новой и базисной техники.

В качестве базисной техники принята серийно выпускаемый бульдозер ДЗ – 109 на базе трактора Т – 130, а в качестве новой техники – также бульдозер, оснащенный дополнительным упорным ножом

Экономический эффект определялся путем сопоставления приведенных затрат по базисной и новой технике в расчете на объем продукции, вырабатываемой новой техникой в течении срока службы. По специально составленной программе были последовательно установлены на ЭВМ годовая эксплуатационная производительность, капитальные затраты потребителя; годовые текущие затраты связанные с эксплуатацией техники(таблица 2).

Исходя из этих показателей был определен годовой экономический эффект от применения усовершенствованного варианта англодозера с дополнительным ножом, который равняется 0.225 млн. тенге на одну машин

Таблица 2.- Техничко-экономические показатели сравниваемых вариантов

№	Наименование показателей	Ед.изм.	ДЗ-109	
			БТ	НТ
1.	Техническая производительность	м <sup>3</sup> /час	60,0	69,0
2.	Балансовая стоимость	млн. тенге	5,03	5,06
3.	Текущие затраты	млн. тенге	1,32	1,33
4.	Себестоимость грунта	тенге/м <sup>3</sup>	28,9	25,4
5.	Энергоемкость	кВт·час/м <sup>3</sup>	1,1	0,96
6.	Металлоемкость	кг·час/м <sup>3</sup>	119,7	107,7

## ВЫВОДЫ

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



объемам. Механизация работ по засыпке траншей без уплотнения преимущественно (на 75-80%) осуществляется с помощью бульдозера;

2 Предложенные пути решения вопроса ориентированы на обеспечения нормальной работы и курсовой устойчивости англедозера при перемещении и косом резании грунта в продольном направлении вдоль траншей для укладки водопровода;

3 При моделировании процесса копания грунта с использованием усовершенствованного отвала и курсовой устойчивости англедозера необходимо исходить из условий, что при работе дополнительного ножа в плане должен изменяться в зависимости от изменения такого же угла отвала. На основе этого разработана математическая модель, адекватно описывающая процесса взаимодействия рабочего органа с грунтом;

4 Удельное сопротивление резанию имеет минимальное значение при угле установки ножа  $15...25^{\circ}$ . Наблюдается тенденция к возрастанию по мере увеличения угла установки ножа выше указанного предела и роста глубины резания;

5 Зависимость лобового составляющего сопротивления копанию грунта ( $P_l$ ) от угла установки дополнительного ножа имеет переменный характер. При минимальном значении угла  $\varphi_n$  ( $15^{\circ}$ ) наблюдается наибольшее значение  $P_l$ , что объясняется слабым влиянием дополнительного ножа на снижение сопротивления грунта копанию из-за малости угла его установки;

6 С увеличением значения угла  $\varphi_n$  происходит достаточно интенсивное снижение  $P_l$ , достигая наименьшего значения при угле  $\varphi_n = 20^{\circ}$ , которое можно объяснить проявлением эффекта косого резания грунта дополнительным ножом. При дальнейшем возрастании  $\varphi_n$  значение  $P_l$  начинает плавно расти, что связано с увеличением длины дополнительного ножа, которое оказывает влияние на рост сопротивления более существенно нежели снижение его за счет косого резания;

7 Опыты, проведенные в производственных условиях показали более высокую курсовую устойчивость англедозера в пределах рекомендуемых рациональных значений углов установки упорного и основного ножей отвала по сравнению с бульдозерами традиционной конструкции. При выполнении земляных работ, связанные срезанием и перемещением грунта вдоль по отвальной поверхности производительность англедозера повысилась на 15-20%;

8 Оборудование отвала бульдозера с дополнительным упорным ножом в указанных интервалах ( $F_{np}/T_n=0,35...0,5$ ) по сравнению с 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 Экономический эффект от внедрения в производство рекомендуемого англедозера, в зависимости от вида выполняемых работ и

производственных условий составляет 0.225-0,345 млн. тенге на одну машину.

**Оценка полноты решения поставленных задач.** Поставленная цель работы достигнута, а задачи исследований решены. Результаты исследований доведены до внедрения, что подтверждается актами внедрения.

**Разработка рекомендаций по конкретному использованию результатов.**

Разработаны рекомендации по проектированию и использованию англедозера с дополнительным упорным ножом при строительстве водоводов систем водоснабжения.

**Оценка технико-экономической эффективности внедрения.** Годовой экономический эффект от внедрения усовершенствованного англедозера составляет 0.225 млн. тенге на одну машину.

**Оценка технико-экономического уровня выполненной работы.** Техничко-экономический уровень выполненной работы вполне может конкурировать с зарубежными технологиями аналогичного характера, особенно в части повышение производительности и сохранение устойчивости машины при боковом перемещении грунта.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

- 1 Касымбеков Ж.К., Шотанов С.И., Мырзашев С. М., Абдигалиев М.А. Джусипов Т.С. Совершенствование конструкции рабочего органа бульдозера с поворотным отвалом // Вестник ТарГУ имени М.Х.Дулати. -Тараз, 2005. с. 35-44.
- 2 Мырзашев С. М., Абдигалиев М.А., Джусипов Т.С. Жаманбаев Б.У. Основные принципы создания строительно-транспортного агрегата универсального назначения// Материалы Между. научно-практи конф. «Европейська наука ХХІ столітт.-» Том 22. - Днепрпетровск, 2006.
- 3 Касымбеков Ж.К., Шотанов С.И., Джусипов Т.С. К методике расчета эффективного угла установки отвала и ножа землеройной машины// Материалы Международ. научно-практи. конф., КазНАУ-Алматы,2007.с.285-288.
- 4 Касымбеков Ж.К., Шотанов С.И., Абдигалиев М.А., Жусип Т.С. Влияние угла установки дополнительного ножа в плане на эффективность работы бульдозера// Труды Международного конгресса «Транспортные и технологические машины» -Омск, СибАДИ, 2007. с 14-18
- 5 Абдигалиев М.А., Мырзашев С М., Шотанов С.И., Токсамбаева Р.К., Джусипов Т.С., Бетжанова А.Ж. Определение угла установки дополнительного ножа в плане англедозера в зависимости от названного угла

отвала и грунтовых условий // Материалы международной научно-практической конференции г. Тараз 31.10.-1.11.2008- 2008.с 440-443.

6 Касымбеков Ж.К., Шотанов С.И., Абдигалиев М.А., Жусип Т.С., Токсамбаева Р.К. Влияние угла установки отвала в плане и дополнительного ножа на эффективность работы бульдозера с поворотным отвалом // Вестник КазНТУ имени К.Сатпаева, №3(79) -Алматы, 2010. с.165-168.

7 Абдигалиев М.А., Шотанов С.И., Жусип Т.С., Токсамбаева Р.К. Экспериментальный стенд для проведения лабораторных исследований рабочих процессов на физических моделях рабочих органов землеройных машин // Вестник ТарГУ имени М.Х.Дулата.-Тараз, 2010. с 253-257

8 Койбаков С.М., Абдигалиев М.А., Жусип Т.С., Токсамбаева Р.К. Технологические особенности землеройно-транспортных машин с дополнительным горизонтальным ножом перед отвалом // Международной научно-практической конференции «Научно-образовательный потенциал нации и конкурентоспособность страны».- Актобе, 2010 .с.45-49.

## Тұжырым

Жүсіп Талғат Сембекұлы

### Бас су құбырларын салу кезіндегі жер қазу жұмыстарын англедозерді пайдалану арқылы жетілдіру

05.23.04.-Сумен жабдықтау, канализация, су қорларын  
қорғаудың құрылыс жүйелері

*Зерттеу нысанасы* – сумен қамтамасыз ету жүйесінің бас құбырын салу және траншеяны жанамаалап көмуге арналған англедозер.

*Жұмыс мақсаты* – жер қазу және ысыру технологиясын англедозердің түзу бағытта жүруін қамтамасыз ету және функционалды мүмкіншілігін жақсарту арқылы жетілдіру, оның жұмыс істеу режимі кезіндегі тиімді параметрлерді анықтау.

*Жұмыс жүргізу әдістері.* Англедозердің жұмыс параметрлерін зерттеу топтамалық сараптама негізінде, жер қыртысын кесу теориясы мен тәжірбиені көп факторлы жоспарлау, физикалық моделдеу және эксперимент жүргізу арқылы атқарылады.

*Жұмыстың нәтижелері.* Бас құбырларды салу олардың көлемі, жағдайы мен салалықғы бойынша ерекшеліктеріні анықталады. Траншеяларды топырақпен көму жұмыстары көп жағдайда (75-80%) бульдозер көмегімен атқарылатыны көрсетілген.

Қарастырылып отырған сұрақтың шешімі англедозердің дұрыс жұмыс атқаруы мен оның траншея бойымен тік бағытта жүру мүмкіндігін қалыптастыруға бағытталған. Оның жұмыс жабдығының (қайырманьң) топырақпен әсерін білдіретін математикалық модель жасалған.

Жер қазуда келтіріген кедергінің ең төменгі мәні пышақтың 15-25о-қа орнатқанда болатындығы белгілі болған. Оны көбейткен кезде кедергі де артады.

Топырақты қазудың беткейгі кедергісінің  $P_1$  қосымша пышақтың орнату бұрышына байланыстытылығы тұрақсыз күйде болатыны анықталған.  $P_1$  -нің ең жоғарғы мәні орналасу бұрышы  $\varphi_0=150$ -ға тең болғанына сәйкес келеді. Бұл жағдайда бұрыштың азайған кезде қосымша пышақтың қазу кедергісіне онша әсер етпейтіндігімен түсіндіріледі. Орналастыру бұрышының көбеюі  $P_1$  –нің мәні төмендеп, ол  $\varphi_0=200$  –ға тең болғанда ең төменгі мәніне түседі, өйткені пышақпен топырақты қиғаш кесу процессі орын алады.

Өндірістік жағдайдағы өткізілген сынақ нәтижелері англедозердің белгіленген бұрыштар кезінде бағыттық тепе-теңдік сақталатындығы және оның бұрынғы машиналардан артықшылығы дәлелденді.

Жетілдірілген жұмыс жабдығы (қайырма) ( $F_{np}/T_n=0,35...0,5$ ) аралығында динамикалық коэффициентті 30% -ға төмендетелді, жұмыс істеу режимін жақсартады.

*Ғылыми-зерттеу жұмыстарын өндіріске енгізу қорытындысы.* Англедозерді қолдану арқылы жетілдірілген жер қазу технологиясын «ПМК-46» ЖШС-да қолданғанда, қазу, топырақ салу жұмыстарының әртүлілігіне байланысты бір жылдық экономикалық тиімділігі шамасы 1120 мың теңгеге дейін белгіленді. Англедозердің физикалық моделі мен құрастырылған әдістемелік М.Х.Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университетінің «Машиналар мен жабдықтар» кафедрасының оқу процесінде қолданылды.

*Пайдалану аймағы* - өндірістік және ауылшарушылық сумен қамтамасыз ету жүйелері.

*Экономикалық тиімділігі немесе ғылыми жұмыстың маңыздылығы-* өндіріске енгізілгендегі бір машинадан түсетін экономикалық тиімділік 0,225-0,345 млн. теңге аралығын құрайды.

*Зерттеу объектісін дамыту бойынша болжамдар.* Қарастырылып отырған технология алдағы уақытта, атқарылған зерттеулер негізінде, су құбырларын салу ерекшеліктеріне байланысты дамытылатын болады. Зерттеулер көрсеткендей, қосымша пышақты англедозер траншея бойымен бір бағытта қозғалғанда ол ауып кетпей, тепе-тең қалпын сақтайды және топырақты жанына қарай ысыру жұмыстары жақсарады.

## THE SUMMARY

ZHUSSIP TALGAT SEMBEKULI

### **Improvement of technology of excavations at building of the main water conduits with use the Bulldozer with a rotary sailing**

05.23.04 – Supply by water, the water drain, protection of water resources.

*Object of research* - building of the main water conduits and the Bulldozer with a rotary sailing for latera for to dig tranches a ground.

*The work purpose* - improvement of technology of excavations by increase of functionality and course stability the Bulldozer with a rotary sailing, an establishment of its rational parameters at various operating modes.

*Methodology of carrying out of work of Research* of working parameters the Bulldozer with a rotary sailing were spent on the basis of the system analysis, the cutting theory грунтов and multiple-factor planning of experiments, methods of physical modeling and carrying out of experiments as in laboratory, and under production conditions.

#### *Results of work*

It is established that building of the main water conduits differs the big variety both on character, and on conditions of their carrying out and volumes. Mechanization of works on for to dig tranches without consolidation mainly (on 75-80 %) is carried out by means of the bulldozer.

The offered ways of the decision of a question are focused on maintenance of normal work and course stability the Bulldozer with a rotary sailing at moving and slanting cutting of a ground in longitudina a direction along tranches for waterpipe packing. The mathematical model, adequately describing process of interaction of working body with a ground is developed.

Specific resistance to cutting has the minimum value at coal of installation of a knife 15 ... 250. The tendency to increase in process of increase in a corner of installation of a knife above the specified limit and growth of depth of cutting is observed;

Dependence of front making resistance to ground digging (P1) from a corner of installation of an additional knife has variable character. At the minimum value of a corner (150) the greatest value P1 that speaks weak influence of an additional knife on decrease in resistance of a ground to digging because of малости a corner of its installation is observed.

To increase in value of a corner there is intensive enough decrease P1, reaching the least value at coal = 200 which it is possible to explain display of effect of slanting cutting of a ground by an additional knife.

The experiences spent under production conditions have shown higher course stability the Bulldozer with a rotary sailing within recommended rational values of

corners of installation of persistent and basic knives of a sailing in comparison with bulldozers of a traditional design.

The equipment of a sailing of the bulldozer with an additional persistent knife in the specified intervals ( $Fnp/T_H=0,35 \dots 0,5$ ) in comparison with traditional working body essentially improves working conditions and reduces factor of dynamism to 30 %.

*Results of introduction of research work*

At use of advanced technology with application the Bulldozer with a rotary sailing, equipped with an additional knife in Open Company "PMK-46", depending on a kind and volume of the carried out excavations, expected annual economic benefit has made 1120 thousand tenge.

Physical models of working bodies the Bulldozer with a rotary sailing with a persistent knife, a technique of studying of working process of the similar equipment are transferred to chair «Cars and the equipment» Tarazsky state university of a name of M.H.Dulati, for use in educational process.

Scope – systems of industrial and agricultural water supply.

*Economic efficiency or the importance of work*

Economic benefit of introduction in manufacture recommended the Bulldozer with a rotary sailing, depending on a kind of carried out works and working conditions makes 0.225-0,345 million tenge on one car.

Look-ahead assumptions of development object researches

Further the technology of excavations used at building of waterpipes will be improved taking into account the received results at research. The accepted technology for to dig trenches at building of water conduits considerably improves manufacture of works and allows to use the Bulldozer with a rotary sailing with preservation of course stability at lateral moving of a ground.