

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт Энергетики и машиностроения

Кафедра Технологические машины и транспорт

Батырбек Шыңғыс Ерланұлы

Модернизация бульдозера с поворотным отвалом на базе трактора Т-170

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 6В07108 – Транспортная инженерия

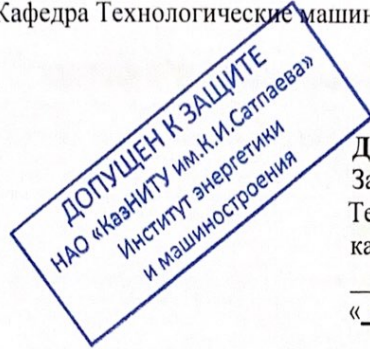
Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»


Институт Энергетики и машиностроения

Кафедра Технологические машины и транспорт



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
Технологические машины и транспорт
кандидат технических наук


Бортебаев С.А.
«12» 06 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Модернизация бульдозера с поворотным отвалом на базе трактора Т-170»

6В07108 – Транспортная инженерия

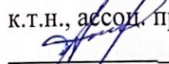
Выполнил



Батырбек Ш.Е.

Рецензент

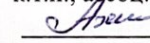
к.т.н., ассоц. профессор

 Ундербаев М.С.

«13» июня 2023г.

Научный руководитель

к.т.н., ассоц. профессор

 Ахметова Ш.Д.

«12» июня 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт Энергетики и машиностроения

Кафедра Технологические машины и транспорт

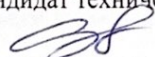
6В07108 – Транспортная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

«Технологические машины и транспорт»

Кандидат технических наук

 Бортебаев С.А.

« 28 » 11 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Батырбек Шыңғысу Ерланұлы

Тема: «Модернизация бульдозера с поворотным отвалом на базе трактора Т-170»

Утверждена приказом Ректора Университета за № 408-П-Ө от 23.11.2022

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе: Разработка конструкции рабочего оборудования для
повышения степени механизации погрузочных работ

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Обзор существующих конструкций в научно-технической литературе.
- б) Анализ научно-технической и патентной литературы.
- в) Описание выбранной конструкции
- г) Расчетная часть.

Перечень графического материала: представлены 12 слайдов презентации работы, 5
чертежей формата А1(общий вид, сборочный чертеж, патентное исследование, подборка,
рабочие чертежи)





Рекомендуемая основная литература: из 22 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ научно-технической и патентной литературы	1.03.2023 г. - 16.03.2023 г.	выполнено
Чертежи общего вида, рабочего оборудования	26.03.2023 г. - 15.04.2023 г.	выполнено
Расчетно - конструкторская часть	20.04.2023 г. - 5.05.2023 г.	выполнено
Чертежи разработанного узла, патентный лист, детализовка	6.05.2015 г. - 18.05.2023 г.	выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ научно-технической и патентной литературы	Ахметова Ш.Д. Кандидат технических наук, ассоциированный профессор	30.05.2023г.	
Чертежи общего вида, рабочего оборудования	Ахметова Ш.Д. Кандидат технических наук, ассоциированный профессор	02.05.2023г.	
Расчетно - конструкторская часть	Ахметова Ш.Д. Кандидат технических наук, ассоциированный профессор	03.05.2023г.	
Нормоконтроллер	А.Т. Альпеисов Кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор	05.05.2023г.	

Научный руководитель _____



Ахметова Ш.Д.

Задание принял к исполнению обучающийся _____



Батырбек Ш.Е.

Дата

" 23 " ноября 2022 г.

ВВЕДЕНИЕ

С быстрыми темпами развития строительной индустрии использование землеройных машин имеет большой спрос. Каждый день возрастают требования относительно строительных машин, и поэтому производителям строительной техники приходится придумывать и создавать более эффективные и более функциональные землеройные машины.

Одним из таких землеройных машин можно выделить бульдозер – это трактор базовой комплектации, на который устанавливается навесное оборудование. Его применяют для различных работ, например, ремонтные работы и строительство дорог, перемещение полезных ископаемых или грунтов, послойное копанье и так далее. Для улучшения качества и эффективности работ бульдозера, производители модернизируют и улучшают комплектацию машин, что приводит к более качественным работам.

Но даже такие действия, как модернизация и улучшения строительных машин, все же остается открытым вопрос о повышении его универсальности.

Цель моей дипломной работы показать модернизированную версию бульдозера с поворотным отвалом на основе обычного трактора Т-170, с десятым классом тяги. В основном разделе описан патентный анализ для определения лучшего варианта, который придаст бульдозеру наибольшую работоспособность и выгодность.

1 Общая часть

1.1 Литературно – патентный анализ

В связи с быстрорастущим спросом в сфере земляных работ, становится важным увеличение работоспособности и эффективности строительных машин.

В основном этого добиваются путем использования материалов с высоким индексом прочности и лучшей выносливостью, и минимальной стоимостью, также использование новшеств, внедрение в эксплуатацию машин с широким спектром производительности. Внедрение данных вариантов становится возможным за счет увеличения скорости исследований и уменьшения времени на реализацию в деле. Для того чтобы увеличить производительность процесса работы, необходимо использование качественных и прочных станков с большей функциональностью.

Для улучшения качества работ землеройных машин возможно использование двух вариантов: модернизирование уже имеющиеся техники либо создание совсем новой техники и ее органов на основе создания научных изобретений.

А теперь исследуем отвалы, которые используются на данный момент в больших бульдозерах. Основные из них это:

- неповоротный (полусферический, сферический, прямой);
- поворотный прямой.

Помимо вышеперечисленных, существуют также отвалы спец назначения, и они изготавливаются такими фирмами, которые не имеют отношение к тракторной технике - «Rimco», «Balderson», «Rome» и тому подобное.

Еще можно отметить такие фирмы как Caterpillar, Fiat-Kobelco, Komatsu и прочее, которые специализируются на выпуске специальных отвалов – кусторезные, уменьшенные по ширине отвалы SU и S либо увеличенные по высоте SU, а также рекультивационные и буферные.

Один из видов отвала, такой как буферный используется для толкания скрепера в процессе внедрения в природу. Он состоит из прямого короткого отвала со стальной пластиной, у которого нет механизма прекоса. Поглощение ударов, возникающие при соприкосновении пластины с буфером скрепера происходит за счет резинового амортизатора подвесок отвала. Большой вклад в использовании он несет, где используются бульдозерные работы в процессе толкания. Такие отвалы выпускаются фирмами «Komatsu» и «Caterpillar» (рисунок 1).

Для снятия верхних слоев почв, перемещения и складирования их, в основном используют отвал рекультивационный. Имеющаяся его форма, за счет увеличения ширины и радиуса кривизны переднего листа, помогает лучше использовать его в работе перемещения материала и оставляет за собой след волочения. Такие отвалы в своем производстве имеют фирмы как «Balderson» и «Caterpillar».



Рисунок 1 – Бульдозер фирмы «Komatsu»

В таких предприятиях как лесоперерабатывающие в основном имеют в своем арсенале угольные отвалы и для щепы, еще их используют для складирования в рудных дворах. Такие отвалы обладают сферической формы с увеличением в ширине гидрперекосом. И они производятся в компаниях «Caterpillar», «Liebherr», «Dressta» и «ЧТЗ-Уралтрак».

Торфянные отвалы используются, где необходимо переместить торф, а именно на мелиоративных полях.



Рисунок 2 – Виды специальных отвалов

Таи, где необходима застройка и нужна расчистка зарослей мелких кустарников можно использовать кусторезный отвал V-образной формы, который производится на фирмах «Caterpillar» и «Komatsu».

Существующие отвалы–корчеватели делятся на два типа:

- решетчатого типа с зубьями;
- зубьями, скрепленные с лобовым листом прямой формы.

Они в основном используются для выкапывания объёмных камней, валунов, а также пней, и транспортируются на недалекие расстояния.

Главным критерием в производительности и достижения результата, осуществляется за счет точного выбора строительного оборудования. Необходимо сначала сделать анализ использования того или иного отвала в копании грунта, его скорость и другие показатели. Основным возможным показателем копания грунта является отношение тягового усилия к длине отвала. Если значение увеличивается, следовательно, увеличивается прочность самого грунта.

Некоторые характеристики, такие как тяговое сцепление, зависят от таких моментов как, эксплуатационная масса, трансмиссия, конструкция ходовой гусеничной части. На самом производстве имеет значение скоростные показатели, которые описывают время цикла бульдозера. Если значение уменьшается, то увеличивается скорость рабочего перемещения и транспортного, и это оказывает прямое действие на производительность бульдозера.

Для оценки выбора отвала, чтобы переместить грунт с максимальной скоростью, необходимо учитывать мощность двигателя, что определяется отношением одного кубического метра грунта, расположенного в призме волочения. Скорость транспортного движения, в основном задний ход, соответствует времени возвращения бульдозера в начальное положение.



Рисунок 3 – Виды отвалов

Компания «Dressta» разработала новшество в ходовой части бульдозеров, а именно использовала разъемные звенья в гусеничной цепи. Само звено составляет две части, и они соединены болтами, которые можно легко снять при установке и ремонте цепи, что облегчает и экономит время.

Японская компания «Komatsu» сделала некоторые доработки в своих моделях. Новая модель Komatsu D275A пятой серии заменила своих предшественников D275A-2 и D355A-3. Также у них имеется модель D61E-12 (рисунок 4).

В конструкции строительных моделях внедрены такие технические данные как, соответствие стандартам EURO-6 по выхлопу силового агрегата, улучшенная максимальная производительность бульдозеров по

эргономическим показателям рабочего места оператора, а также модернизирование системы управления.



Рисунок 4 – бульдозер Komatsu D275A-5

Немецкая компания «Liebherr» сохранила свои модели бульдозеров, за исключением бульдозера PR751M, снятый с производственной линейки (рисунок 5).



Рисунок 5 – Бульдозер с устройством рыхления фирмы «Liebherr»

Бульдозер фирмы Четра модели T11 выполнен по обычной конструкции, похожая на модульную схему, внутри которой есть двигатель, выпущенный ярославским моторным заводом, гидродинамическая трансмиссия с планетарной коробкой переменных передач, переключающаяся на ходу, ходовое оборудование с семи катковой гусеничной тележкой и жесткой подвеской, а также широкие рабочие башмаки – 910 мм (рисунок 6).



Рисунок 6 – Бульдозер фирмы Четра Т11

Американская компания «John Deere» выпускает модели бульдозеров 1050J, в котором находится надежный двигатель немецкой компании «Liebherr» марки D92T1 с мощностью 250 кВт и усовершенствованным отвалом емкостью до 7,21 м³ (рисунок 7). Он отличается высокой манёвренностью и скоростью перемещения. Максимальная скорость его равна 10,9 км/ч.



Рисунок 7 – Бульдозер американской фирмы «John Deere»

Впервые по производству отечественных строительных машин с гидростатической трансмиссией хода начал ЗАО «Челябинские строительно-дорожные машины». С конвейера сошли две наиболее усовершенствованные версии, которые используются и по сей день - ДЗ-240С и ТС-10, которые можно отнести к 10 и 8 классу тяги, с однозубым рыхлителем, параллелограммной подвески. На данных бульдозерах используются всем известные двигатели ЯМЗ. Гидростатическая трансмиссия это привод, принцип работы которого независим и состоит из гидронасоса и гидромотора, расположенный на каждом борту ходовой части, а также отдельной гидросистемы навесного

оборудования. В данных гидросистемах используют Салаватгидромаш или Rexroth. Максимальная скорость равна 9,5 км/ч назад и вперед.

Вышеупомянутые бульдозера свыше десятого тягового класса изготавливаются на заказ для эксплуатации в экстремально холодных условиях. Они оснащены арктическим пакетом с обогревом, разогревом и утеплением, у каждой компании он свой, что позволяет быстро запустить силовой агрегат и гидронасос, если они долго находились в неиспользованном состоянии.

Патентный анализ показывает, что есть разные виды бульдозеров с поворачивающимся отвалом, цель которых заключается в расширении способов использования модификации бульдозера. Основные принципы этих новшеств заключены в дополнении к существующим поворотным отвалам новых механизмов, что помогают расширить возможности данного оборудования.

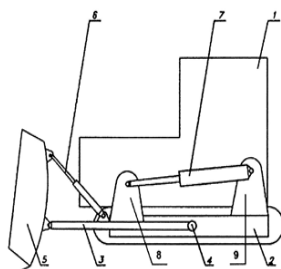
RU 175 265 U1
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Репин Сергей Васильевич, Бобылев Никита Владимирович, Рулис Константин Витовтович, Зазыкин Андрей Вячеславович.

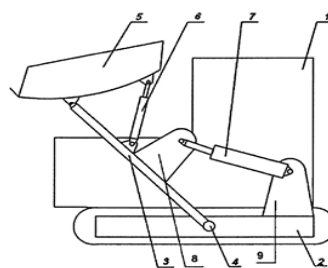
Данную полезную модель можно отнести к землеройной технике, в данном случае к бульдозерам, она также может быть использована для перемещения грунта в самосвал.

Техническим результатом заявленной полезной модели можно назвать возможность погрузки материала в транспорт с помощью увеличения высоты подъема отвала.

Бульдозер-погрузчик, имеющий отвал с открылками, брусья толкающие, гидроцилиндры поворота отвала, а также два гидроцилиндра для подъема отвала, вдобавок он снабжен двумя парами кронштейнов, которые имеют свои собственные первый и второй кронштейны, при этом одна пара смонтирована слева относительно трактора, а другая справа, первый кронштейн обеих пар на толкающих брусьях в то время, как второй кронштейн обеих пар расположен на ходовой раме самого трактора, при всем этом первый кронштейн обеих пар имеет соединение со вторым кронштейном той же пары с помощью одного гидроцилиндра подъема отвала.



Фиг. 1



Фиг. 2

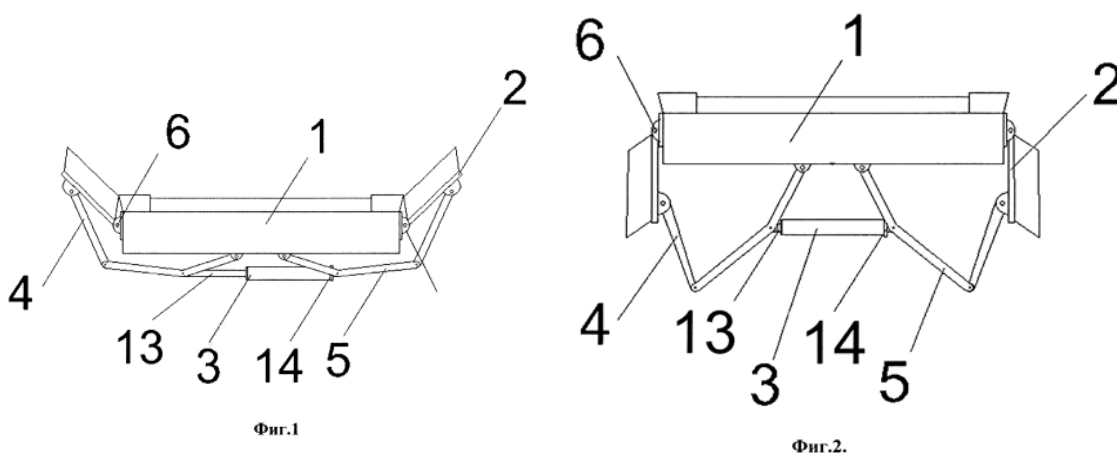
RU 175 353 U1
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Репин Сергей Васильевич, Грушецкий Станислав Михайлович, Орлов Денис Сергеевич, Борисова Виктория Игоревна.

Данную полезную модель можно отнести к машинам для выравнивания и планировки поверхности грунта, она также может быть использована в сельском хозяйстве и строительстве.

Задача, которую решает полезная модель, является улучшением конструктивных особенностей рабочей машины с точки зрения технологичности исполнения работ по перемещению грунта, в частности сокращение потерь грунта при перемещении.

В рабочем оборудовании бульдозера, который включает в себя отвал с боковыми открылками, силовой гидроцилиндр и рычажную систему поворота открылок, открылки установлены с возможностью перемещения в вертикальной плоскости: вниз – посредством установки в рабочее положение, вверх – посредством возврата в нерабочее положение. Чтобы получить желаемый результат шарнир поворота открылок снабжают втулками, которые имеют винтовые пазы, в свою очередь закрепленными на боковине отвала в то время, как открылки расположены на оси, которая вращается внутри втулок и снабжена пальцами, перемещающимися по винтовым пазам втулок. Сам же силовой гидроцилиндр закреплен на вышеназванной рычажной системе поворота открылков, которая шарнирно установлена на отвале.

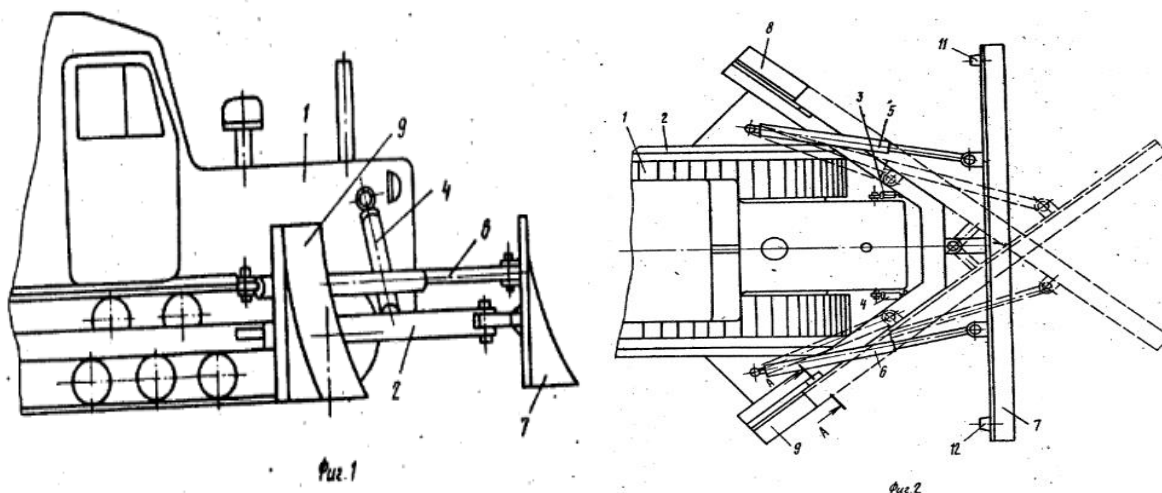


SU 1062349 A
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Якутис П.П., Токарев И.И., Кутра С.Й.

Изобретение можно отнести к землеройным машинам, в данном случае к бульдозерам, имеющим поворотный отвал. Известны бульдозеры, включающие отвал, базовую машину, толкающую раму, гидроцилиндры поворота и подъема

отвала. Однако увеличенная длина поворотного отвала сокращает возможности бульдозеров при транспортировке грунта лобовым толканием. Также известен бульдозер, который включает в себя поворотный отвал, базовую машину, охватывающую толкающую раму и концевые удлинители отвала, которые шарнирно крепятся к отвалу и при надобности можно убрать за отвал. Надобность в специальном переоборудовании рабочей машины из прямой в поворотную с помощью установки концевых удлинителей, а связанные с этим потери во времени сокращают производительность известных бульдозеров при исполнении таких работ, когда нужны бульдозеры как с поворотным, так и с прямыми отвалами, например, при засыпке образовавшихся в ходе работы траншей, которые открыты под укладку дренажных труб, а также при подготовке трасс с целью открытия этих траншей, которая включает в себя засыпку кюветов и ям, разравнивание поверхности и прочие. Целью данного изобретения является повышение производительности рабочей машины и расширение его функциональных и технологических возможностей. Достижение этой цели стало возможным благодаря тому, что в бульдозере, который включает в себя охватывающую толкающую раму, базовую машину, поворотный в плане отвал, гидроцилиндры подъема и поворота, концевые удлинители. Концевые удлинители поворотного отвала закреплены неподвижно на охватывающей раме и смонтированы под углом один к другому с вершиной, которая расположена перед базовой машиной с учетом того, что дистанция между задними концами удлинителей не превышает длину отвала.



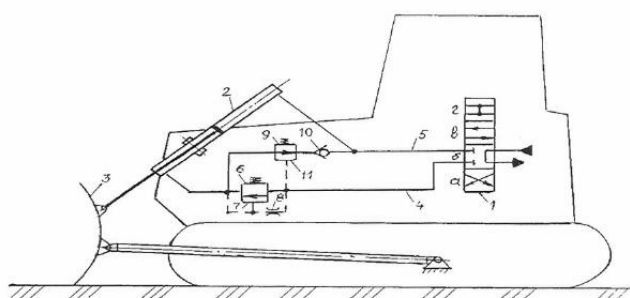
KZ 21012 A4
МПК E02F 9/22

Автор(ы): Куанышев Ганижан Имранович.

Изобретение можно отнести к машиностроительной отрасли, а именно к гидравлической системе управления строительно-дорожных машин, а также может быть эксплуатировано в бульдозерах в лице гидропривода управления

отвала. Задачей данного изобретения является уменьшение времени задержания отвала на поверхности материала при его опускании с помощью перепуска выходящей из штоковой полости гидроцилиндра рабочей жидкости в поршневую. Более того предлагаемая конструкция, принадлежащая быстродействующему клапану, обеспечивает минимальные энергозатраты благодаря установке в линии управления клапанами дросселя.

Для этого клапан установлен в гидролинии, у которого полость управления связана с его входом и выходом через дроссель. Клапан входом имеет связь с выходом клапана в то время, как выходом – с гидролинией через обратный клапан. Полость управления клапана связана с входом клапана.



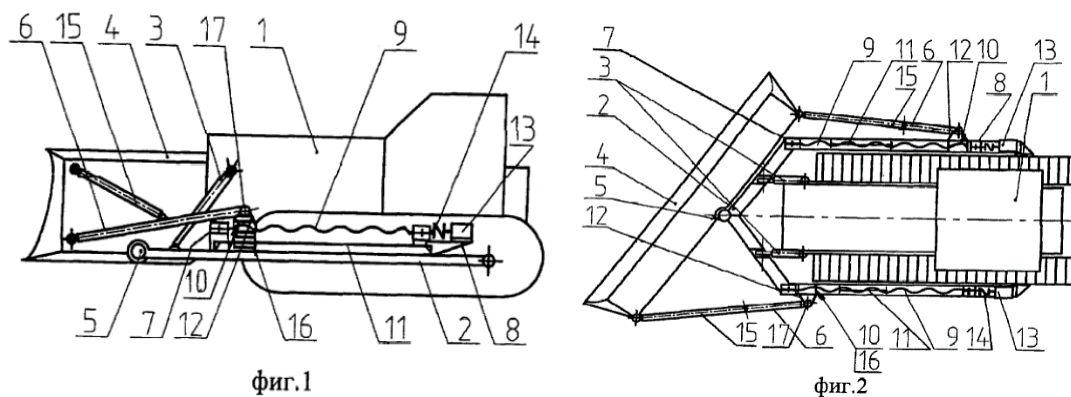
Фиг. 1

RU 2 372 446 C2
МПК E02F 9/22

Автор(ы): Шаповалов Александр Иванович, Гришко Владимир Викторович.

Изобретение можно отнести к дорожному и строительному машиностроению, в частности к землеройно-транспортным машинам бульдозерного типа с поворотным отвалом. Техническим результатом являются надёжность и компактность механизма, отвечающего за изменения положения отвала в полкосте вращения с предоставлением бесступенчатого регулирования углов резания, рационального угла поворота и поперечного перекоса отвала. Сам же бульдозер включает в себя базовую машину и установленную толкающую раму с отвалом поворотным, соединенную с базовой машиной с помощью упряжных шарниров цилиндров опускания и подъема. В свою очередь, толкающая рама соединена с отвалом боковыми толкателями и центральным сферическим шарниром. Боковые толкатели состоят из продольных тяг в паре с ползунами, выполненными с возможностью опоры и транспортировки на направляющих, закрепленных на раме толкающей. В свою очередь, боковые толкатели исполнены в виде верхних и нижних тяг. Верхние тяги исполнены в виде двухсторонних отдельно управляемых гидроцилиндров, имеющих сферические шарниры, их соединения с нижними тягами толкателей и отвалом. Ползуны толкателей, имеющие гайки и кинетически связанные с

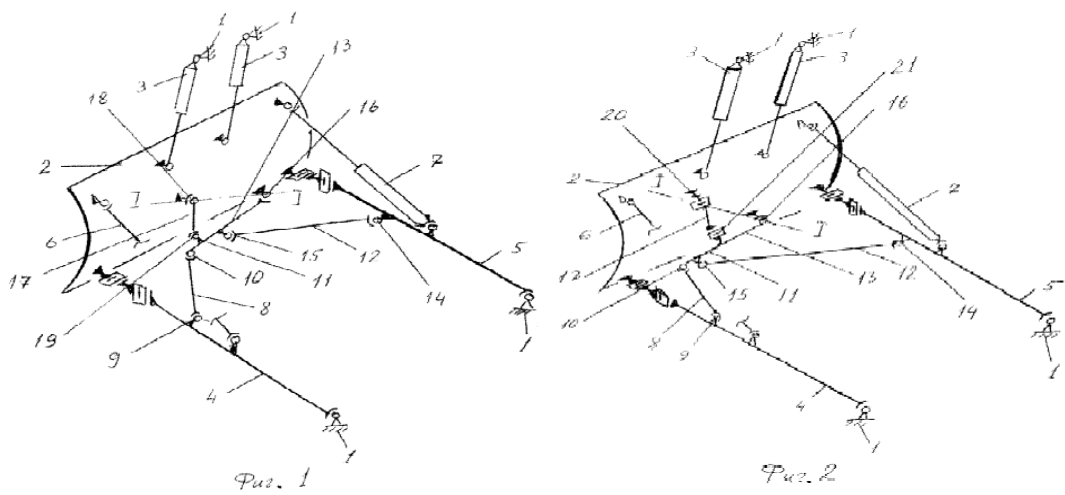
двумя ходовыми винтами, имеющие свойство самоторможения и находящимися на толкающей раме с приводом, связанным с реверсивными индивидуально управляемыми гидромоторами, с возможностью вращения в разные стороны.



RU 2 403 345 C1
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Савельев Андрей Геннадьевич, Дзюбан Екатерина Викторовна, Горелый Евгений Анатольевич.

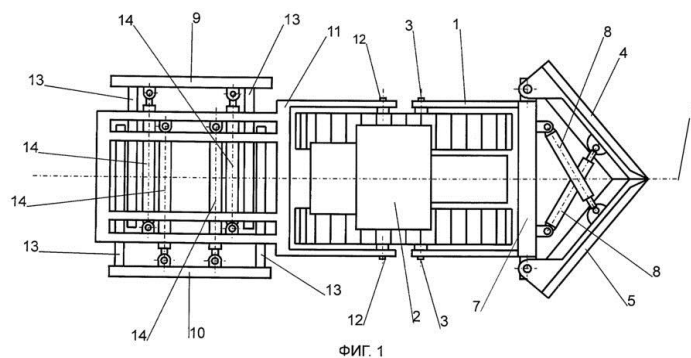
Данное изобретение можно отнести к землеройно-транспортным машинам, а также оно может быть применено на бульдозерах. Техническим результатом является повышение надежности рабочей машины и усилий разработки грунта, вдобавок это чревато повышением производительности. Бульдозер состоит из базовой машины, отвала, гидроцилиндров подъема-опускания отвала, соединённых с базовой машиной и отвалом, толкающие брусья. Гидрораскос и раскос шарнирно соединены с отвалом и толкающими брусьями. Первая распорка шарнирно прикреплена ко второй распорке и толкающему брусу. В свою очередь, вторая распорка исполнена из двух тяг с установленными шарнирами крепления. Первая тяга, относящаяся к второй распорке, соединена шарнирно со второй тягой второй распорки и вторым толкающим брусом. Бульдозер имеет дополнительную тягу, расположенную негоризонтально, и шарнирно соединенную со второй тягой второй распорки и отвалом. Тяга второй распорки шарнирно соединена вторым концом с отвалом, соединяющие шарниры дополнительной тяги первой и второй распорок исполнены сферически. Соединяющие шарниры дополнительной тяги иногда выполняют цилиндрическими с радиальными зазорами.

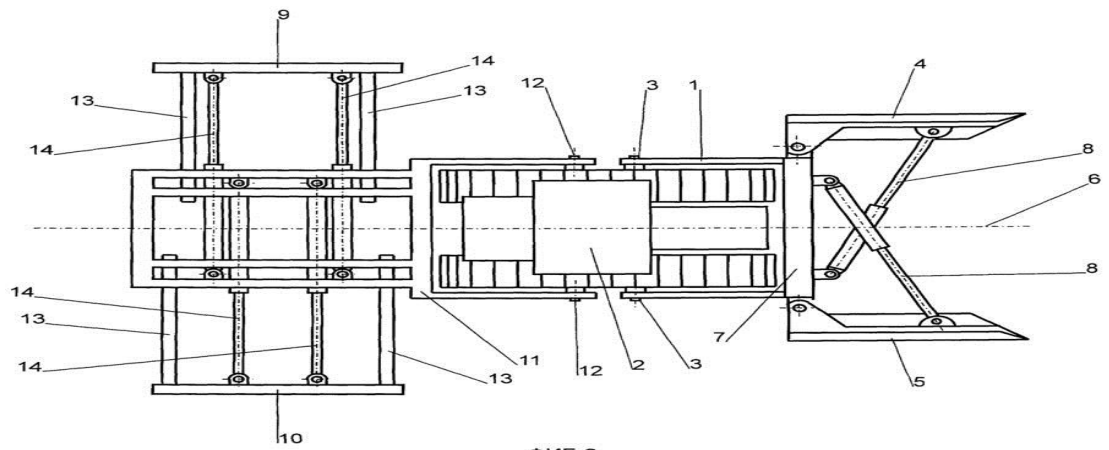


RU 2 468 153 C2
 МПК E02F 3/76

Автор(ы): Минаев Всеволод Иоакимович, Червяков Владимир Данилович.

Данное изобретение можно отнести к области строительства, а именно к устройствам для транспортировки материала. Техническим результатом данное исследование является повышение производительности проводимых рабочей машиной работ при одновременном снижении энергоемкости процесса транспортировки материала. Бульдозерное оборудование состоит из основного и дополнительного рабочих органов. Основной рабочий орган исполнен с двумя отвальными секциями, расположенными симметрично относительно горизонтальной оси толкающей рамы, и с механизмами для транспортировки отвальных секций по горизонтальной плоскости. Между отвальными секциями основного рабочего органа и поперечной балкой толкающей рамы образуется в плане равнобедренный треугольник, который имеет вершину, расположенную на оси симметрии толкающей рамы. Однако дополнительный рабочий орган исполнен в виде двух отвальных секций с возможностью транспортировки последних в направлении, поперечном оси симметрии толкающей рамы. Секции отвалов дополнительного рабочего органа расставлены симметрично относительно оси симметрии толкающей рамы.



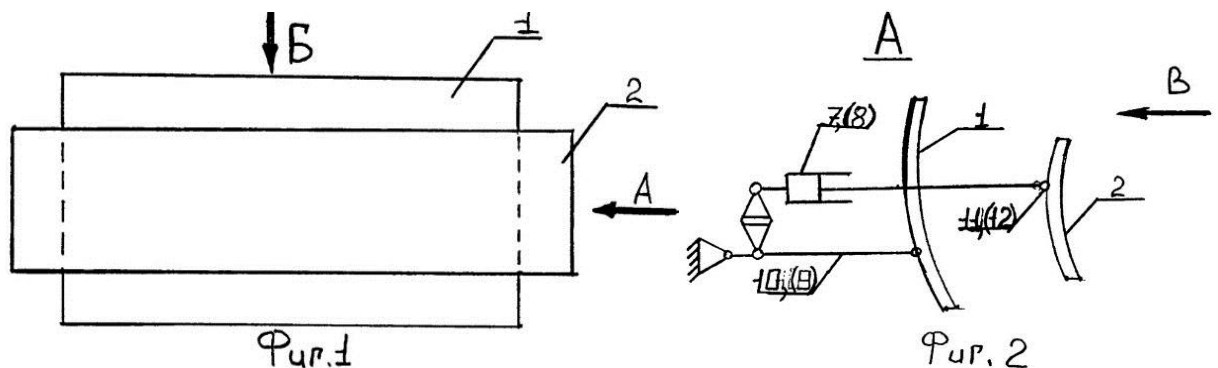


ФИГ. 2

RU 2 468 153 C2
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Сладкова Любовь Александровна, Петров Александр Николаевич, Дарморос Максим Александрович.

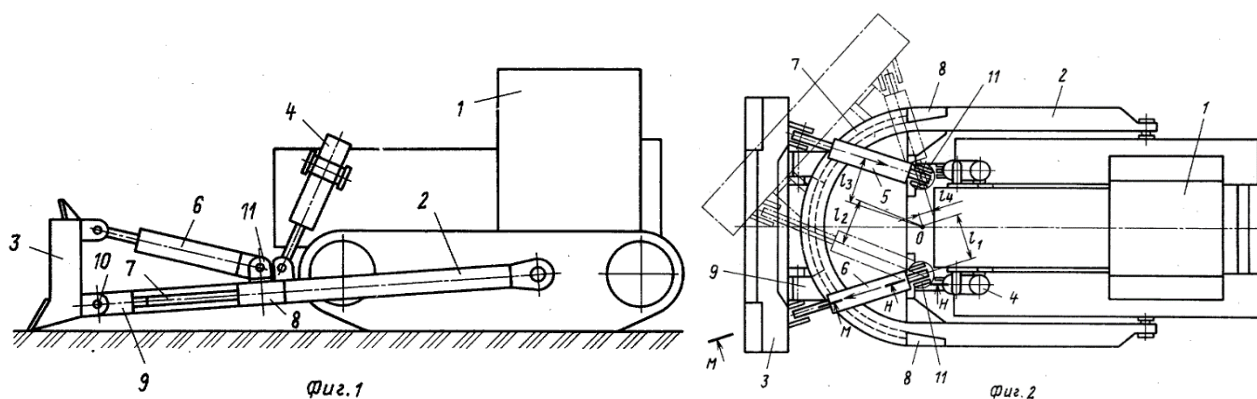
Данное изобретение можно отнести к области дорожных и строительных машин, в частности к бульдозерам. В данном исследовании техническим результатом является задача свободного перемещения дополнительному отвалу от основного отвала и увеличение производительности бульдозерного оборудования. Заявленное бульдозерное оборудование включает в себя толкающие брусья и отвал с гидроцилиндрами подъема-опускания, смонтированный на толкающих брусьях. Перед основным отвалом расположен дополнительный отвал на дополнительных толкающих брусьях со своими гидроцилиндрами подъема-опускания. Дополнительные толкающие брусья выполнены шарнирно и телескопически прикреплены к толкающим брусьям основного отвала на определенной дистанции, превышающей расстояние от точки крепления шарнирами на толкающих брусьях основного отвала до соответствующей крайней точки основного отвала.



SU 1105564 A
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Бурштейн Р.С., Дойлидов Л.Е.

Данное изобретение можно отнести к строительно-дорожным машинам, в частности к землеройным машинам бульдозерного типа. Наиболее близким к заявленному по технической сущности и полученному результату является бульдозер, состоящий из толкающей рамы с поворотным отвалом и поворачивающих отвал гидроцилиндров. Целью изобретения является увеличение его поперечной устойчивости. Заявленная цель достигается у бульдозера, состоящего из толкающей рамы с поворотным отвалом и поворачивающих отвал гидроцилиндров, путем изменения соединения толкающей рамы с отвалом, выполнив его из шарнирно закреплённых ползунов на отвале и из дугообразной направляющей, смонтированной на фронтальной части толкающей рамы, в которой расположены ползуны отвала, сами же гидроцилиндры поворота прикреплены к толкающей раме и отвалу с помощью универсальных шарниров.

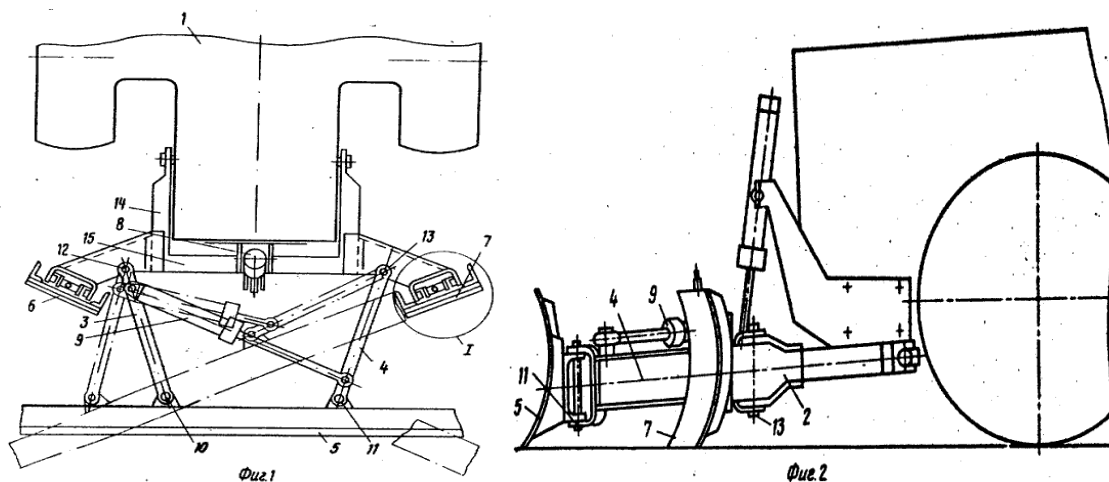


SU 1565973 A
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Барам Б.Я., Кузин А.И., Циановский М.Я.

Данной изобретение можно отнести к землеройно-дорожным машинам, а также оно может быть применено в бульдозерах, имеющих поворотный отвал. Целью данной исследования является увеличение производительности бульдозера с помощью увеличения ширины захвата повернутого в плане отвала. Бульдозер включает базовую машину, толкающую раму, толкающие рычаги, отвал, концевые удлинители отвала и гидроцилиндры подъема-опускания и поворота. Рычаги соединены шарнирно с отвалом и толкающей рамой, причем расстояние между шарнирами на отвале меньше расстояния между шарнирами на толкающей раме. На рычагах за шарнирами установлены концевые удлинители с возможностью их перемещения по высоте. Если

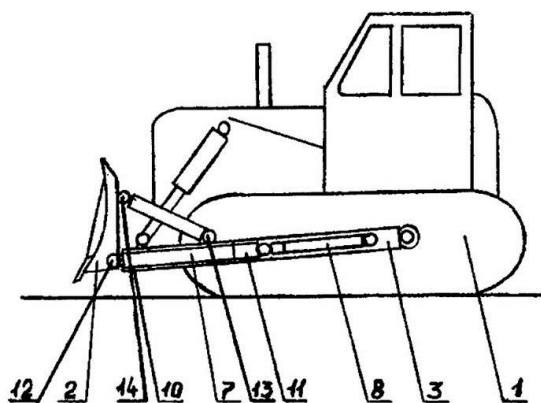
требуется перенос грунта в сторону, гидроцилиндрами поворачивают рычаги со смонтированными на них удлинителями, при этом поворачивается отвал.



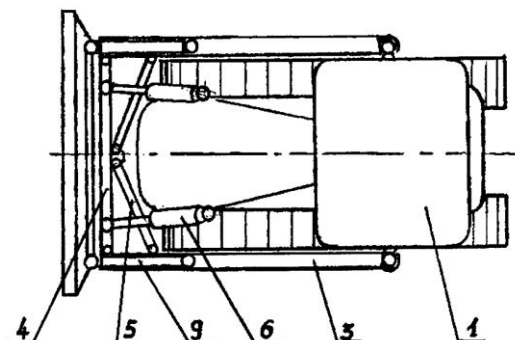
RU 2 476 645 C1
МПК E02F 3/76

Автор(ы): Масленников Дмитрий Георгиевич, Павлов Юрий Николаевич, Шефов Илья Анатольевич.

Данное изобретение можно отнести к строительно-дорожным машинам, в частности к землеройно-транспортным машинам бульдозерного типа. Бульдозер с выдвигным отвалом состоит из базовой машины, рамы, имеющей гидроцилиндры подъема-опускания, основной жесткой секции, шарнирно прикрепленной к базовой машине и дополнительной секции, подвижной телескопически относительно основной секции и гидроцилиндров перемещения отвала, который соединен с дополнительной секцией наклонными упорами с нижними и верхними шарнирами. В свою очередь, основная секция рамы исполнена в виде шарнирно-сочлененной из двух горизонтальных раскосов, двух толкающих неподвижных брусьев и поперечной связи. Дополнительная секция исполнена в виде двух толкающих подвижных брусьев прямолинейной формы, вставленных телескопически в толкающие неподвижные брусья основной секции, гидроцилиндры перемещения секции установлены внутри толкающих неподвижных брусьев. Наклонные упоры исполнены в виде гидроцилиндров и смонтированы в вертикальной плоскости, в которой расположены шарниры отвала, однако нижний шарнир наклонного упора скреплен с толкающим неподвижным брусом, а верхний – с выдвигным отвалом. Все шарниры исполнены сферическими. Увеличивается качество и эффективность бульдозерных работ, падает себестоимость.



Фиг.1



Фиг.2

Таким образом, по итогу, данного патентного анализа можно сделать вывод, что патент RU 2 476 645 С1 является лучшим способом для решения проблемы связанной с повышением технологичности и увеличением эффективности рабочего оборудования бульдозера с поворотным отвалом. Это стало возможным благодаря добавлению группы гидроцилиндров, которые расширяют возможности отвала менять свое положение в трех возможных плоскостях пространства.

1.2 Сведения о проектируемой машине

В своей дипломной работе мною была произведена модернизация бульдозера с поворотным отвалом на основе трактора Т-170.

Чтобы провести данные изменения, а именно усовершенствовать бульдозер с неповоротным отвалом в поворотный, необходимо внести множество изменений, начиная со смены рамы и заканчивая механизмами поворота отвала. Учитывая все необходимые данные в своей работе я предлагаю совершенно новую модель бульдозера с поворачивающимся отвалом, который в свою очередь может изменять положение в трех вариантах. Здесь применены новый вид рамы и добавлены пара гидроцилиндров, что помогают расширить эксплуатационные возможности бульдозера.

2 Конструкторский раздел

2.1 Расчет основных параметров бульдозера

Для расчета основных характеристик обычного трактора и бульдозера, считается масса самой машины, на которую устанавливают рабочий вариант машины. Взятые за основу данные для работы, отвал, устанавливаемый на трактор Т-170, чья масса составляет 15 т.

Беря за основу трактор гусеничный, основным параметром которого является тяговое усилие (номинальное), которое вырабатывается основным трактором, соприкасаясь с материалом со встроенным уже новым оборудованием при буксовании, и не более 10% со скоростью 2,5-3 км/ч.

Начальной величиной, чтобы определить основные характеристики, берется высота отвала, следовательно, нужно определить высоту отвала самого бульдозера с поворотным отвалом, мм:

$$H_{от} = 450 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot T_n} - 0,5 \cdot T_n, \quad (1)$$

где T_n – сила тяги (номинальная), кН.

По следующей формуле возможно определить тяговое усилие тягача:

$$T_n = G_{сц} \times \varphi_{онм}, \quad (2)$$

где $\varphi_{онм}$ – нормальный коэффициент веса базовой машины с оборудованием по сцеплению, который соответствует допустимому буксованию, $\varphi_{онм} = 0,9$ – для гусеничных машин, [2];

$G_{сц}$ – сцепной вес, кН.

Далее мы находим значение сцепного веса:

$$G_{сц} = m_{сц} \times g, \quad (3)$$

где $m_{сц}$ – сцепная масса, кг;

g — ускорение свободного падения.

На тягачах с бульдозерным оборудованием сцепную массу высчитывают по следующей формуле:

$$m_{сц} = (1,17 \div 1,22) \cdot m_{бм}, \quad (4)$$

где $m_{бм}$ – масса базовой машины, кг.

$$m_{сц} = 1,22 \cdot 15000 = 18300 \text{ кг},$$

$$G_{cy} = m_{cy} \times g = 18300 \cdot 9,81 = 175,44 \text{кН},$$

$$T_n = G_{cy} \times \varphi_{onm} = 175,44 \cdot 0,9 = 157,9 \text{кН},$$

$$H_{OT} = 450 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot T_n} - 0,5 \cdot T_n = 450 \cdot \sqrt[3]{0,1 \cdot 157,9} - 0,5 \cdot 157,9 = 1050 \text{мм}.$$

По формуле (5) находим высоту козырька:

$$H_K = (0,1 \div 0,25) \cdot H_{OT}, \quad (5)$$

$$H_K = (0,1 \div 0,25) \cdot 1050 = 0,1428 \cdot 1050 = 150 \text{мм}.$$

Главные данные поперечного профиля отвала берем, используя [1]:

Угол резания α , град $\alpha = 55^\circ$,
 Угол наклона отвала ε , град $\varepsilon = 75^\circ$,
 Угол опрокидывания ψ_0 , град $\psi_0 = 70^\circ$,
 Угол установки козырька ψ_k , град $\psi_k = 95^\circ$,
 Задний угол γ , град $\gamma = 30^\circ$,
 Радиус цилиндрического отвала $R = 1000$ мм,
 Угол установки отвала для захвата $\lambda = 75^\circ$.

Ширину отвала определяем исходя из ширины трактора:

$$B = B_T + 2 \cdot \delta, \quad (6)$$

$$B = B_T + 2 \cdot \delta = 3 + 2 \cdot 0,2 = 3,4 \text{м}.$$

где B_T – ширина трактора;

δ – перекрытие габарита трактора, $\delta = 0,1 \div 0,2$ м.

2.2 Тяговый расчет бульдозера

В данном разделе главное является определение сил сопротивления и усилия, образующихся в результате транспортировки и копания земли отвалом самого бульдозера, по сравнению к трактору. Здесь мы рассмотрим расчет тягового значения, применяемый к таким видам работ как бестраншейное толкание.

Ниже мы находим объем призмы волочения V_{II} . Он зависит от геометрических размеров отвала и свойства основной массы [1]:

$$V_{II} = \frac{L \cdot H^2}{2 \cdot k_n}, \quad (7)$$

где L – ширина отвала, м;
 H – высота отвала, м;
 k_n – коэффициент, который зависит от характера грунта (связности, разрыхлительного коэффициента грунта) и отношения $\frac{H}{L}$, $k_n = 0,9$.

В нижней таблице 1 даны изначальные цифры для вычисления вышеупомянутых сил.

Таблица 1 – Основные данные для расчета

Ширина отвала, м	3.4
Высота отвала, м	1.05
Масса бульдозера, т	18.3
Удельное сопротивление резанию, н/м ²	11000
Коэффициент разрыхления	1.2
Угол естественного откоса, °	48
Объемная масса грунта, т/м ³	1.6
Коэффициент потерь грунта	0.95

$$V_{II} = \frac{3,4 \cdot 1,05^2}{2 \cdot 0,9} = 1,9 \text{ м}^3.$$

Когда происходит перемещение грунта отвалом по прямой, то появляются такие силы как:

- W_p – сопротивление резанию, кН;
- W_{np} – сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом, кН;
- W_c – сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу, кН;
- W_m – сопротивление перемещению бульдозера, кН;
- W_{mp} – сопротивление трению ножа бульдозера о грунт, кН.

По нижней формуле находят сопротивление резанию [1]:

$$W_p = k \cdot B \cdot h_1, \quad (8)$$

где k – удельное сопротивление лобовому резанию, $k = 110$ кН/м²;
 B – ширина отвала, $B = 3,4$ м;
 h_1 – глубина резания во время перемещения грунта, м.

$$h_1 = \frac{k_n \cdot V_{II}}{B}, \quad (9)$$

где k_n – коэффициент потерь грунта в боковые валики на 1 м пути;
 V_{II} – объем призмы волочения, $V_{II} = 1,9$ м³;

B – ширина отвала, $B = 3,4$ м.

Потери грунта в боковые валики на 1 м пути равны [1]:

$$k_{II} = \frac{V_B}{V_{II}}, \quad (10)$$

где V_B – объем грунта в плотном теле на 1 м пути, $V_B = 0,045$ м³;

V_{II} – объем призмы волочения, м³.

$$k_{II} = \frac{0,045}{1,9} = 0,02,$$

$$h_1 = \frac{0,02 \cdot 1,9}{3,4} = 0,011 \text{ м},$$

$$W_p = 110 \cdot 3,4 \cdot 0,011 = 4,11 \text{ кН}.$$

Далее находим сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом [1]:

$$W_{np} = \gamma_2 \cdot \mu_2 \cdot V_{np} \cdot g, \quad (11)$$

где V_{np} – объем призмы волочения, м³;

$\gamma_2 = 1,5 \div 2,5$ – объемный вес грунта в плотном теле, т/м^3 , берем $\gamma_2 = 1,6$ т/м^3 ;

μ_2 – коэффициент трения грунта по грунту, $\mu_2 = 0,5$;

$$W_{np} = 1,9 \cdot 1600 \cdot 0,5 \cdot 9,81 = 14,9 \text{ кН}.$$

Следующая формула помогает найти сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу [1]:

$$W_{\text{в}} = V_{np} \cdot \gamma_2 \cdot g \cdot \cos^2 \delta \cdot \mu_1, \quad (12)$$

где $\delta = 30^\circ \div 50^\circ$ – угол резания, $\delta = 55^\circ$;

$\mu_1 = 0,35 \div 0,8$ – коэффициент трения грунта по металлу, $\mu_1 = 0,5$.

$$W_{\text{в}} = 1,9 \cdot 1600 \cdot 9,81 \cdot \cos^2 55^\circ \cdot 0,5 = 4,9 \text{ кН}.$$

В формуле (13) мы определяем сопротивление перемещению бульдозера [1]:

$$W_m = G \cdot f, \quad (13)$$

где G – вес трактора и бульдозера, кН;
 $f = 0,1 \div 0,12$ – коэффициент сопротивления перемещению движителей бульдозера, $f = 0,11$.

$$W_m = 175,44 \cdot 0,11 = 19,3 \text{ кН}.$$

В этом случае сопротивление трения ножа отвала бульдозера о грунт не учитывается.

Следовательно, общая сумма сопротивления копания грунта отвалом бульдозера равняется:

$$W_k = W_p + W_{np} + W_v + W_m, \quad (14)$$

$$W_k = 4,11 + 14,9 + 4,9 + 19,3 = 43,21 \text{ кН}.$$

Далее, потому что базовой машиной преодолевается сила сопротивления грунта копанию, поэтому выполняется условие ниже:

$$T_H \geq W_k,$$

$$157,9 \geq 43,21.$$

Делая вывод по расчетам, можно определить то, что выбранный изначально трактор справляется с задачей бульдозера в определенных условиях.

2.3 Расчет значения мощности привода основной машины

Значение мощности привода основной машины мы определяем по формуле [1]:

$$N = \frac{\sum W \times v}{3,6 \times \eta}, \quad (15)$$

где v – значение скорости движения машины, км/ч;

$\eta = (0,8 \div 0,9)$ – механический КПД машины, равный $\eta = 0,8$ [1].

$$N = \frac{146,83 \times 3}{3,6 \times 0,8} = 152 \text{ кН}$$

Значение мощности привода соответствует $N=1$ кВт, мощность двигателя $N_{об}=170$ кВт, значит, данное условие $N_{об} \geq N$ соответствует. Баланс мощности соответствует проверке для поставленных условий работы [10].

2.4 Расчет производительности бульдозера

Значение производительности бульдозера при резании и перемещении слоев грунта можно найти по формуле ниже [5]:

$$\Pi = \frac{3600 \times V_{np} \times K_B \times K_{укл}}{T_u}, \quad (16)$$

где $K_B = 0,85$ – коэффициент использования бульдозера по времени;
 $K_{укл}=1$ – коэффициент, влияния наклона местности на производительность бульдозера;

T_u – длительность всего рабочего времени, с.

Длительность времени T_u определяем по формуле:

$$T_u = \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_n}{v_n} + \frac{l_n + l_p}{v_o} + 2t_n + t_0 + t_c, \quad (17)$$

где $l_p = 40$ м – длина пути резания;

$l_n = 20$ м – длина пути перемещения грунта;

$l_o = 60$ м – длина пути обратного хода;

$v_p = 0,4$ м/с – скорость движения при резании;

$v_n = 0,9$ м/с – скорость движения при перемещении грунта;

$v_o = 2$ м/с – скорость обратного хода бульдозера;

$t_0 = 2$ с – время опускания отвала;

$t_c = 4$ с – время на переключение передач;

$t_n = 10$ с – время на переключение передач.

$$T_u = \frac{40}{0,4} + \frac{20}{0,9} + \frac{60}{2} + 2 + 4 + 20 = 178,2с,$$

$$\Pi = \frac{3600 \times 1,9 \times 0,85 \times 1}{178,2} = 32,6 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

2.5 Определение нагрузок на отвале и расчет на прочность навесного оборудования бульдозера

2.5.1 Первое расчетное положение

Берем начальные данные бульдозера и отвала – движение бульдозера происходит горизонтально, цилиндры закрыты, берем резкий упор передней части отвала в грунт [16] (рисунки 8 и 9).

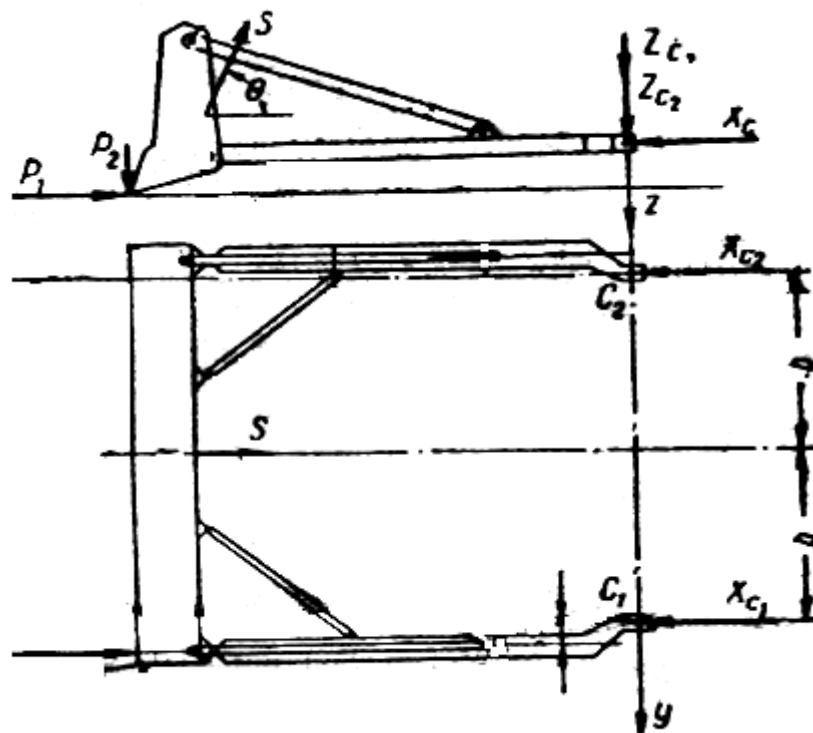


Рисунок 8 – Схематический рисунок определения действующих сил

Сначала нужно определить силу, которая зависит от тяги основной машины, а также динамических нагрузок, возникающих при взаимодействии с препятствием. Данная сила равна сумме статической силы, при условии буксования, и динамических нагрузок, которые в свою очередь зависят от жесткости деталей конструкции, препятствий и движущегося грунта.

Из [1]:

$$P_{1\max} = P_{1m} + P_{1d} \quad (18)$$

где P_{1m} – тяговое усилие бульдозера;

P_{1d} – динамическое усилие.

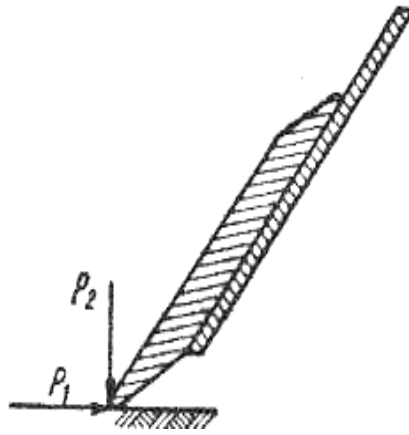


Рисунок 9 – Действие сил на кромку ножа

Из уравнения в литературе [7] мы можем найти максимальную силу тяги, создаваемая трактором:

$$P_{1m} = T_n = G_{ци} \cdot \varphi_{\max}, \quad (19)$$

где $G_{ци}$ – сцепной вес бульдозера, кН;

φ_{\max} – максимальный коэффициент сцепления движителя с грунтом;

$$P_{1m} = T_n = 157,9 \text{ кН}.$$

Если бульдозер и препятствие вместе образуют систему с одной степенью свободы, то из этого условия мы можем найти динамическую силу. Здесь мы берем большее значение массы препятствия, а начальная скорость буксования берется равной скорости трактора первой передачи:

$$P_{10} = V_0 \sqrt{\frac{G_B \cdot C_0}{g}}, \quad (20)$$

где V_0 – начальная скорость бульдозера в момент столкновения с препятствием, $V_0 = 3 \text{ км/ч} = 83,3 \text{ см/с} = 0,83 \text{ м/с}$;

G_B – общий вес базовой машины и навесного оборудования, $G_B = 183 \text{ кН}$;

C_0 – суммарная жесткость препятствия, кН/см^2 ;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}, \quad (21)$$

где C_2 – коэффициент жесткости навесного оборудования, $\text{кН}/\text{м}^2$;
 C_1 – коэффициент жесткости препятствия, $C_1 = 8,5 \text{кН}/\text{м}^2$, [1].

$$C_2 = \alpha_{ж} \cdot G_T, \quad (22)$$

где $\alpha_{ж}$ – коэффициент жесткости навесного оборудования на 1кг массы трактора, $\alpha_{ж} = 0,95 \frac{\text{кН}}{\text{м} \cdot \text{кг}}$, [1];

G_T – вес трактора, $G_T = 147 \text{кН}$.

$$C_2 = 279 \cdot 340 = 94,86 \text{кН}/\text{см}^2 ,$$

$$C_0 = \frac{8,5 \cdot 94,86}{8,5 + 94,86} = 7,8 \text{кН}/\text{см}^2 .$$

Динамическая сила горизонтального воздействия рана:

$$P_{10} = 83,3 \cdot \sqrt{\frac{183 \cdot 7,8}{9,81 \cdot 10^2}} = 100,5 \text{кН} .$$

Максимальная сила горизонтального воздействия рана:

$$P_{1\max} = 157,9 + 100,5 = 258,4 \text{кН} .$$

Далее определяем максимальное вертикальное воздействие препятствия на грунт:

$$P_{2\max} = P_1 \cdot \text{ctg}(\delta + \varphi_1), \quad (23)$$

где δ – угол резания отвала, $\delta = 55^\circ$;

φ_1 – угол внутреннего трения, $\varphi_1 = 28^\circ$.

$$P_{2\max} = 258,4 \cdot \text{ctg}(28 + 55) = 31,7 \text{кН} .$$

Расчетная сила подъема отвала находится по формуле ниже:

$$S_p = S_y \cdot k_\delta, \quad (24)$$

где S_y – сила подъема отвала, кН;

k_δ – коэффициент динамичности, $k_\delta = 2,5$.

Чтобы найти силу подъема, нужно найти сумму момента сил, действующих на бульдозер в точке С (рисунки 10 и 11):

$$\sum M_c = 0; \quad (25)$$

$$P_2 \cdot l + P_1 \cdot m + G \cdot l_0 - S_y r = 0;$$

$$S_y = \frac{P_2 \cdot l + P_1 \cdot m + G \cdot l_0}{r},$$

где r, l_1, m, l_0 - линейные размеры, м.

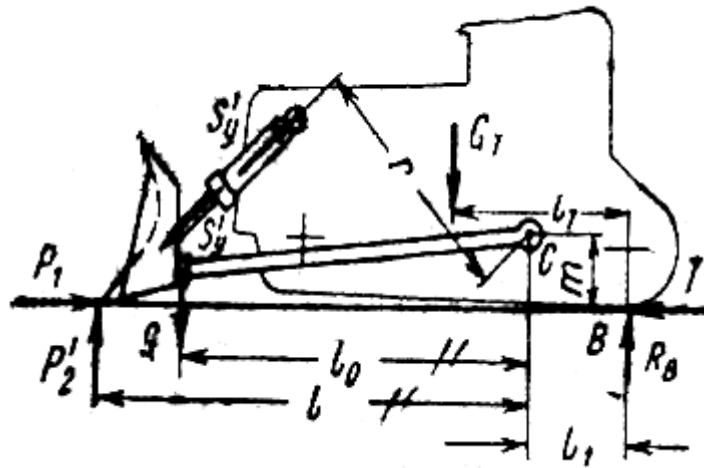


Рисунок 10 – Схема определения сил

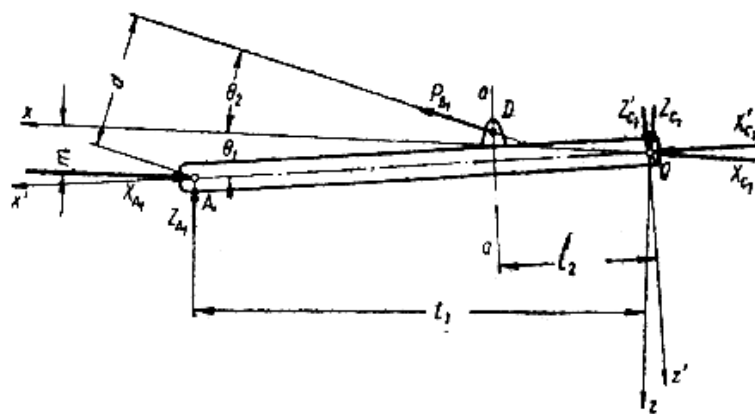


Рисунок 11 – Схема для расчета толкающего бруса

$$S_y = \frac{31,7 \cdot 3,47 + 258,4 \cdot 0,32 + 3,3 \cdot 9,81 \cdot 2,85}{2,13} = 133,8 \text{ кН};$$

$$S_p = 2,5 \cdot 133,8 = 334,5 \text{ кН}.$$

Далее найдем реакции в шарнирах. Определим силу в шарнирах C_1 из условия равновесия:

$$X_{C1} = P_1 \cdot \left(\frac{L}{4b} + \frac{1}{2} \right) + \frac{S \cdot \cos \theta}{2}; \quad (26)$$

$$Z_{C1} = -P_2 \cdot \left(\frac{L}{4b} + \frac{1}{2} \right) - \frac{G}{2} + \frac{S \cdot \sin \theta}{2}; \quad (27)$$

$$X_{C1} = 258,4 \cdot \left(\frac{3,4}{4 \cdot 1,7} + \frac{1}{2} \right) + \frac{334,5 \cdot \cos 45^\circ}{2} = 376,7 \text{ кН};$$

$$Z_{C1} = -31,7 \cdot \left(\frac{3,4}{4 \cdot 1,7} + \frac{1}{2} \right) - \frac{3,3 \cdot 9,8}{2} + \frac{334,5 \cdot \sin 45^\circ}{2} = 70,3 \text{ кН}.$$

Находим силу в подкосе P_{B1} и значения реакций X_{A1} , Z_{A1} в шарнире A_1 , используя данные выше:

$$P_{B1} = \frac{Z_{C1} \cdot l_1 - X_{C1} \cdot m}{d}, \quad (28)$$

где l_1 – плечо силы Z_{A1} , м;

m – плечо силы X_{A1} , м;

d – плечо силы P_{B1} , м.

$$X_{A1} = X_{C1} + (P_{B1} + P_{B2}) \cdot \cos \theta_2; \quad (29)$$

$$Z_{A1} = Z_{C1} - (P_{B1} + P_{B2}) \cdot \sin \theta_2; \quad (30)$$

$$P_{B1} = \frac{Z_{C1} \cdot l_1 - X_{C1} \cdot m}{d}; \quad (31)$$

$$m = l_1 \cdot \sin 1,5^\circ = 2,85 \cdot 0,02618 = 0,075 \text{ м},$$

$$d = (l_1 - l_2) \cdot \sin 30^\circ = (2,85 - 1) \cdot 0,5 = 0,93 \text{ м},$$

$$P_{B1} = \frac{70,3 \cdot 2,85 - 376,7 \cdot 0,075}{0,93} = 185 \text{ кН},$$

$$X_{A1} = 376,7 + (185 + 185) \cdot \cos 21^\circ = 722,1 \text{ кН},$$

$$Z_{A1} = 70,3 - (185 + 185) \cdot \sin 21^\circ = -62,3 \text{ кН}.$$

При равномерной нагрузке правого и левого подкоса $P_{B1} = P_{B2}$ выше найденная сила существует. Нужно также учитывать то, что нагрузка может приходиться только на один подкос, вследствие этого мы берем только одно значение, что соответствует удвоенному параметру силы P_{B1} :

$$P_B = 2 \cdot P_{B1}. \quad (32)$$

Силы X_{C1} и Z_{C1} проектируются на осях X' и Z' , далее складываем проекции и выходит:

$$X'_{C1} = X_{C1} \cdot \cos \theta_1 + Z_{C1} \cdot \sin \theta; \quad (33)$$

$$Z'_{C1} = -X_{C1} \cdot \sin \theta_1 + Z_{C1} \cdot \cos \theta_1; \quad (34)$$

$$X'_{C1} = 376,7 \cdot \cos 1,5^\circ + 70,3 \cdot \sin 45^\circ = 426,3 \text{ кН};$$

$$Z'_{C1} = -376,7 \cdot \sin 1,5^\circ + 70,3 \cdot \cos 1,5^\circ = 60,4 \text{ кН}.$$

В критическом сечении бруса а-а плоскости $X'OZ'$ возникает изгибающий момент:

$$M'' = Z'_{C1} \cdot l_2 \quad (35)$$

$$M'' = 60,4 \cdot 1 = 60,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

В плоскостях $X'OZ'$ и $X'OY$ также есть изгибающий момент опасного сечения, определенный выше:

$$M' = X'_{C1} \cdot l; \quad (36)$$

$$M' = 426,3 \cdot 0,1 = 42,63 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Также на них воздействует сжимающая сила:

$$N = X'_{C1} + P_{B1} \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2); \quad (37)$$

$$N = 426,3 + 185 \cdot \cos(1,5 + 21)^\circ = 597,2 \text{ кН}.$$

По выше определенным результатам в сечении нужно вычислить прочность толкающего предмета:

$$\sigma = \frac{M''}{W_Y} + \frac{M'}{W_Z} + \frac{N}{\varphi_0 \cdot F_B} \leq [\sigma], \quad (38)$$

где W_Y – момент сопротивления относительно оси Y, см^3 ;
 W_Z – момент сопротивления относительно оси Z, см^3 ;
 F_B – площадь поперечного сечения бруса, м^2 ;
 φ_0 – коэффициент уменьшения допускаемых напряжений для сжатых стержней, $\varphi_0 = 0,85$.

$[\sigma]$ – максимально-допустимое напряжение, $[\sigma] = 0,5 \cdot 10^9$ па.

А площадь сечения находится по формуле:

$$F_B = a^2, \quad (39)$$

где a – сторона квадрата, $a = 0,17$ м.

$$F_B = 0,17^2 = 0,0289 \text{ м}^2.$$

$$W_Y = W_Z = \frac{a^3}{6}; \quad (40)$$

$$W_Y = W_Z = \frac{0,17^3}{6} = 0,0008 \text{ м}^3.$$

$$\sigma = \frac{60,4}{0,00081} + \frac{42,63}{0,00081} + \frac{597,2}{0,0289 \cdot 0,85} = 0,15 \cdot 10^9 \text{ Па};$$

$$0,15 \cdot 10^9 < 0,5 \cdot 10^9.$$

Результат проверки сошелся.

Далее находим силы, действующие на отвал (рисунок 12).

Согласно [1] находим вертикальное усилие P_Z (рисунок 13):

$$P_Z = G_{Б.М.} \cdot \frac{l_A}{l + l_C}, \quad (41)$$

где $G_{Б.М.}$ – вес трактора, кН;

l_A – расстояние от силы тяжести трактора до точки А, $l_A = 1,25$ м;

l_B – расстояние от силы тяжести трактора до точки В, $l_B = 0,9$ м.

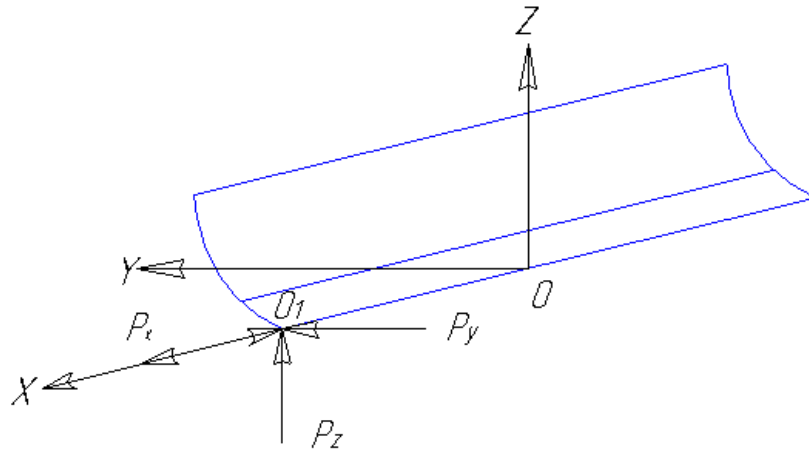


Рисунок 12 – Схематическое изображение действия усилий на отвал

$$l = l_A + l_B;$$

$$P_z = 14,7 \cdot 9,81 \cdot \frac{1,25}{2,15 + 2,12} = 42,2 \text{ кН} .$$

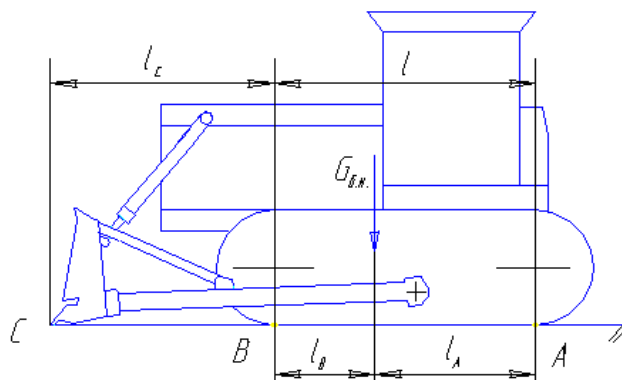


Рисунок 13 – Схематическое изображение сил, действующих на бульдозер

Боковое усилие P_x определяется так [1]:

$$P_x = \frac{G_B - P_z}{2} \cdot \varphi_{\max} \cdot \frac{B}{l_C + l}, \quad (42)$$

где G_B – вес бульдозера, Кн;

B – ширина отвала, м;

φ_{\max} – максимальный коэффициент сцепления гусеничного движителя с грунтом, $\varphi_{\max} = 0,9$.

$$P_x = \frac{18,3 \cdot 9,81 - 42,2}{2} \cdot 0,9 \cdot \frac{3,4}{2,12 + 2,15} = 50,4 \text{ кН}.$$

Далее находим горизонтальное усилие P_Y согласно [22]:

$$P_Y = (G_B - P_Z) \cdot \varphi_{\max} + v \cdot \sqrt{\frac{G_B \cdot C_0}{g}}, \quad (43)$$

где v – скорость движения бульдозера в момент встречи с препятствием, $v = 3 \text{ км/ч} = 83,3 \text{ см/с} = 0,83 \text{ м/с}$;

G_B – суммарный вес базовой машины и навесного оборудования, $G_B = 183 \text{ кН}$;

C_0 – суммарная жесткость препятствия, кН/см^2 ;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

$$P_Y = (18,3 \cdot 9,81 - 42,2) \cdot 0,9 + 83,3 \cdot \sqrt{\frac{183 \cdot 7,8}{9,81 \cdot 10^2}} = 224,1 \text{ кН}.$$

2.5.2 Второе расчетное положение

В данном разделе мы проанализируем процесс при копании с помощью отвального угла, где присутствует максимальная сила тяги, и выглубления отвала. Бульдозер движется по горизонтали, создается усилие гидроцилиндров, достаточного для опрокидывания трактора касательно точки В (рисунок 14).

Усилие на самом отвале по горизонтали находится от наивысшего значения силы тяги сцепления, потому что зависит от мощности двигателя.

$$P_1 = G_m \cdot \varphi, \quad (44)$$

где φ – максимальный коэффициент сцепления, $\varphi = 0,9$;

G_m – вес бульдозера, кН.

$$P_1 = 183 \cdot 0,9 = 157,9 \text{ кН}$$

При условии вывешивания бульдозера касательно точки В, возможно определить усилие на отвале вертикально.

$$\sum M_B = 0;$$

$$G_T \cdot l_2 - G_{P\dot{O}} \cdot l_1 - P_2 \cdot l_3 = 0;$$

$$P_2 = \frac{G_T \cdot l_2 - G_{P\dot{O}} \cdot l_1}{l_3};$$

$$P_2 = \frac{18,3 \cdot 9,81 \cdot 0,9 - 3,3 \cdot 9,81 \cdot 1,72}{2,12} = 49,9 \text{ кН}.$$

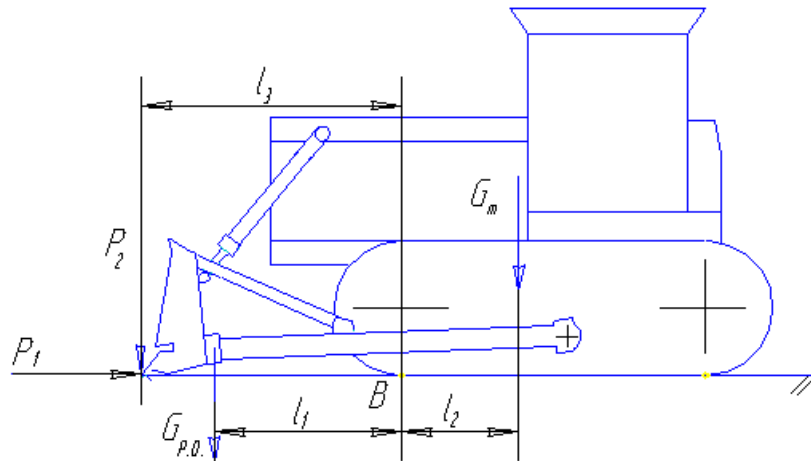


Рисунок 14 – Схематическое изображение приложенных сил

Далее нужно определить действующие силы в гидроцилиндрах. Данное условие возможно при равновесии оборудования бульдозера касательно шарнирной оси в точке С не учитывая силу P_1 (рисунок 15):

$$\sum M_C = 0 ;$$

$$P_2 \cdot l + G \cdot l_0 - 2 \cdot S_{II} \cdot r + G_T \cdot (l_1 - l_T) = 0 ;$$

$$S_{II} = \frac{P_2 \cdot l + G \cdot l_0 + G_T \cdot (l_1 - l_T)}{2 \cdot r} ;$$

$$S_{II} = \frac{49,9 \cdot 3,37 + 3,3 \cdot 2,97 \cdot 9,81 + 183 \cdot 0,35}{2 \cdot 1,86} = 88,3 \text{ кН}.$$

Если учитывать работу штоковой полости гидроцилиндра, то можно вычислить площадь сечения:

$$F = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}, \quad (45)$$

где d – диаметр штока гидроцилиндра, $d = 0,06$ м;
 D – диаметр гидроцилиндра, $D = 0,122$ м.

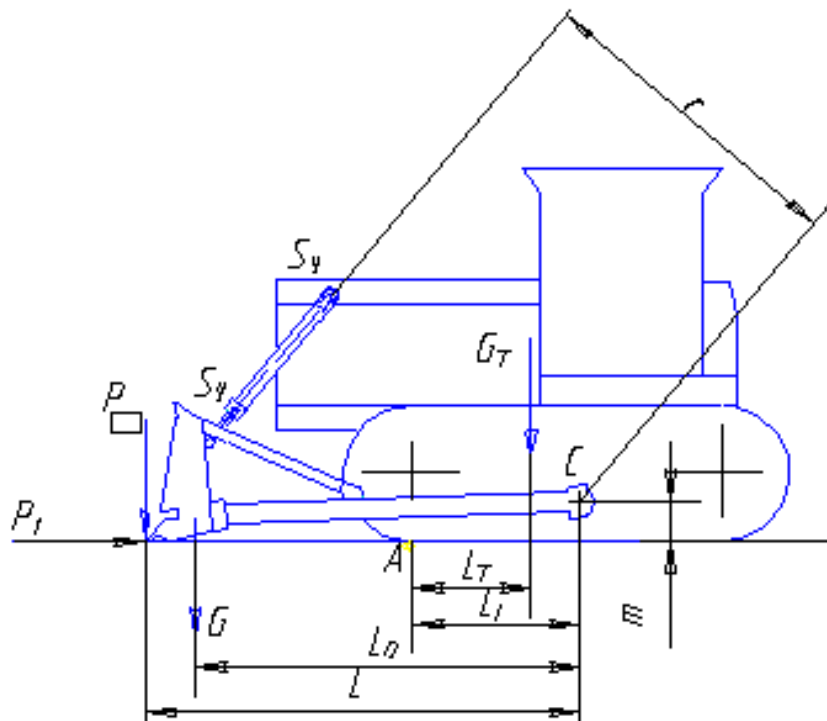


Рисунок 15 – Схематическое приложение сил

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,122^2 - 0,06^2)}{4} = 0,0085 \text{ м}^2;$$

Из нижнего условия можно определить давление в полости штока:

$$P = \frac{S_{II}}{F}, \quad (46)$$

$$P = \frac{88,3}{0,0085} = 10388 \text{ Н/м}^2 = 10,388 \text{ МПа}.$$

Одновременно с выглублением отвала возникает движение бульдозера с максимальным значением тяги сцепления. В этом случае нужно определить максимальное значение вертикального усилия на отвале, при давлении в цилиндре 16 МПа:

$$P_r = 16000000 \cdot 0,0085 = 136000 \text{ Н};$$

Максимальное значение усилия $P_{2\max}$ равно:

$$\sum M_C = 0;$$

$$P_{2\max} \cdot l + G \cdot l_0 - 2 \cdot S_{II} \cdot r + G_T(l_1 - l_T) = 0;$$

$$P_{2\max} = \frac{2 \cdot S_{II} \cdot r - G \cdot l_0 - G_T(l_1 - l_T)}{l},$$

$$P_{2\max} = \frac{2 \cdot 88,3 \cdot 1,86 - 3,3 \cdot 9,81 \cdot 2,97 - 183 \cdot 0,35}{3,37} = 49,93 \text{ кН}.$$

Далее находим силы, приложенные на отвал (рисунок 16).

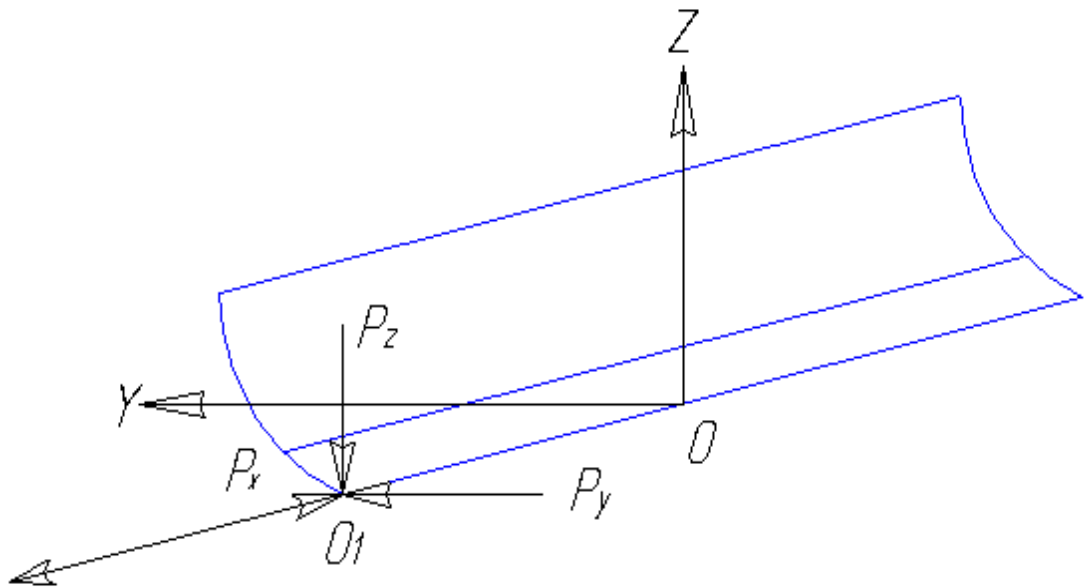


Рисунок 16 – Схема усилий, приложенных на отвал

Значение вертикального усилия P_Z равно:

$$P_Z = -G_{MB} \cdot \frac{l_B}{l_C}, \quad (47)$$

$$P_Z = -15,7 \cdot \frac{0,9}{2,12} = -6,66 \text{ кН}.$$

Находим значение бокового усилия P_X :

$$P_X = -\frac{G_{MB} + P_Z}{2} \cdot \varphi_{\max} \cdot \frac{B}{l_C}, \quad (48)$$

$$P_x = -\frac{(15,7 \cdot 9,81 + 6,66)}{2} \cdot 0,9 \cdot \frac{3,4}{2,12} = -5,96 \text{ кН}.$$

Ниже определяем значение горизонтального усилия P_Y :

$$P_Y = (G_B + P_Z) \cdot \varphi_{\max} + v \cdot \sqrt{\frac{G_B \cdot C_o}{g}}, \quad (49)$$

$$P_Y = (18,3 \cdot 9,81 - 6,66) \cdot 0,9 + 83,3 \cdot \sqrt{\frac{18,3 \cdot 9,81 \cdot 7,8}{9,81 \cdot 10^2}} = 256,1 \text{ кН}.$$

2.5.3 Третье расчетное положение

В серединной точке отвала возникает спонтанный упор. В такой ситуации рабочая машина совершает горизонтальное движение вперед, при этом гидроцилиндры закрыты.

Находим по [1] горизонтальную P_{1C} :

$$P_{1C} = \frac{(G_T + G) \varphi_{\max}}{1 - \varphi_{\max} \cdot \text{ctg}(\delta + \varphi_1)}, \quad (50)$$

где G_T – вес трактора, кН;

G – вес навесного бульдозерного оборудования, кН;

φ_{\max} – максимальное значение коэффициента сцепления гусеничного движителя с грунтом, $\varphi_{\max} = 0,9$;

δ – угол резания, $\delta = 55^\circ$;

φ_1 – угол внутреннего трения, $\varphi_1 = 28^\circ$.

$$P_{1C} = \frac{9,81 \cdot (15,7 + 3,3) \cdot 0,9}{1 - 0,85 \cdot \text{ctg}(28 + 55)} = 187,4 \text{ кН}.$$

Вычисляем максимальное значение силы P_2 :

$$P_{2\max} = P_1 \cdot \text{ctg}(\delta + \varphi_1), \quad (51)$$

$$P_{2\max} = 187,4 \cdot \text{ctg} 83^\circ = 23 \text{ кН}.$$

Найдем значение силы подъема отвала (рисунок 17):

$$S_P = S_V \cdot k_D, \quad (52)$$

$$S_y = \frac{P_2 \cdot l + P_1 \cdot m + G \cdot l_0}{r},$$

$$S_y = \frac{23 \cdot 3,37 + 187,4 \cdot 0,44 + 3,3 \cdot 9,81 \cdot 2,97}{1,86} = 137,7 \text{ кН}.$$

$$S_p = 137,7 \cdot 2,5 = 344,25 \text{ кН}.$$

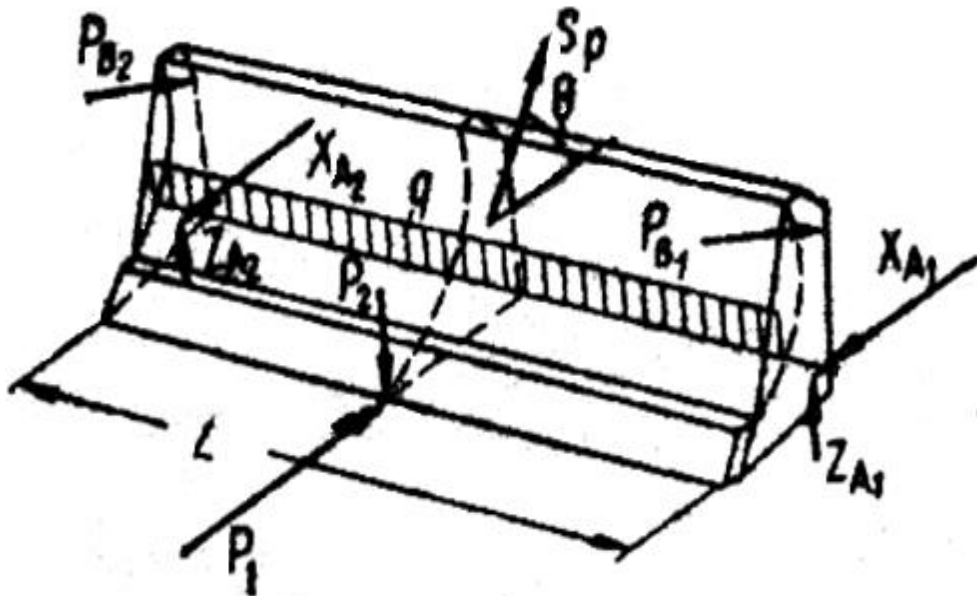


Рисунок 17 – Схематическое действие сил на отвал

Далее мы производим вычисления прочности отвала. Помимо действующих сил P_1 , P_2 и S_p , на отвал действует сила тяжести G , а также реакции в самих шарнирах X_{A1} , Z_{A1} , X_{A2} и Z_{A2} в подкосах P_{B1} и P_{B2} (рисунок 18) [12].

Ниже мы можем проанализировать отвал как балку, закрепленную точками A_1 и A_2 , не учитывая при этом моменты в горизонтальном положении, действие которых направлено относительно толкающих брусьев на сам отвал при сгибательном положении. Все это может привести к повышению уровня запаса прочности.

Допустим, что геометрические характеристики отвала не меняются по длине и характеризуются как опасное сечение.

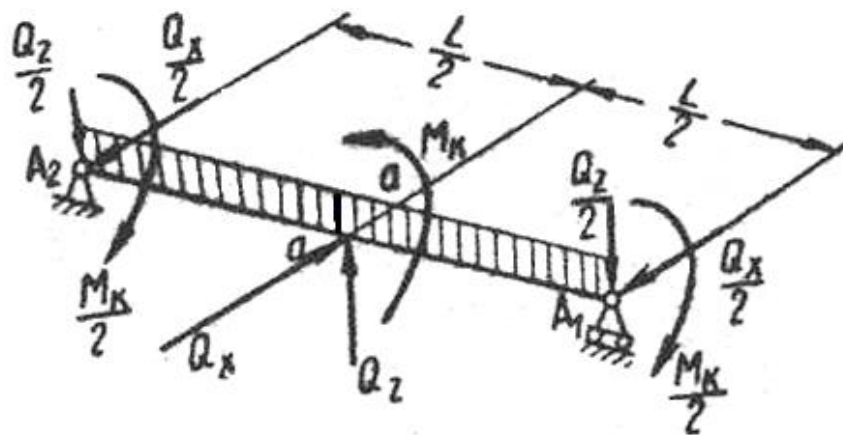


Рисунок 18 – Схема расчета отвала

Найдя центр тяжести сечения O , и направление главной оси инерции сечений X и Z , доводим силы P_1 , P_2 и S_p относительно точки O . Далее разложим все на части по осям X и Z в сумму вышеназванных сил Q_x и Q_z (рисунок 19).

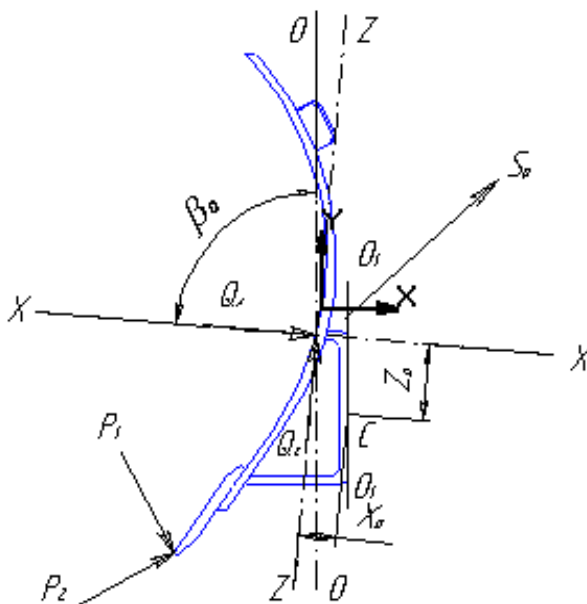


Рисунок 19 – Схематические данные для нахождения напряжений и усилий в опасном сечении

$$Q_x = P_1 \cdot \cos 35^\circ + P_2 \cdot \cos 80^\circ + 2 \cdot S_p \cdot \cos 50^\circ = 187,4 \cdot 0,81915 + 23 \cdot 0,1736 + 2 \cdot 344,25 \cdot 0,6428 = 600 \text{ кН};$$

$$Q_z = P_1 \cdot \sin 35^\circ - P_2 \cdot \sin 80^\circ + 2 \cdot S_p \cdot \sin 50^\circ = 187,4 \cdot 0,5736 - 23 \cdot 0,9848 + 2 \cdot 344,25 \cdot 0,766 = 350 \text{ кН}.$$

Ниже мы рассматриваем силу тяжести отвала относительно равномерной нагрузки:

$$q = \frac{G_o}{L}, \quad (53)$$

$$q = \frac{3,3 \cdot 9,81}{3,4} = 9,52 \text{ кН/м},$$

$$q_x = q \cdot \cos 5^\circ = 9,48 \text{ кН/м},$$

$$q_z = q \cdot \sin 5^\circ = 0,83 \text{ кН/м}.$$

На рисунке 20 изображены на сечении а-а, моменты изгибов M'' в плоскости yOz и M' в плоскости xOy , а также крутящий момент $\frac{M_K}{2}$.

По данным [1] можно найти моменты изгибов M' и M'' :

$$M' = \frac{Q_x \cdot L}{4} - \frac{q_x \cdot L^2}{8}, \quad (54)$$

$$M'' = \frac{Q_z \cdot L}{4} + \frac{q_z \cdot L^2}{8}, \quad (55)$$

$$M' = \frac{600 \cdot 3,4}{4} - \frac{9,48 \cdot 3,4^2}{8} = 496,3 \text{ кН},$$

$$M'' = \frac{350 \cdot 3,4}{4} + \frac{0,83 \cdot 3,4^2}{8} = 296,3 \text{ кН}.$$

$\frac{M_K}{2}$ значение крутящего момента находится от полсуммы всех моментов сил P_1 , P_2 и S_p и G касательно центра жесткости (центр изгибающего сечения).

Приблизительно мы можем найти координатные значения центра жёсткости:

$$X_D = \frac{\sum E_I \cdot J_{xI} \cdot x_I}{\sum E_I \cdot J_{xI}}, \quad (56)$$

$$Z_D = \frac{\sum E_I \cdot J_{zI} \cdot z_I}{\sum E_I \cdot J_{zI}}, \quad (57)$$

где E_I – модуль упругости материалов элементов сечения, мПа;
 J_{xI} и J_{zI} – моменты инерции элементарных фигур, составляющих
 профиль сечения, $см^4$;
 X_I и Z_I – координаты центров тяжести элементарных фигур.

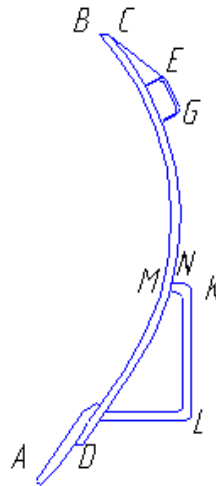


Рисунок 20 – Отвал

Далее находим инерциальный момент ABCD профиля (рисунок 21).

$$J_{\frac{ABCD}{x}} = \frac{r^4 - r_1^4}{8} \left(\pi \cdot \frac{\alpha^\circ}{180} + \sin \alpha \right), \quad (58)$$

где $J_{\frac{ABCD}{x}}$ – инерционный момент профиля ABCD касательно оси x, $м^4$;

r_1 – радиус профиля до внутренней стенки, $r_1 = 1,28$ м;

r – радиус профиля, $r = 1,268$ м;

a – угол кругового сектора, $a = 160^\circ$.

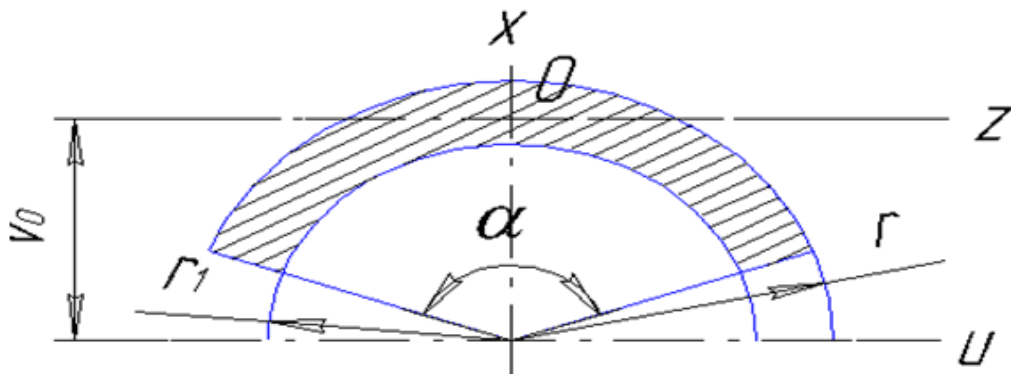


Рисунок 21 – Определение инерционного момента сегмента
 кругового кольца

$$J_{\frac{ABCD}{Z}} = \frac{r^4 - r_1^4}{8} \left(\pi \cdot \frac{\alpha^\circ}{180} - \sin \alpha \right), \quad (59)$$

где $J_{\frac{ABCD}{Z}}$ – инерционный момент профиля ABCD касательно оси z, $м^4$.

$$J_{\frac{ABCD}{X}} = \frac{1,28^4 - 1,268^4}{8} \left(3,14 \cdot \frac{160}{180} + \sin 160 \right) = 0,039 \text{ } м^4 ,$$

$$J_{\frac{ABCD}{Z}} = \frac{1,28^4 - 1,268^4}{8} \left(3,14 \cdot \frac{160}{180} - \sin 160 \right) = 0,029 \text{ } м^4 ,$$

$$E_{ABCD} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} ,$$

$$X_{ABCD} = 0,13 \text{ м} , Z_{ABCD} = 0,32 \text{ м} .$$

Вычислим инерционный момент профиля NKLD.

NKLD профиль - это горячекатаный швеллер из стали сделанный по ГОСТ 8240-72.

$$J_{\frac{NKLD}{X}} = 0,000079 \text{ } м^4 ,$$

$$J_{\frac{NKLD}{Z}} = 0,000004 \text{ } м^4 ,$$

$$E_{NKLD} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} ,$$

$$X_{NKLD} = 0,08 \text{ м} , Z_{NKLD} = 0,16 \text{ м} .$$

Теперь находим инерционный момент профиля EG.

EG – это профиль горячекатаный швеллер из стали сделанный по ГОСТ 8240-72.

$$J_{\frac{EG}{X}} = 0,0000003 \text{ } м^4 ,$$

$$J_{\frac{EG}{Z}} = 0,0000003 \text{ } м^4 ,$$

$$E_{EG} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} ,$$

$$X_{EG} = 0,0024 \text{ м} , Z_{EG} = 0,06 \text{ м} .$$

Ниже определим координатные данные жесткости отвала:

$$X_D = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,039 \cdot 0,13 + 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,000079 \cdot 0,08 + 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,000003 \cdot 0,0024}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,039 + 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,000079 + 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,000003} = 0,13 \text{ м},$$

$$Z_D = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,029 \cdot 0,32 + 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,000004 \cdot 0,16 + 0,0000003 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,06}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,029 + 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,000004 + 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,0000003} = 0,321 \text{ м}.$$

[0,130;0,321] – координаты центра жесткости отвала

$$\frac{M_K}{2} = \frac{P_1 \cdot 0,225 + P_2 \cdot 0,375 + S_P \cdot 0,025 + G_O \cdot 0,05}{2} \quad (60)$$

$$\frac{M_K}{2} = \frac{187,4 \cdot 0,225 + 23 \cdot 0,375 + 344,25 \cdot 0,025 + 3,3 \cdot 0,05}{2} = 59,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Такие составляющие как касательное напряжение τ крутящего момента M_K и напряжение σ изгибающего момента M' и M'' появляются в сечении а-а.

Значение нормального напряжения высчитывают по формуле ниже, по данным в [1]

$$\sigma = \frac{M' \cdot X_O}{J_Z} + \frac{M'' \cdot Z_O}{J_X}, \quad (61)$$

где J_X и J_Z – основные моменты инерции, м^4 ;

X_O и Z_O – координатные значения точки сечения, очень отдаленной от нейтральной линии.

$$J_X = 0,039 + 0,0000079 + 0,000003 = 0,0391 \text{ м}^4,$$

$$J_Z = 0,029 + 0,000004 + 0,0000003 = 0,029 \text{ м}^4.$$

Далее мы можем определить значение тангенса угла наклона нейтральной линии относительно оси x:

$$\text{tg} \beta_0 = \frac{J_X \cdot M'}{J_Z \cdot M''}, \quad (62)$$

$$\beta_0 = \text{arctg} \left(\frac{0,039 \cdot 496300}{0,029 \cdot 296300} \right) = 66^\circ.$$

$$X_0 = 0,16 \text{ м}, Z_0 = 0,156 \text{ м},$$

$$\sigma = \frac{496300 \cdot 0,16}{0,029} + \frac{296300 \cdot 0,156}{0,039} = 3923407 \text{ Па} \cong 3,92 \text{ МПа} .$$

Так как сечение отвала представляет собой необычную форму, то существуют трудности по нахождению касательных напряжений, действующих в критической точке отвала. Отвал – это тоненький стержень пустой внутри, изгибающийся во время кручения. И в этот момент появляется так называемое стесненное кручение. Для того, чтобы нам было легче мы рассчитаем касательное напряжение при свободном кручении. Здесь возможно допущение, которое приводит к небольшим погрешностям и не имеет второстепенное значение, потому что в профиле есть замкнутый контур с большой жесткостью кручения и напряжения стесненного кручения.

Далее находим крутящийся момент оказывающий давление на каждый сегмент сечения:

$$M_{K1} = \frac{M_K \cdot J_{K1}}{2 \cdot J_K}, \quad (63)$$

где J_K – крутящийся момент инерции для полного сечения, м^4 ;

J_{K1} – инерционный момент для профиля DNKL, м^4 ;

M_{K1} – момент инерции кручения для сечения AMKL, кН·м.

$$M_{K2} = \frac{M_K \cdot J_{K2}}{2 \cdot J_K}, \quad (64)$$

где J_{K2} – инерционный момент для профиля АВ, м^4 ;

M_{K2} – момент инерции кручения для сечения АВ, кН·м .

$$M_{K3} = \frac{M_K \cdot J_{K3}}{2 \cdot J_K}, \quad (65)$$

где J_{K3} – инерционный момент для профиля EG, м^4 ;

M_{K3} – момент инерции кручения для сечения EG, кН·м .

Инерционный момент замкнутых контуров находятся [1]:

$$J_K = \frac{4 \cdot F_0^2}{\sum \frac{S_l}{\delta_l}}, \quad (66)$$

где F_0 – площадь, расположенная внутри средней линии контура, м^2 ;

δ_l – толщина стенки элементов контура, м;

S_l – длина средней линии элементов контура, м.
 Инерционный момент кольцеобразной формы незамкнутого контура:

$$J_K = \frac{\delta^4}{3} \left(\frac{S}{\delta} - 0,63 \right), \quad (67)$$

где S – средняя длина линии всего контура, м.

$$J_{K1} = \frac{4 \cdot F_0^2}{\frac{S_l}{\delta_l}}, \quad (68)$$

$$F_0 = \frac{0,105 + 0,08}{2} \cdot 0,312 = 0,029 \text{ м}^2,$$

$$J_{K1} = \frac{4 \cdot 0,029^2}{0,092} \cdot 0,014 = 0,0005 \text{ м}^4,$$

$$J_{K2} = \frac{\delta^4}{3} \left(\frac{S_2}{\delta_2} - 0,63 \right),$$

$$J_{K2} = \frac{0,012^4}{3} \left(\frac{0,32}{0,012} - 0,63 \right) = 0,00000018 \text{ м}^4,$$

$$J_{K3} = \frac{4 \cdot F_0^2}{\frac{S_3}{\delta_3}},$$

$$F_0 = 0,12 \cdot 0,052 = 0,0062 \text{ м}^2,$$

$$J_{K3} = \frac{4 \cdot 0,0062^2}{\frac{0,052}{0,0048}} = 0,000014 \text{ м}^4.$$

По уравнению ниже мы можем найти инерционный момент кручения:

$$J_K = J_{K1} + J_{K2} + J_{K3}, \quad (69)$$

$$J_K = 0,0005 + 0,00000018 + 0,000014 = 0,00051 \text{ м}^4,$$

$$M_{K1} = 59,5 \cdot \frac{0,0005}{0,00051} = 58,3 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{K2} = 59,5 \cdot \frac{0,00000018}{0,00051} = 0,021 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{K3} = 59,5 \cdot \frac{0,000014}{0,00051} = 1,63 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для таких профилей как EG и AMKL касательное напряжение можно определить по формуле:

$$\tau = \frac{M_{KI}}{2 \cdot \delta \cdot F_{OI}}, \quad (70)$$

Касательное напряжение незамкнутого профиля MB определяем:

$$\tau = \frac{M_{K3} \cdot \delta}{J_{R2}}, \quad (71)$$

$$\tau_{AMKL} = \frac{58,3}{2 \cdot 0,014 \cdot 0,029} = 71798 \text{ кН/м}^2,$$

$$\tau_{EG} = \frac{1,63}{2 \cdot 0,0045 \cdot 0,0062} = 29211,4 \text{ кН/м}^2,$$

$$\tau_{MB} = \frac{0,0091 \cdot 0,012}{0,00000018} = 606,7 \text{ кН/м}^2.$$

Сумму всех касательных напряжений определяем ниже:

$$\tau = \tau_{AMKL} + \tau_{EG} + \tau_{MB}, \quad (72)$$

$$\tau = 71798 + 29211,4 + 606,7 = 101616,1 \text{ кН} \cdot \text{м}^2 = 101,6 \text{ МПа}.$$

Определяем прочность сечения по уравнению:

$$\sigma_{СVM} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} < [\sigma], \quad (73)$$

где $[\sigma]$ – максимальное возможное напряжение, $[\sigma] = 520 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{СVM} = \sqrt{3,92^2 + 4 \cdot 101,6^2} = 203,24 \text{ МПа},$$

$$203,24 < 520.$$

Проверка на прочность соответствует.

Снизу можно рассмотреть усилия, направленных на отвал (рисунок 22).

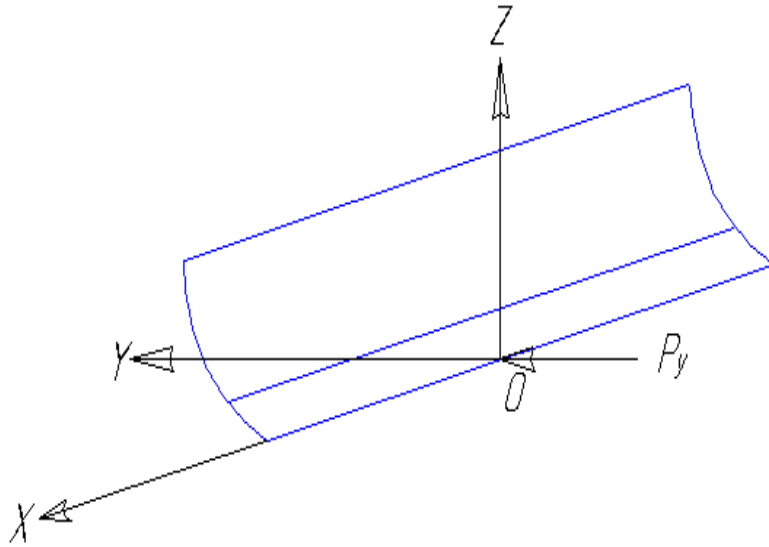


Рисунок 22 – Схематическое действие усилий на отвал

Находим усилие по горизонтали P_y :

$$P_y = G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{MAX}} + v \cdot \sqrt{\frac{G_B \cdot C_o}{g}}, \quad (74)$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес бульдозера, кН.

$$P_y = 16,8 \cdot 9,8 \cdot 0,9 + 83,3 \cdot \sqrt{\frac{16,8 \cdot 9,8 \cdot 53,12}{9,8 \cdot 10^2}} = 397 \text{ кН} .$$

2.5.4 Четвертое расчетное положение

На рисунке 23 изображено копательное действие центра отвала с максимальным значением тяги и одновременным выглублением. Движение бульдозера происходит горизонтально и в гидроцилиндрах возникают усилия, достаточного для опрокидывания машины касательно точки В (рисунок 24).

Находим усилие по вертикали P_z :

$$P_z = -G_{\text{б.м.}} \cdot \frac{l_B}{l_C}, \quad (75)$$

$$P_z = -15,7 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,9}{2,12} = -6,66 \text{ кН}.$$

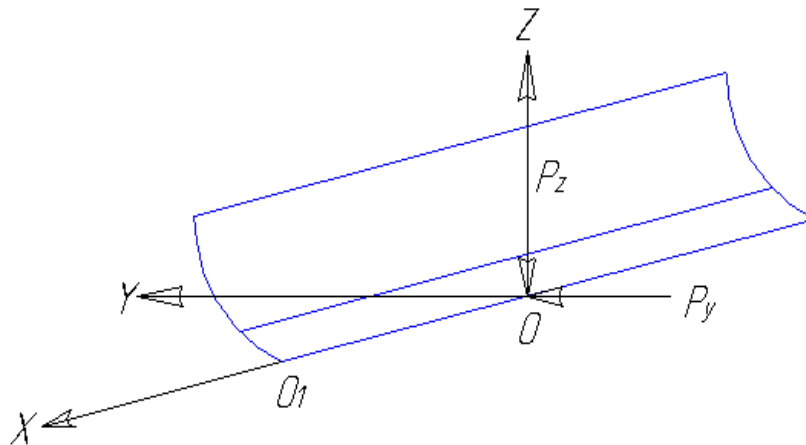


Рисунок 23 – Схематическое изображение усилий, действующих на отвал

Определяем усилие по горизонтали P_y :

$$P_y = (G_B + P_z) \cdot \varphi_{MAX} + v \cdot \sqrt{\frac{G_B \cdot C_o}{g}}, \quad (76)$$

$$P_y = (18,3 \cdot 9,81 - 6,66) \cdot 0,9 + 83,3 \cdot \sqrt{\frac{164,64 \cdot 53,12}{9,8 \cdot 10^2}} = 273,36 \text{ кН}.$$

2.6 Выбор гидроцилиндра подъема отвала

В этом разделе мы выберем поднимающийся и опускающийся гидроцилиндр. Для этого рассмотрим такой момент: рабочая машина движется по горизонтали, походу делая углубления отвала в землю и одновременно упирается в преграду с врезанием в плотную текстуру грунта [8]. В следствие этого появляются силы, из-за которых происходит опрокидывание рабочей машины относительно точки В.

Суммарное значение таких моментов будет равной:

$$\sum M_B = 0,$$

$$G_T \cdot l_1 + G_{PO} \cdot l_2 - P_2 \cdot l_3 = 0,$$

$$P_2 = \frac{G_T \cdot l_1 + G_{PO} \cdot l_2}{l_3},$$

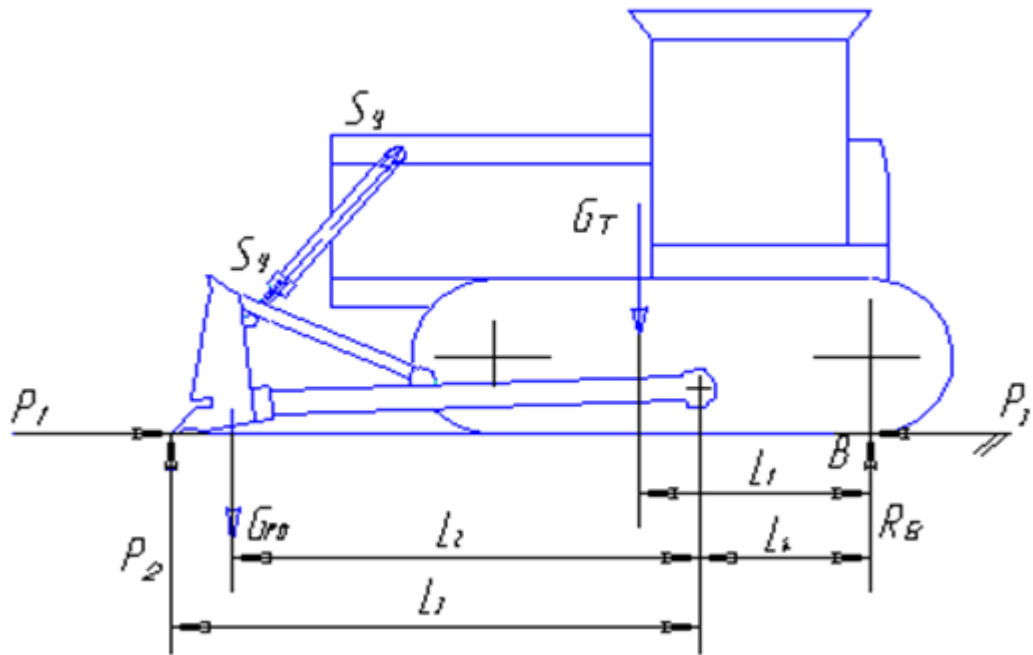


Рисунок 24 – Схематическое изображение опрокидывания бульдозера касательно точки В

$$P_2 = \frac{15,7 \cdot 9,81 \cdot 1,65 + 3,3 \cdot 9,81 \cdot 3,61}{4,6} = 80,6 \text{ кН}.$$

$$P_1 = T_{\max} = G_{cy} \cdot \varphi_{\max}, \quad (77)$$

$$P_1 = 18,3 \cdot 9,81 \cdot 0,9 = 161,6 \text{ кН}.$$

Не беря в счет бульдозер, далее находим силу, возникающую в цилиндре по формуле ниже (рисунок 25):

$$S_{ц} = \frac{P_2 \cdot l_3 - P_1 \cdot l_1 - G_{PO} \cdot l_2}{r},$$

$$S_{ц} = \frac{80,6 \cdot 3,48 - 161,6 \cdot 0,32 - 3,3 \cdot 9,81 \cdot 2,43}{2,06} = 72,7 \text{ кН}.$$

Следующим находим диаметр самого цилиндра:

$$\frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4} \cdot p_H = \frac{S_{ц1P}}{2}, \quad (78)$$

где $D_{ц}$ – диаметр гидроцилиндра, м;

p_H – нормальное давление жидкости в гидроцилиндре, Па.

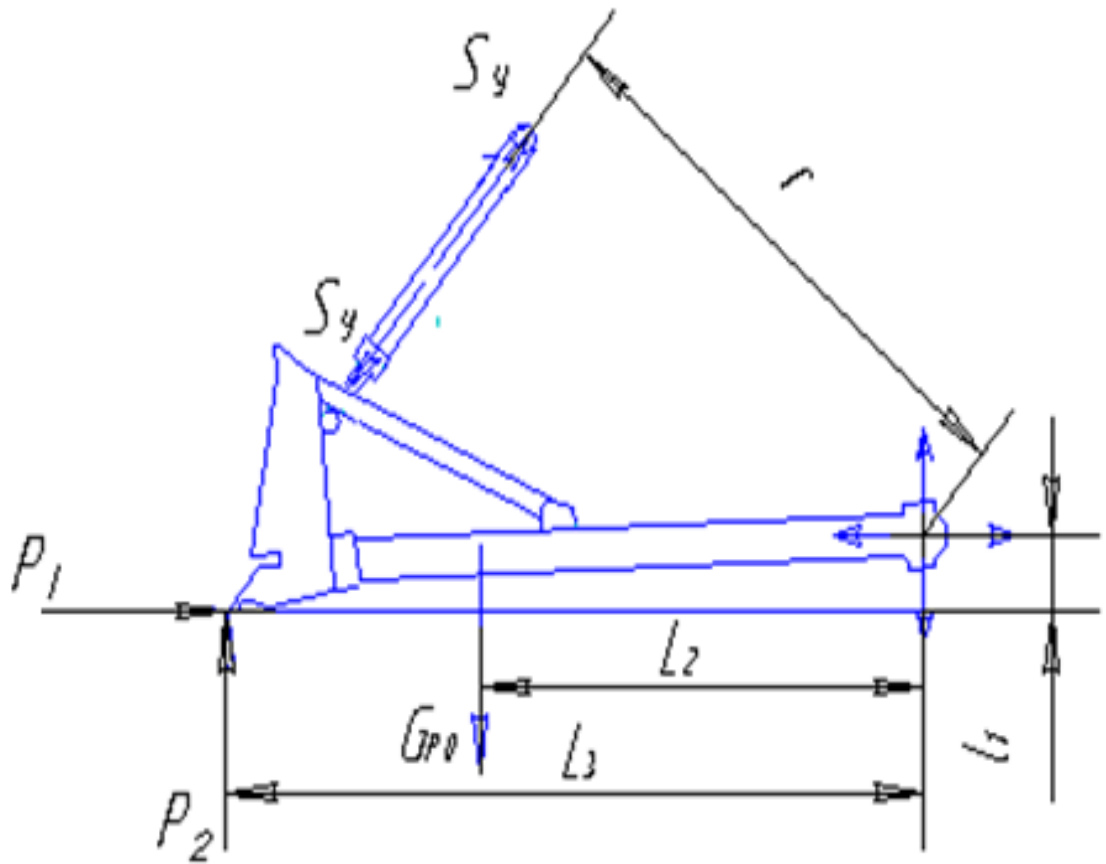


Рисунок 25 – Действие сил на навесное оборудование

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{2 \cdot S_{1P}}{\pi \cdot p_H}}, \quad (79)$$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{2 \cdot 64400}{3,14 \cdot 16000000}} = 0,0506 \text{ м.}$$

Нужно найти следующее значение: рабочая машина зацепилась за преграду отвалом при совершении рабочих маневров, поэтому дальше она не может двигаться, водитель машины старается поднять сам отвал, и образуется усилие опрокидывающее бульдозер относительно точки А (рисунок 26)..

$$\sum M_A = 0$$

$$G_T \cdot l_2 - G_{PO} \cdot l_1 - P_2 \cdot l_3 = 0,$$

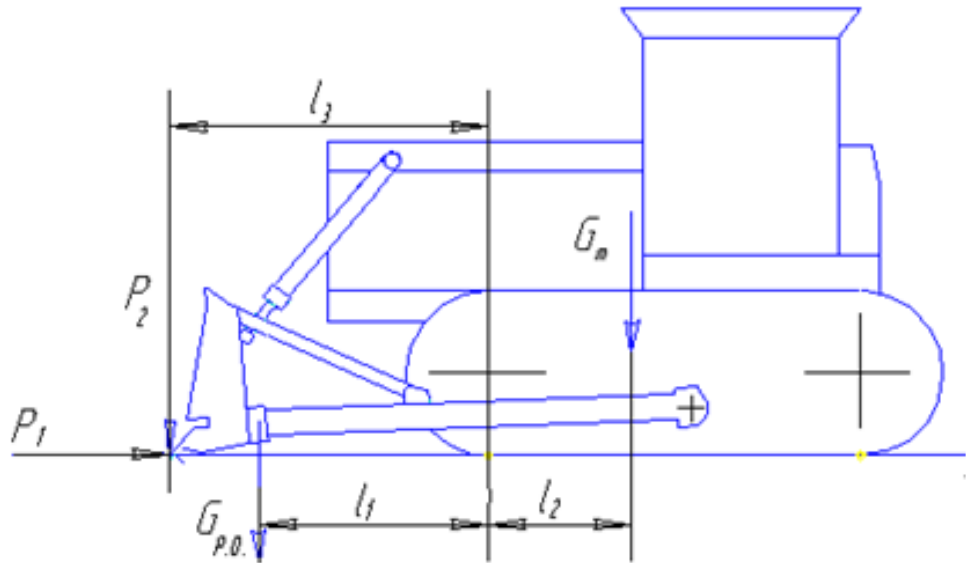


Рисунок 26 – Действие сил на бульдозер

$$P_2 = \frac{G_Y \cdot l_2 - G_{PO} \cdot l_1}{l_3},$$

$$P_2 = \frac{15,7 \cdot 9,81 \cdot 0,9 - 3,3 \cdot 9,81 \cdot 0,6}{2,12} = 56,2 \text{ кН}.$$

Не учитывая бульдозер мы находим значение усилия $S_{ц2}$:

$$\sum M_C = 0$$

$$S_{ц2} = \frac{P_2(l_3 + l_2) + G_{PO} \cdot (l_1 + l_2)}{r},$$

$$S_{ц2} = \frac{56,2(2,12 + 0,9) + 3,3 \cdot 9,81 \cdot (0,6 + 0,9)}{2,06} = 105,9 \text{ кН}.$$

Далее определяем цилиндрический диаметр:

$$\frac{\pi \cdot D_{ц}^2 - d_{ц}^2}{4} \cdot P_{\max} = \frac{S_{ц2}}{2}, \quad (80)$$

где P_{\max} – максимальное давление, Па;

$D_{ц}$ – диаметр штока гидроцилиндра, $D_{ц} = 0,06$ м.

$$p_{\max} = p_{\text{НОМ}} \cdot (1,1 \div 1,2), \quad (81)$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{2 \cdot S_{\text{ц}2}}{\pi \cdot p_{\max}} + d_{\text{ц}}^2}, \quad (82)$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 105900}{3,14 \cdot 1,1 \cdot 16000000} + 0,0036} = 0,102 \text{ м}.$$

И делаем выбор гидроцилиндра 1.16.ОУ-122×60×1300.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С растущими темпами развития строительной индустрии использование землеройных машин имеет большой спрос. Каждый день возрастают требования относительно строительных машин, и поэтому производителям строительной техники приходится придумывать и создавать более эффективные и более функциональные землеройные машины.

Одним из вариантов землеройных машин можно выделить бульдозер – это трактор базовой комплектации, на который устанавливается навесное оборудование. Его применяют для различных работ, например, ремонтные работы и строительство дорог, перемещение полезных ископаемых или грунтов, послойное копанье и так далее. Для улучшения качества и эффективности работ бульдозера, производители модернизируют и улучшают комплектацию машин, что приводит к более качественным работам.

В моей дипломной работе я рассмотрел вариант усовершенствования рабочего приспособления машины с поворачивающимся отвалом на основании трактора Т-170, для увеличения его производительности, практичности и выгоды.

Поэтому я проанализировал патент, в котором были даны максимальные данные возможного улучшения бульдозера. Помимо этого, я произвел расчеты технических параметров и максимальные данные производительности бульдозера, прочностные характеристики, и выбрал подходящий гидроцилиндр. Учитывая все необходимые данные в своей работе я предлагаю совершенно новую модель бульдозера с поворачивающимся отвалом, который в свою очередь может изменять положение в трех вариантах. Здесь применены новый вид рамы и добавлены пара гидроцилиндров, что помогают расширить эксплуатационные возможности бульдозера.

Усовершенствованный бульдозер с поворачивающимся отвалом обладает большими возможностями относительно своих собратьев, а конкретно может совершать вращающиеся движения отвала по трем плоскостям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бородачев И.П. Справочник конструктора дорожных машин. М., “Машиностроение”, 1973 – 504 с.
- 2 Алексеева Т.В., Артемьев К.А. Дорожные машины. Часть 1 Машины для земляных работ (теория и расчёт): Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.
- 3 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: 1,2,3, том. 5-е издание, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980.
- 4 Баловнев В. И. Дорожно-строительные машины с рабочим органом интенсифицирующего действия: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.
- 5 Ветров Ю.А. Расчёты сил резания и копания грунтов. Изд. Киевского университета, 1965. – 412 с.
- 6 Бромберг А.А. Машины для земляных работ. Атлас конструкций. М., “Машиностроение” 68. – 140 с.
- 7 Броневич Г.А. Курсовое и дипломное проектирование по специальности строительные машины и оборудование. М., “Стройиздат”, 1973 – 240 с.
- 8 Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 302 с.
- 9 Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
- 10 Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Землеройно-транспортные машины. М., “Машиностроение”, 1965 – 276 с.
- 11 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М., “Высшая школа”, 2001 – 447 с.
- 12 Чекмарев А. А. Справочник по машиностроительному черчению. М.: “Машиностроение”, 1985. – 468 с.
- 13 Строительные нормы и правила IV - 3 - 82: Часть IV, сметные нормы и правила. Глава 3, правила определения сметной стоимости эксплуатации строительных машин. - М.: Стройиздат, 1984. – 77 с.
- 14 Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные земляные работы. – М.: Издание официальное, 1988. – 223 с.
- 15 Зеленков Г.И. Проектирование предприятий по ремонту строительных и дорожных машин.
- 16 И. А. Биргер. Справочник. Расчет на прочность деталей машин. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
- 17 Иванов Н. И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 223с.

18 Власов А.Ф. Предупреждение производственного травматизма: Учебное пособие. - М.: Профиздат, 1973. – 201 с.

19 <http://chtz-uraltrac.ru/news/topics/532.php>

20 http://sinref.ru/000_uchebniki/05300_traktora/010_00_traktor_t_330_46_5_to_tehopisanie_instrukcia_po_expl_egorov_1986/055.htm

21 <http://www.chtz-parts.ru/manual/68/378/>

22 http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/Rabochie_organ@i_i_ob@tekt@i_vozdejstviya/Prakt/prakt3.htm

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Батырбек Ш.Е.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Модернизация бульдозера с поворотным отвалом на базе трактора Т-170

Научный руководитель: Шолпан Ахметова

Коэффициент Подобия 1: 2.1

Коэффициент Подобия 2: 0.5

Микропробелы: 379

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата

15.06.23

Заведующий кафедрой

