

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

Мұстахан Әділхан

Повышение эксплуатационных возможностей рабочего оборудования экскаватора

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

6B07108 - 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

6B07108 – Транспортная инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Технологические машины и транспорт  
Кандидат технических наук

 Бортебаев С.А.  
« 28 » 11 2023г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Мустахан Әділхан

Тема: «Повышение эксплуатационных возможностей рабочего оборудования экскаватора»

Утверждена приказом Ректора Университета за №408-П-Ө от 23.11.2023 г

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе: Повышения работоспособности, а также  
производительности экскаватора ЭО-4121 благодаря внесенной новой детали.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Патентно-технический анализ.

б) Описание проектируемой конструкции и внесенных в нее изменений.

в) Расчёт основных параметров.

г) Разработка предложений по повышению безопасности.

Перечень графического материала: представлены 10 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 11 наименований

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Патентно-технический анализ	23.11.2022 г. - 01.02.2023 г.	выполнено
Чертежи общего вида, рабочего оборудования	02.02.2023 г. - 15.03.2023 г.	выполнено
Расчёт основных параметров и разработка предложений	16.03.2023 г. – 30.05.2023 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
Патентно-технический анализ	А.Т. Альпеисов Кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор	30.05.2023г.	<i>Альпеисов</i>
Чертежи общего вида, рабочего оборудования	А.Т. Альпеисов Кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор	02.05.2023г.	<i>Альпеисов</i>
Расчёт основных параметров	А.Т. Альпеисов Кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор	03.05.2023г.	<i>Альпеисов</i>
Нормоконтроллер	А.Т. Альпеисов Кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор	05.05.2023г.	<i>Альпеисов</i>

Научный руководитель

*Альпеисов*

Альпеисов А.Т.

Задание принял к исполнению обучающийся

*Мустахан*

Мустахан Э.

Дата

"23" ноября 2022 г.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломный проект исследует возможность повышения эксплуатационных возможностей рабочего оборудования экскаватора, с целью повышения его функциональности и производительности, а также снижения его энергоемкости. В ходе исследования проводится анализ текущих возможностей рабочего оборудования экскаватора и выявляются его ограничения в различных рабочих ситуациях. Затем предлагаются инновационные методы и технологии, которые могут повысить функциональность и производительность оборудования, учитывая требования и потребности в различных отраслях, таких как строительство, горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жоба экскаватордың жұмыс жабдығының функционалдығы мен өнімділігін арттыру, сондай-ақ оның энергия сыйымдылығын төмендету мақсатында оның пайдалану мүмкіндіктерін арттыру мүмкіндігін зерттейді. Зерттеу барысында экскаватордың жұмыс жабдықтарының ағымдағы мүмкіндіктеріне талдау жасалады және оның әртүрлі жұмыс жағдайларындағы шектеулері анықталады. Содан кейін Құрылыс, тау-кен және ауыл шаруашылығы сияқты әртүрлі салалардың талаптары мен қажеттіліктерін ескере отырып, жабдықтың функционалдығы мен өнімділігін арттыра алатын инновациялық әдістер мен технологиялар ұсынылады.

## **ANNATATION**

The diploma project explores the possibility of increasing the operational capabilities of the excavator's working equipment, in order to increase its functionality and productivity, as well as to reduce its energy consumption. The study analyses the current capabilities of the excavator's working equipment and identifies its limitations in various operational situations. Innovative methods and technologies are then introduced that can improve the functionality and productivity of the equipment, considering the requirements and needs of various industries such as construction, mining and agriculture.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Обоснование выбора темы дипломного проекта и анализ различных сфер, где можно практически применить полученные результаты и рекомендации	8
1.1 Патентно-технический анализ	8
1.2 Современные конструкции экскаваторов предназначены для многообразных задач и эффективно применяются в различных областях, где требуется их функциональность и производительность	18
1.3 В данном разделе представлено описание разрабатываемой конструкции и детально рассмотрены внесенные в нее улучшения и модификации	20
1.4 Доводы, подтверждающие техническую целесообразность предлагаемых проектных решений	22
2 Расчет основных характеристик	24
2.1 Выбор главных характеристик	24
2.2 Баланс мощности привода	24
2.3 Проведение расчета гидравлической системы экскаватора	24
2.4 Расчет и подбор основного гидравлического оборудования	30
2.4.1 Расчет гидроцилиндров	30
2.4.2 Выбор насоса	32
3 Расчет элементов ковша на прочность	34
4 Формулирование рекомендаций для улучшения безопасности эксплуатации экскаватора	36
Заключение	44
Список использованной литературы	45

## ВВЕДЕНИЕ

Сокращение затрат труда и повышение производительности при выполнении земляных работ достигается путем применения современных и высокоэффективных землеройных машин, использования комплектов съемного навесного оборудования и новых средств механизации. Это позволяет сократить ручной труд на отдельных технологических процессах и операциях, а также применить эффективные методы механизации и новые технологии производства земляных работ, исключив ранее ручные процессы. Для индустриализации строительного производства необходимо использование специализированных транспортных средств и машин с более высокой мощностью, что позволяет более эффективно и экономично выполнять поставленные задачи.

Первое место по популярности среди машин, применяемых на строительных площадках для земляных работ, перегрузки материалов и других операций, занимает экскаватор. В настоящее время экскаваторы являются неотъемлемой частью любого строительного проекта. Их высокая производительность, способность работать в различных условиях, надежность и разнообразие выполняемых земляных работ позволяют широко использовать эти машины в различных сферах народного хозяйства.

В рамках данного дипломного проектирования будет выполнена работа по модернизации рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора на пневмоколесном ходу с целью повышения его эффективности и возможности выполнения как основных, так и вспомогательных работ. Будет разработана принципиальная гидравлическая схема модернизированного оборудования, а также будет произведен расчет гидравлической системы модернизированного рабочего оборудования. Это крайне важно, поскольку асфальтобетонное покрытие будет разрушаться с помощью дисковых ножей и рыхлительного зуба, управляемых гидроцилиндром, который полностью использует мощность гидросистемы экскаватора и создает значительное усилие на режущем крае рыхлительного зуба. Таким образом, обеспечивается более эффективная разработка асфальтобетонных покрытий.

# **1 Обоснование выбора темы дипломного проекта и анализ различных сфер, где можно практически применить полученные результаты и рекомендации**

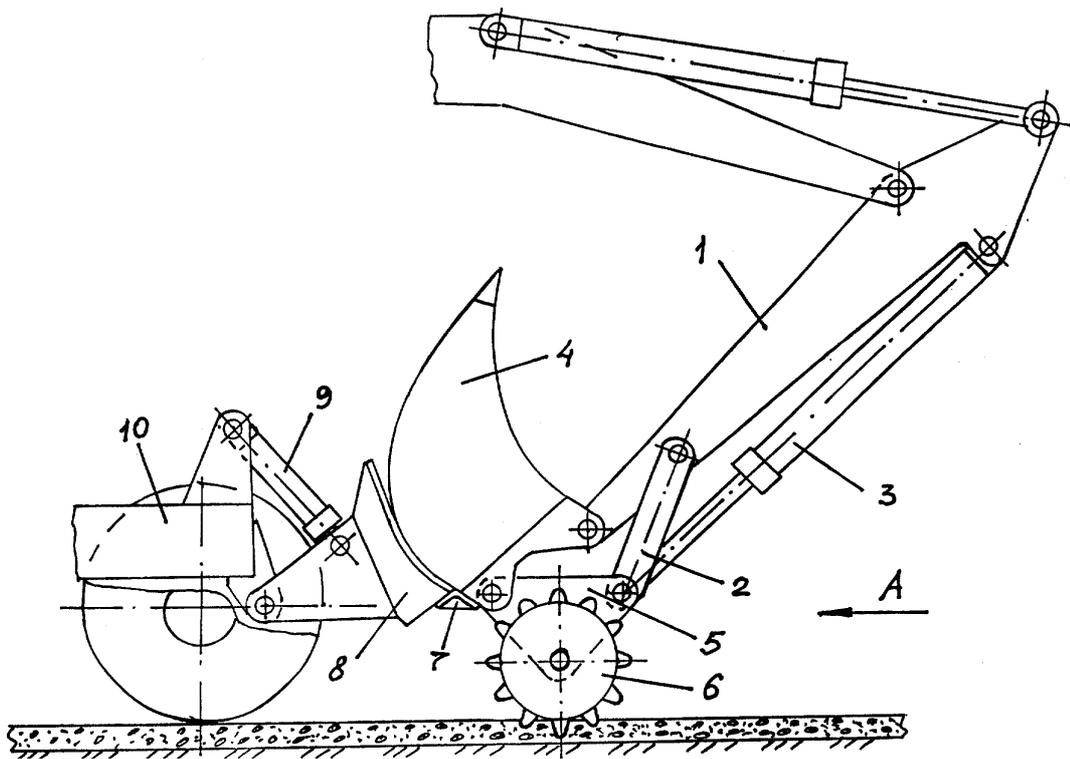
## **1.1 Патентно-технический анализ**

Среди ключевых стратегических направлений развития техники, ведущие производители выделяют повышение производительности и эффективности дорожно-строительных машин. В настоящее время для достижения более высоких темпов производительности на строительных объектах требуется разнообразный парк машин. Однако, с точки зрения экономики, пополнение парка машин новыми техническими средствами требует значительных финансовых вложений. Для повышения производительности и сокращения затрат на труд, организациям необходимо внести существенные качественные изменения в машины и оборудование, осуществляя принципиальное улучшение средств механизации.

В целях достижения данных показателей был проведен тщательный поиск и анализ следующих патентных документов:

Изобретение № 2255180, Курилов Е.В., Гаврилов Ю.М., Вавилов А.С.  
(Рисунок 1.1)

Представленное изобретение относится к области землеройной техники, в частности к рабочему оборудованию гидравлических экскаваторов. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора включает компоненты, такие как рукоять, ковш, поворотный рычаг с гидроцилиндром управления и дополнительный рабочий орган, состоящий из Т-образной рамы и дисковых ножей. Ковш соединен с поворотным рычагом и гидроцилиндром управления посредством Т-образной рамы, на которой установлены свободно вращающиеся дисковые ножи. Также ковш оснащен кронштейном на задней стенке, который используется для упора в бульдозерный отвал, закрепленный на раме экскаватора. Благодаря этой конструкции производительность оборудования повышается.



***Вид А***

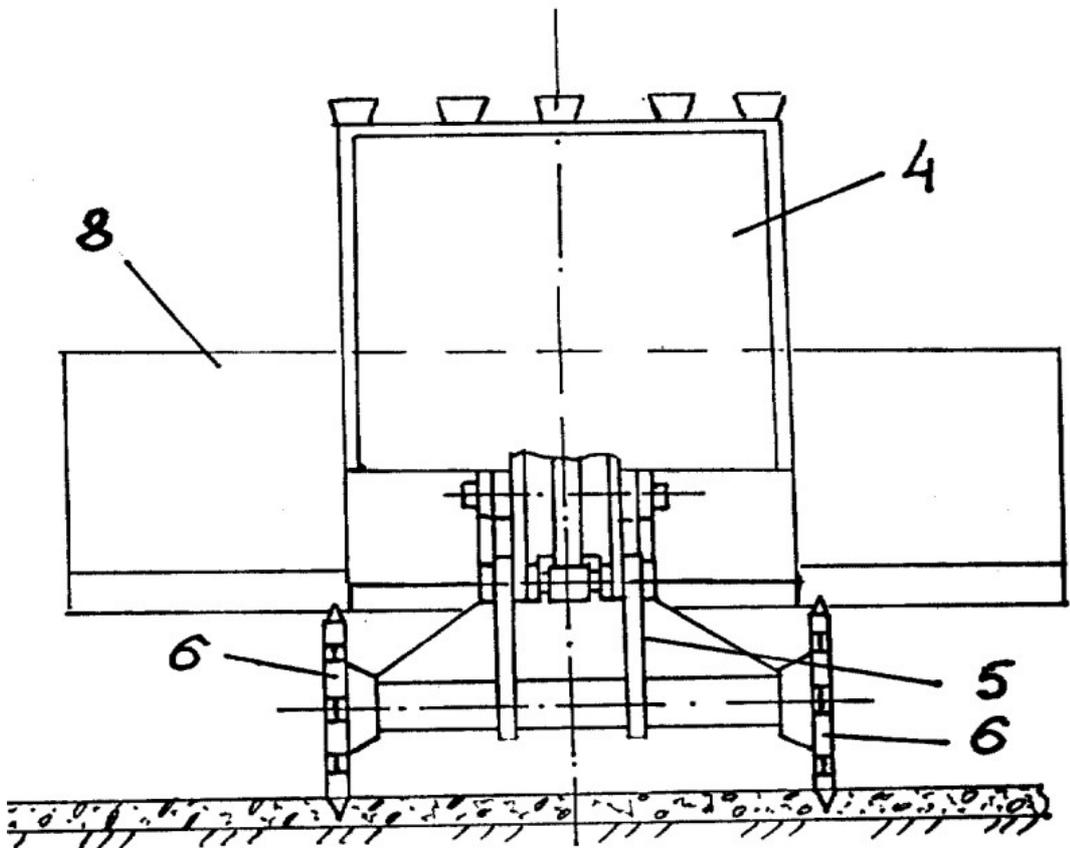


Рисунок 1.1 - Рабочее оборудование экскаватора

Оборудование гидравлического экскаватора включает следующие компоненты: рукоять 1, поворотный рычаг 2 с гидроцилиндром управления 3, ковш 4, Т-образная рама 5 с двумя свободно вращающимися дисковыми ножами 6, имеющими зубчатую режущую кромку, превышающую ширину ковша 4. Ковш 4 также оснащен кронштейном 7 на его задней стенке, который используется для упора в бульдозерный отвал 8, оснащенный гидроцилиндром управления 9 и закрепленный на раме 10 экскаватора. В свою очередь, ковш 4 шарнирно соединен с поворотным рычагом 2 и гидроцилиндром управления 3 через Т-образную раму 5.

Изобретение № 2266371, Хребто Е.С., Хребто И.Ф., Богданов А. М., Хребто С.И. (рисунок 1.2)

Изобретение относится к области горного и строительного дела. Рабочее оборудование гидравлических одноковшовых экскаваторов, которое представляет собой обратную лопату, включает изогнутую стрелу. С ней связана шарнирно телескопически раздвижная рукоять, состоящая из основной и вспомогательной телескопически выдвигной частей, а на внешнем конце последней установлен ковш. Для поворота стрелы и рукояти применяются гидродомкраты. Вспомогательная телескопически выдвигная часть рукояти имеет возможность выполнять прямолинейное движение на максимальную длину с помощью гидродомкрата раздвижки, который работает относительно жесткого направляющего устройства. Вспомогательная телескопически выдвигная часть рукояти выполнена в форме прямоугольной пустотелой призмы с параллельными гранями. Жесткое направляющее устройство представляет собой охватывающую прямоугольную призму с параллельными гранями, которая состоит из боковых и задней поверхностей основной части рукояти и внутренней пластины, закрепленной на всю длину перемещения вспомогательной телескопически выдвигной части рукояти. Гидродомкрат раздвижки рукояти размещен внутри вспомогательной телескопически выдвигной части. Данная конструкция повышает надежность работы экскаватора.

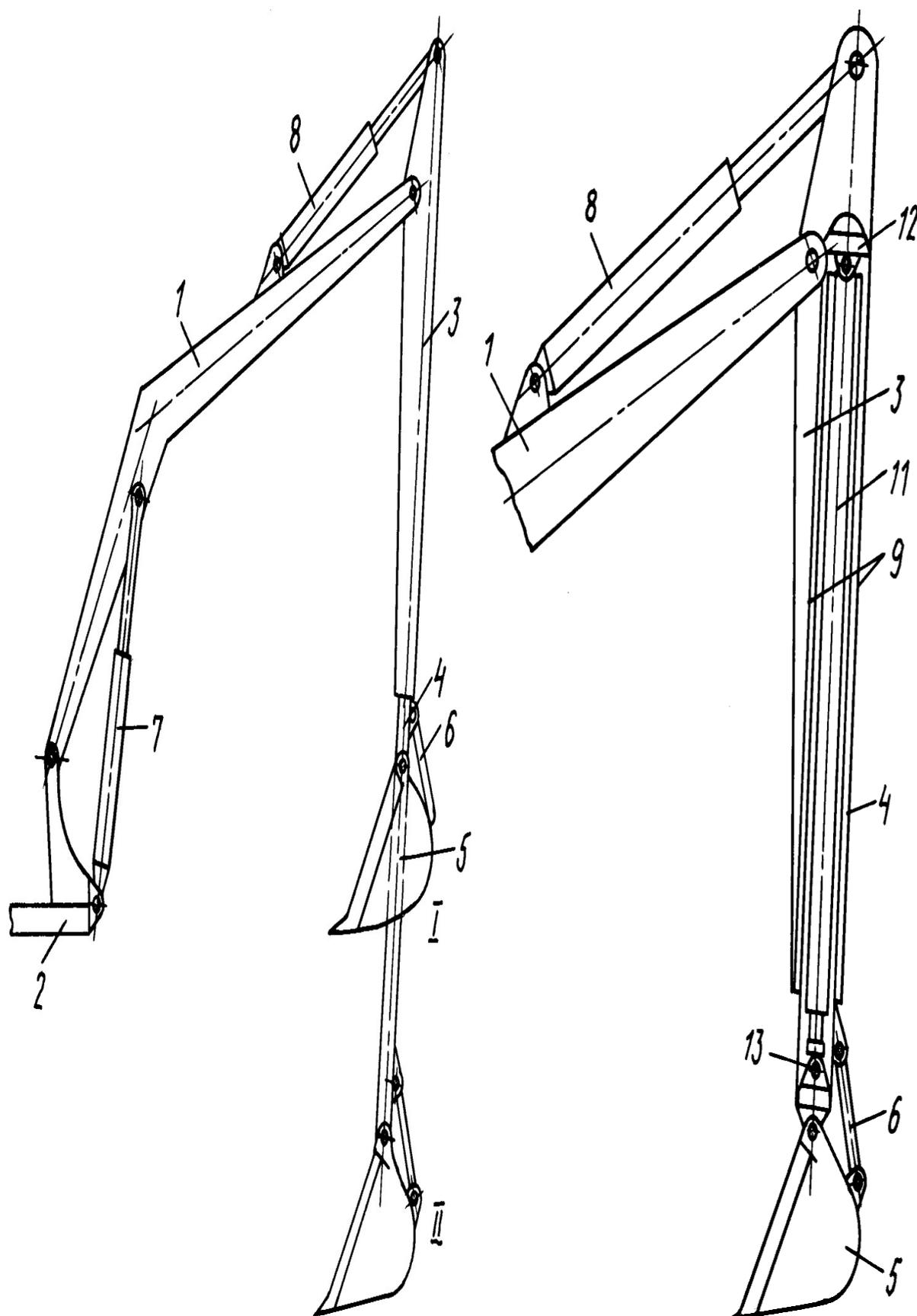
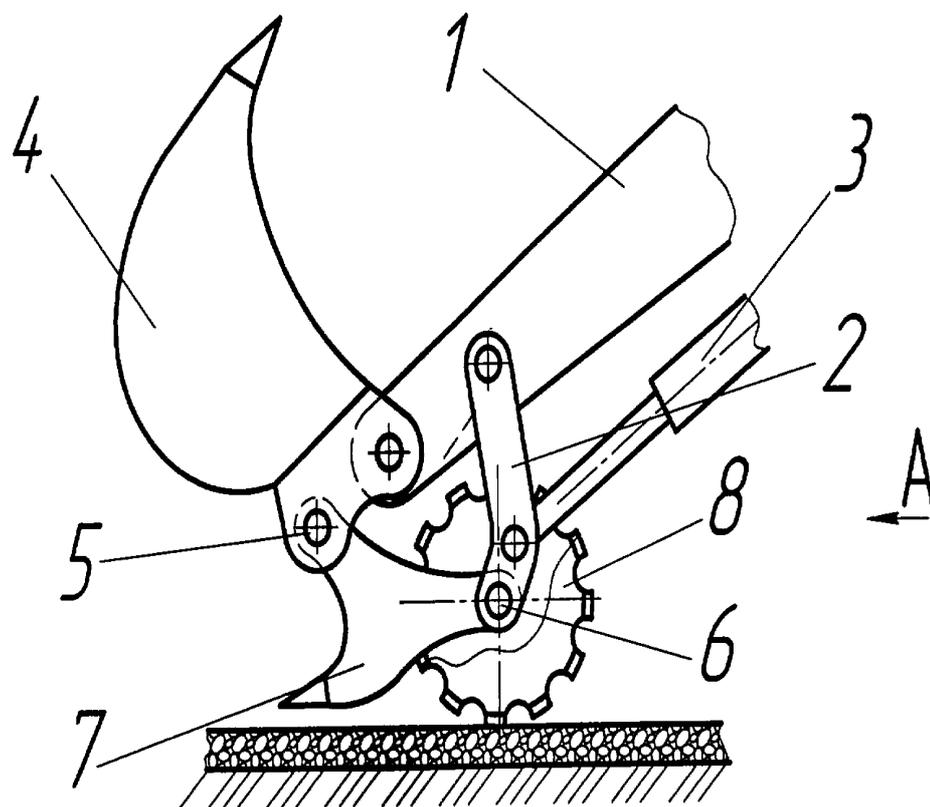


Рисунок 1.2 – Рабочее оборудование экскаватора

Оборудование гидравлического экскаватора состоит из моноблочной изогнутой стрелы 1, которая устанавливается на поворотной платформе 2 экскаватора. На конце стрелы 1 с помощью шарнира закреплена рукоять, которая состоит из основной части 3 и вспомогательной телескопически выдвигной части 4. На внешнем конце вспомогательной телескопически выдвигной части 4 установлен ковш 5. Поворот стрелы 1 осуществляется с помощью гидродомкратов 7, а поворот рукояти, состоящей из основной части 3 и вспомогательной телескопически выдвигной части 4, осуществляется с помощью гидродомкрата 8. Внутри основной части 3 рукояти находится жесткое направляющее устройство 9, которое представляет собой прямоугольную призму, состоящую из боковых и задней граней, а также жесткой пластины, закрепленной внутри основной части 3 рукояти. Грани призмы параллельны друг другу. Длина жесткой пластины 10 равна перемещению вспомогательной части 4 рукояти. Вспомогательная телескопически выдвигная часть 4 рукояти также выполнена в виде прямоугольной пустотелой призмы с параллельными гранями и размещена внутри охватывающей призмы 9 основной части рукояти 3. Внутри вспомогательной телескопически выдвигной пустотелой части 4 рукояти находится гидродомкрат 11 раздвижки рукояти, который своим цилиндром, через шарнир 12, прикреплен к внутренней стороне основной части 3 рукояти, а его шток, через шарнир 13, связан с нижней внутренней стороной вспомогательной телескопически выдвигной части 4 рукояти. Оси шарниров 12 и 13 перпендикулярны продольной плоскости рукояти, что позволяет снизить изгибные нагрузки на гидродомкрат 11 раздвижки рукояти в процессе копания.

Изобретение № 2358067, Курилов Е. В., Фурманов Д. В., Алексеев А. А. (рисунок 1.3)

Данное изобретение относится к сфере землеройных машин, а именно к разработке рабочего оборудования для одноковшовых гидравлических экскаваторов, специально предназначенных для эффективного разрушения асфальтобетонных покрытий.



Вид А

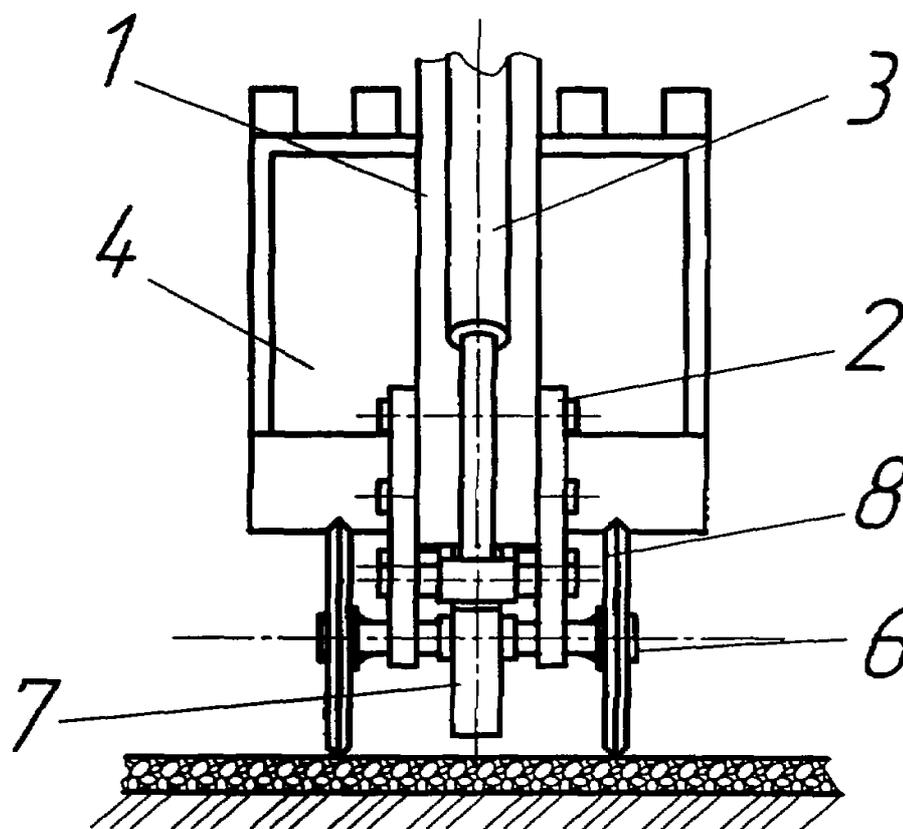


Рисунок 1.3 – Рабочее оборудование экскаватора

Основной техникой результат данного изобретения заключается в значительном повышении эффективности рабочего оборудования. Оборудование гидравлического экскаватора включает следующие компоненты: рукоять, состоящая из одной основной части; два поворотных рычага с гидроцилиндром управления; два дисковых ножа, способные свободно вращаться; и ковш, который шарнирно закреплен на рукояти. Особенность заключается в том, что ковш соединен с поворотным рычагом и гидроцилиндром управления с помощью рыхлительного зуба. Дисковые ножи, в свою очередь, закреплены на одной оси с шарниром, который соединяет поворотные рычаги и рыхлительный зуб, симметрично расположенный с обеих сторон.

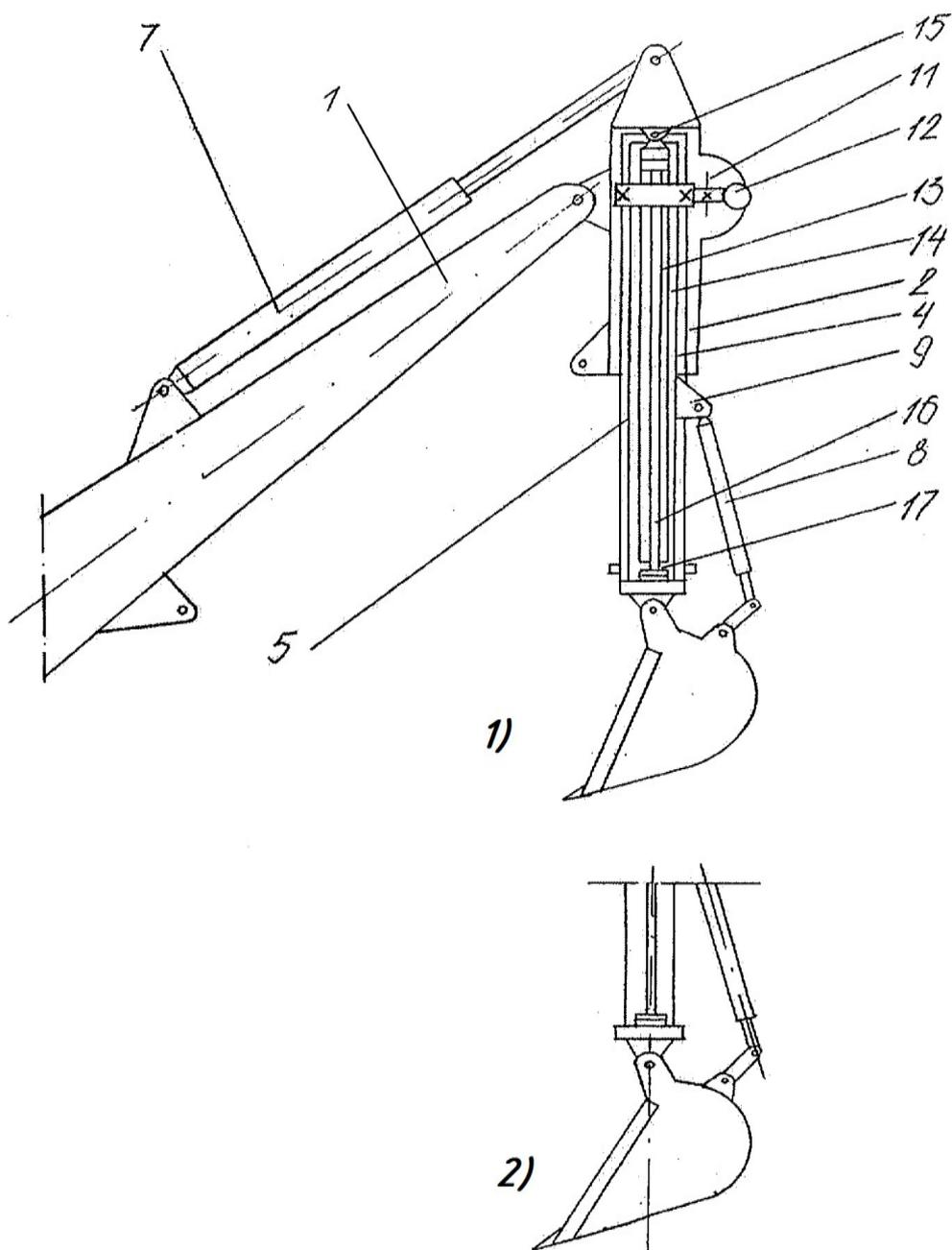
В рабочем оборудовании экскаватора предусмотрены следующие компоненты: рукоять 1, на которой установлены два поворотных рычага 2 с гидроцилиндром управления 3 и ковш 4. Для соединения ковша 4 и поворотного рычага 2 используются оси 5 и 6, которые служат шарнирным соединением. Кроме того, между ковшом 4 и поворотным рычагом 2 располагается рыхлительный зуб 7, который также закреплен на оси 6. Чтобы обеспечить симметричное расположение, дисковые ножи 8 закреплены на одной оси 6 с шарниром, соединяющим поворотные рычаги 2 и рыхлительный зуб 7 с обеих его сторон.

Изобретение № 2310044 Хребто И. Ф., Хребто Е. С., Богданов А. М., Хребто С. И. (рисунок 1.4)

Изобретение относится к сфере горного дела и строительства, предназначено для улучшения работы экскаваторов при выемке грунтов и полезных ископаемых на больших глубинах и высотах различных выемок и карьеров. Основная задача состоит в создании возможности для выполнения более глубоких выемок, траншей и котлованов, а также работы в уступах с изменяющейся высотой с минимальными монтажно-демонтажными работами при переключении между различными видами оборудования.

Рабочее оборудование, которое может быть прямой или обратной лопатой, включает изогнутую моноблочную стрелу и связанную с ней шарнирно телескопически раздвижную рукоять. Рукоять состоит из кронштейна, основной части и телескопически выдвигной части, на внешнем конце последней расположен поворотный ковш. Для поворота стрелы, рукояти и ковша используются гидродомкраты, а телескопическая раздвижка осуществляется с помощью гидродомкрата и механизма поворота основной и телескопически выдвигной частей рукояти.

Внутри кронштейна рукояти размещены основная и телескопически выдвигаемая части, которые имеют трубчатую конструкцию и входят одна в другую. Механизм поворота осуществляется с использованием реечного домкрата, и основная часть и телескопически выдвигаемая часть рукояти соединены между собой шлицевым соединением, которое позволяет фиксировать положение прямой или обратной лопаты с помощью механизма поворота рукояти. Проушина для шарнирного соединения домкрата поворота ковша с телескопически выдвигаемой частью рукояти может перемещаться в продольном пазу, который выполнен в основной части рукояти и имеет длину телескопической раздвижки.



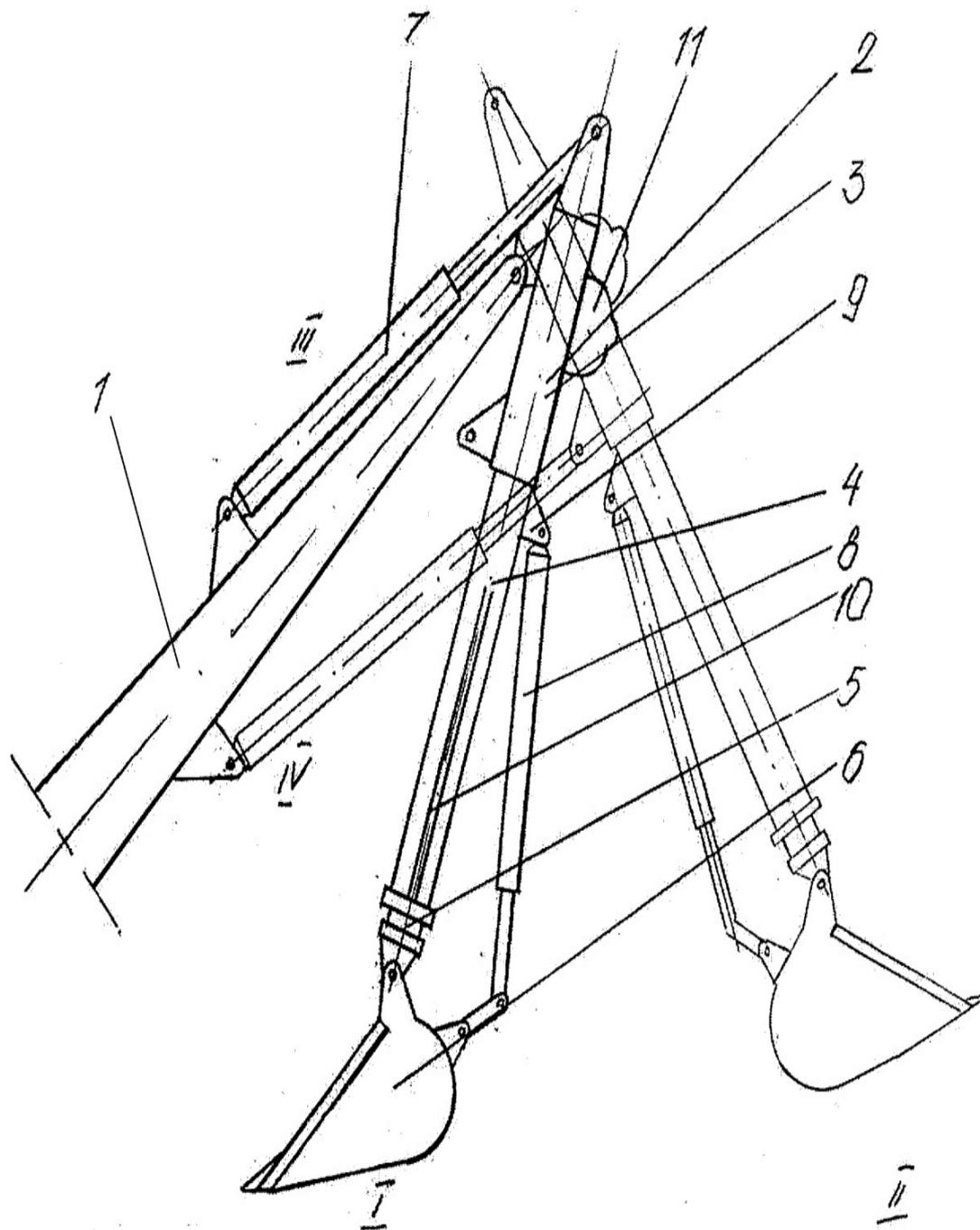


Рисунок 1.4 – Рабочее оборудование экскаватора

Цилиндр гидродомкрата телескопической раздвижки рукояти связан с верхней внутренней поверхностью кронштейна через одинарный шарнир, а шток поршня гидродомкрата телескопической раздвижки рукояти соединен с нижней внутренней поверхностью телескопически выдвигной части рукояти с помощью шарового шарнира, который предотвращает поворот поршня домкрата телескопической раздвижки рукояти при повороте основной и телескопически

выдвижной частей рукояти на угол  $180^\circ$  при изменении типа рабочего оборудования.

Оборудование гидравлического экскаватора включает в себя несколько компонентов, предназначенных для оптимизации его работы и повышения эффективности. Эти компоненты включают моноблочную изогнутую стрелу 1, на верхнем конце которой установлена шарнирная поворотная телескопически раздвижная рукоять 2. Рукоять состоит из нескольких частей, включая кронштейн 3, основную 4 и телескопически выдвижную 5 части, которые образуют трубчатую конструкцию. На внешнем конце телескопически выдвижной части 5 находится шарнирно установленный поворотный ковш 6.

Для осуществления поворота телескопически раздвижной рукояти 2 в вертикальной плоскости вокруг оси шарнира стрелы 1 используется гидродомкрат 7. Поворот ковша 6 вокруг оси шарнира телескопически выдвижной части 5 осуществляется с помощью гидродомкрата 8, установленного на проушине 9. Соединение между основной 4 и телескопически выдвижной 5 частями рукояти выполнено в виде прокатанного шлицевого 10 или шпоночного соединения.

Изменение типа рабочего оборудования с обратной лопаты на прямую осуществляется при помощи поворотного механизма 11, а гидродомкрат 7 переключается из положения III в положение IV. Механизм поворота 11 приводится в движение с помощью реечного гидродомкрата 12. Телескопическая раздвижка рукояти 2 осуществляется с помощью гидродомкрата раздвижки 13, размещенного внутри телескопически выдвижной части 5 рукояти. Такое размещение гидродомкрата позволяет достичь максимального значения телескопической раздвижки рукояти 2.

Гидродомкрат раздвижки 13 соединен своим цилиндром 14 одинарным шарниром 15 с верхней внутренней поверхностью кронштейна 3 рукояти, а шток 16 гидродомкрата соединен с нижней внутренней поверхностью телескопически выдвижной части 5 рукояти через шаровой шарнир 17, который предотвращает поворот штока с поршнем гидродомкрата раздвижки 13 при изменении типа рабочего оборудования.

На основании вышеизложенного материала, я выбрал изобретение № 2358067 в качестве основы, так как его главной задачей было повышение эффективности экскаватора и снижение экономических затрат на изготовление данной модели. Это изобретение позволяет улучшить характеристики рабочего оборудования экскаватора ЭО-4121, а также снизить стоимость и эксплуатационные затраты благодаря простоте внесенных изменений и увеличенным технологическим возможностям.

## 1.2 Современные конструкции экскаваторов предназначены для многообразных задач и эффективно применяются в различных областях, где требуется их функциональность и производительность

За модель взят экскаватор ЭО-4121, общий вид которого представлен на рисунке 1.5. Экскаватор "ЭО-4121" предназначен для использования в широком диапазоне температурных условий, начиная от -40 градусов и до +40 градусов (в тропическом исполнении - до +55 градусов). Благодаря разнообразию объемов ковшей и универсальности платформы, данный экскаватор успешно выполняет различные виды работ. Он может использоваться для рытья траншей, ям и котлованов, а также для погрузки сыпучих и мелкодробленых материалов, включая возможность использования вил или грейфера. Кроме того, экскаватор способен осуществлять дробление твёрдых пород с помощью гидромолота и рыхление грунта съёмным зубом. Таким образом, он обладает высокой эффективностью и гибкостью в различных рабочих условиях.

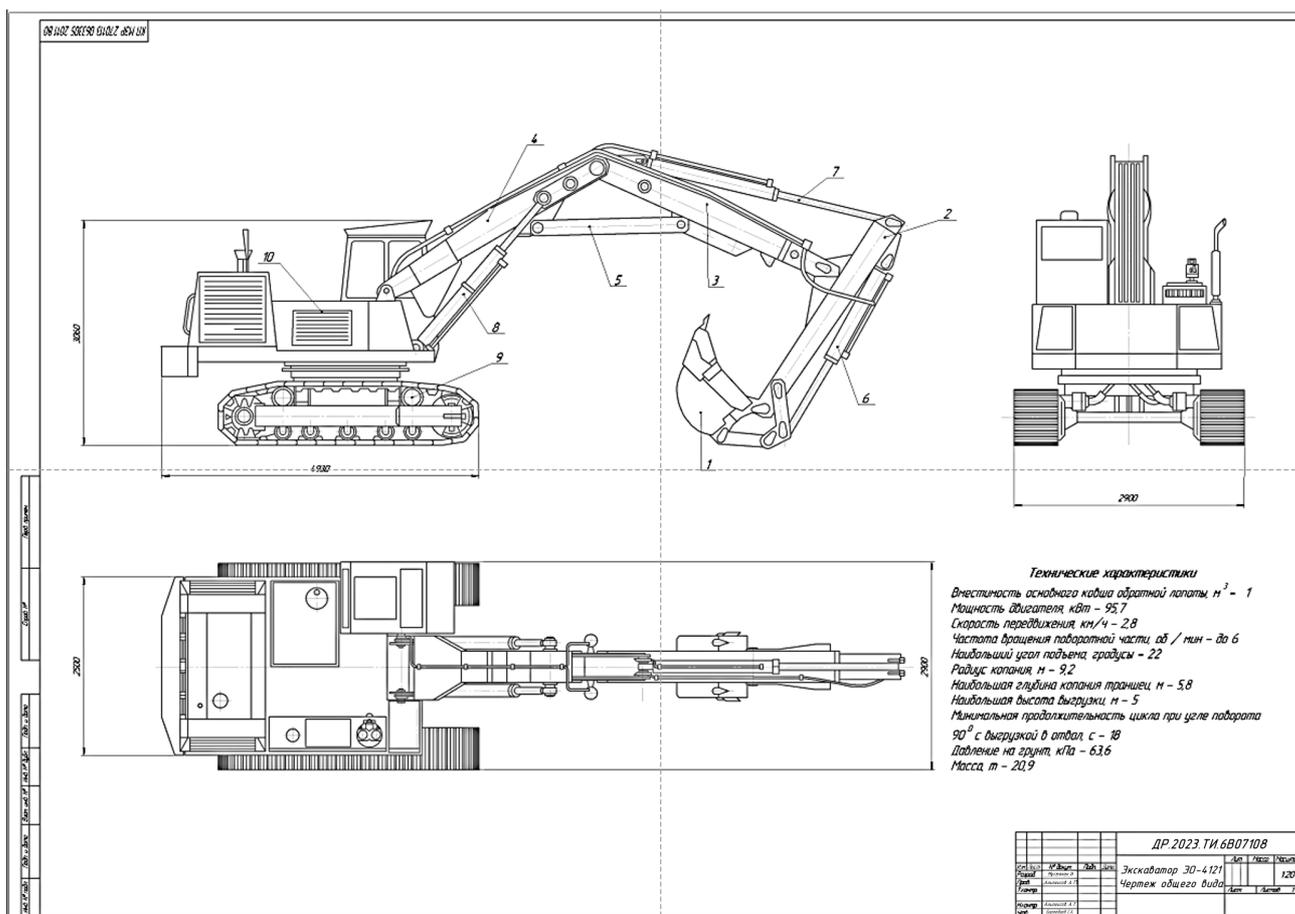


Рисунок 1.5 – Общий вид экскаватора

Первый экземпляр данной землеройной техники был собран в далеком

1970 году. После прохождения обширных испытаний серийное производство экскаваторов «ЭО-4121» было запущено в 1974 году на Ковровском экскаваторном заводе, расположенном во Владимирской области. Ковровский экскаваторный завод, также известный как «Ковровец», является первым производителем экскаваторов в нашей стране и одним из старейших предприятий в сфере машиностроения. Он был создан на базе железнодорожных мастерских, которые функционировали с 1861 года у станции Ковров Московско-Нижегородской железной дороги. В 1930 году мастерские были преобразованы в завод по ремонту иностранных землеройных машин, а 21 апреля 1931 года здесь был произведен первый советский экскаватор, который стал прародителем большого семейства экскаваторов «Ковровец».

Ковровский экскаваторный завод остается одним из ведущих предприятий в отрасли как в советское время, так и в настоящее время. За годы работы с его конвейера сошло около ста тысяч единиц землеройной техники, а общее количество моделей и модификаций достигло 64. Экскаватор «ЭО-4121» производился на заводе до 1991 года, а его прямыми наследниками стали модели «ЭО-4124», «ЭО-4125», «ЭО-4224» и «МТП-71» («ЭО-4221»). Более современной версией концепции «ЭО-4121» является экскаватор «ЭО-4225», который представляет собой более продвинутую и совершенную модель. В настоящее время на Экскаваторном заводе «Ковровец» осуществляется производство полноповоротных гидравлических гусеничных экскаваторов, таких как «Кит-26», «ЭО-4225А-071» и «ЭО-4225А-061», с полным спектром навесного оборудования. Также на заводе производится лесозаготовительная и погрузочная техника.

Конструкция экскаватора «ЭО-4121» включает в себя гусеничную платформу с поворотным механизмом, на которой размещены различные компоненты и системы. Поворотная часть содержит рабочее оборудование, такое как стрела и ковш, а также системы управления, топливный бак, бак гидросистемы, дизельный двигатель, гидравлические моторы, гидроцилиндры и другие компоненты гидросистемы. Кабина машиниста и противовесы находятся в задней части экскаватора. Поворотная платформа поддерживается рамой ходовой части через роликное опорно-поворотное устройство.

Для управления экскаватором используется один гидравлический мотор, который отвечает за поворот платформы, а два других мотора независимо приводят в движение гусеницы. Ходовое устройство данного экскаватора имеет тип трактора, а натяжение гусеничных лент осуществляется с помощью гидроцилиндра. Основное рабочее оборудование экскаватора включает обратную лопату с ковшами различного объема (от 0,3 до 1,25 м<sup>3</sup>), грейфер,

прямую лопату и прямую лопату с поворотным ковшом, погрузчик и гидромолот.

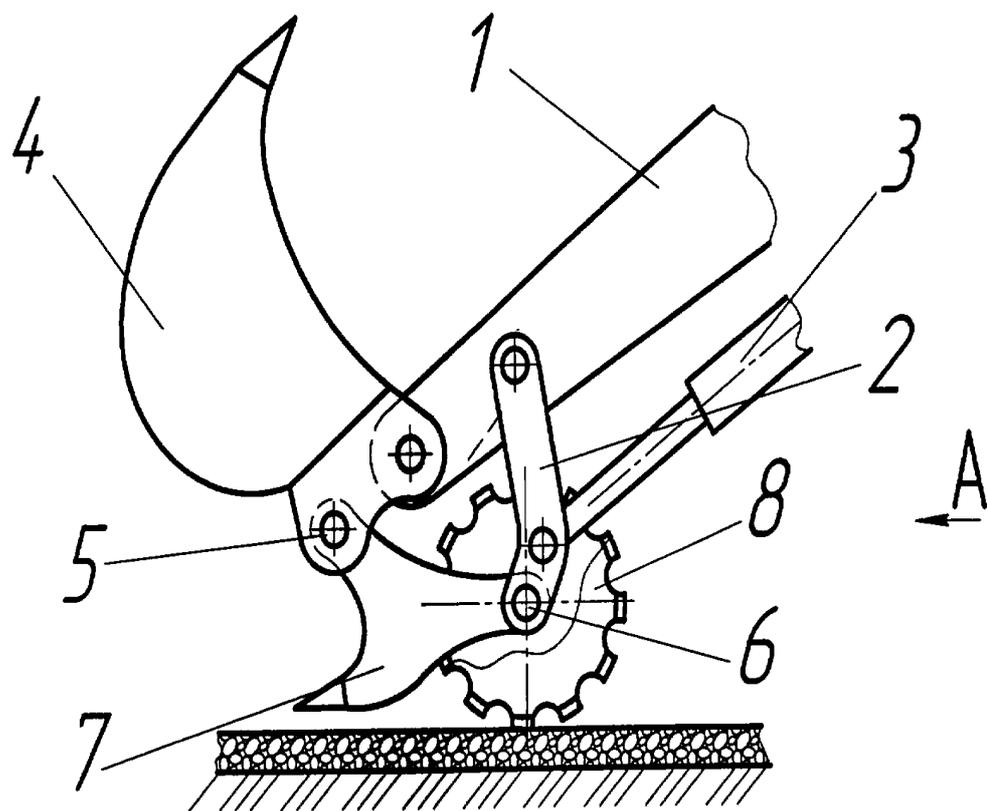
### Технические характеристики экскаватора ЭО-4121

Колёсная формула – 4 на 4;  
Длина без ковша – 4,9 м, ширина – 2,9 м, высота – 3,060 м;  
База гусеничного хода – 2,750 м;  
Размер гусеничного хода – длина 2,93 м, ширина ленты 0,58 м;  
Число оборотов платформы в минуту – 6;  
Ширина платформы – 3 м;  
Дорожный просвет под поворотной платформой – 942 мм;  
Высота оси пяты стрелы – 2,02 м;  
Расстояние от оси пяты до оси вращения – 520 мм;  
Масса с прямой лопатой – 19,87 т, с обратной лопатой – 20,9 т, с  
грейфером – 20,9 т, с погрузчиком – 19,87 т;  
Скорость передвижения – 2,8 км/час.  
Преодолеваемый уклон пути – 22 градуса;  
Производительность – до 150 кубометров в час.

### **1.3 В данном разделе представлено описание разрабатываемой конструкции и детально рассмотрены внесенные в нее улучшения и модификации**

Данное изобретение относится к землеройным машинам и, в частности, к рабочему оборудованию одноковшовых гидравлических экскаваторов, предназначенных для разрушения асфальтобетонных покрытий.

Имеется известное рабочее оборудование гидравлического экскаватора, которое состоит из рукояти, поворотного рычага, гидроцилиндра управления, рыхлительного зуба и двуплечего рычага. На одном конце двуплечего рычага с возможностью свободного вращения установлены дисковые ножи, а другой конец через шарнирную тягу связан с поворотным рычагом.



Вид А

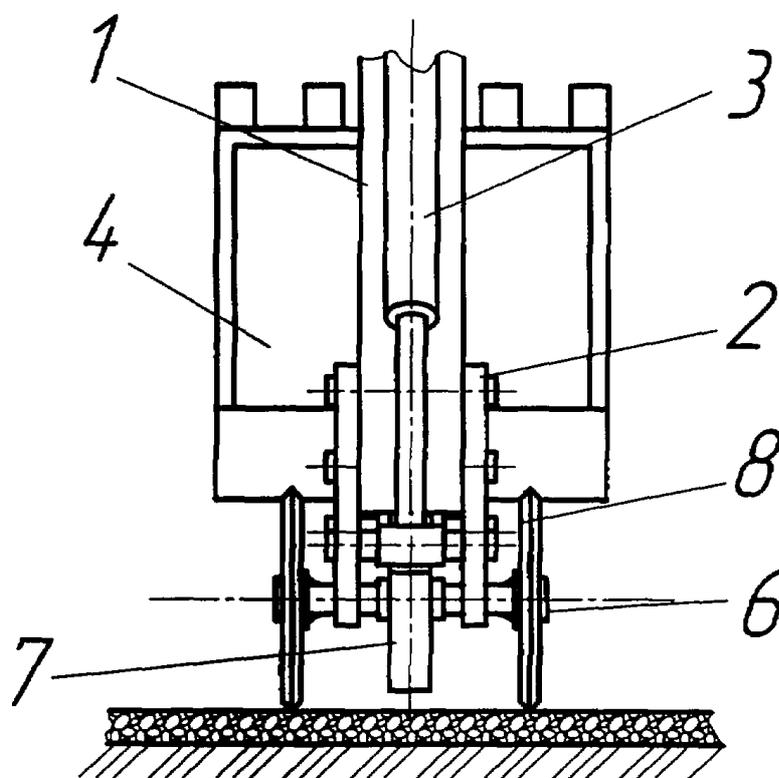


Рисунок 1.6 – Модернизированное рабочее оборудование экскаватора ЭО-4121

Работа оборудования происходит следующим образом: сначала асфальтобетонное покрытие насажается дисковыми ножами 8 при движении экскаватора своим ходом или при использовании рукояти 1, как показано на рисунке 1.3(1.6). Затем асфальтобетон разрушается между насечками с помощью рыхлительного зуба 7 при движении рукояти 1 или поворотных рычагов 2 под воздействием гидроцилиндра управления 3. Это позволяет полностью использовать мощность гидросистемы экскаватора и создавать значительные силы на режущей кромке рыхлительного зуба 7, что способствует более эффективной разработке асфальтобетонных покрытий. Затем разрушенное покрытие экскавируется и траншея или котлован отрываются традиционным способом с использованием ковша 4 экскаватора.

Дополнительным преимуществом предлагаемой конструкции является ее простота, а также возможность установки на базе стандартного оборудования обратной лопаты гидравлического экскаватора с минимальными затратами на модернизацию.

#### **1.4 Доводы, подтверждающие техническую целесообразность предлагаемых проектных решений**

Выбранная тема дипломного проекта демонстрирует техническую целесообразность, поскольку современное развитие дорожного строительства требует выполнения обширного объема ремонтных работ, для которых используются разнообразные машины.

В настоящее время, несмотря на разнообразие экскаваторов по своему назначению и виду выполняемых работ, проблемы, связанные с энергосбережением в процессе землекопания, остаются актуальными. Вместе с постоянным ростом числа экскаваторов на дорогах непрерывно осуществляются значительные изменения в их рабочем оборудовании, направленные на повышение производительности и снижение энергопотребления процесса землекопания путем создания и внедрения новых рациональных и технических решений. Темой дипломного проекта является "Модернизация рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора", где предлагается следующее техническое решение: установка дополнительного рабочего оборудования, которое позволит экскаватору выполнять вскрытие асфальтобетонных покрытий, расширяя тем самым его сферу применения.

Основной задачей предлагаемого изобретения является повышение эффективности одноковшового гидравлического экскаватора на пневмоколесном ходу. Для достижения этой цели ковш соединен с поворотным

рычагом и гидроцилиндром управления через рыхлительный зуб, а дисковые ножи закреплены на одной оси с шарниром, соединяющим поворотные рычаги и рыхлительный зуб с обеих сторон симметрично. Технический результат заключается в повышении эффективности работы экскаватора.

Исходя из вышеизложенного, целесообразно рекомендовать использование предложенного оборудования в дорожно-строительных предприятиях для выполнения работ по дорожному строительству.

## 2 Расчет основных характеристик

### 2.1 Выбор главных характеристик

При рассмотрении гидравлических одноковшовых экскаваторов основными параметрами, которым следует уделить внимание, являются: емкость ковша, общая масса экскаватора, мощность двигателя, рабочие размеры экскаватора, а также давление и производительность насосов, используемых в системе.

### 2.2 Баланс мощности привода

Для обеспечения эффективной работы гидросистемы необходимо учитывать расход мощности двигателя на привод насосов. Поэтому требуется соблюдение следующего условия или неравенства:

$$N_{тр} < N_{дв} \quad (2.1)$$

где  $N_{тр}$  – требуемая мощность, кВт;

$N_{дв}$  – мощность двигателя, кВт.

На гидравлических экскаваторах моделей Э-5015А, ЭО-3322, ЭО-4121, ЭО-3332 для основных движений применяются двухнасосные установки, которые обеспечивают регулируемую объемную подачу. Расход рабочей жидкости, поступающей от насосной установки к гидродвигателям, автоматически и совместно регулируется. Насосная установка мощностью на данном экскаваторе равна 73.5 кВт, а мощность двигателя 80.9 кВт, так как  $N_{тр} = 73.5 < N_{дв} = 80.9$  кВт, то мощности двигателя достаточно для работы машины.

### 2.3 Проведение расчета гидравлической системы экскаватора

Определение нагрузок, подлежащих расчету.

Методом графического определения можно вычислить усилия, действующие в гидроцилиндрах, приводящих в движение рабочее оборудование. Для этого необходимо составить уравнения моментов внешних сил и силы веса элементов, применяемых в центрах тяжести, относительно осей вращения данных элементов.

Давайте рассмотрим определение усилия на штоке гидроцилиндра стрелы (см. рисунок 2.1). В данном случае гидроцилиндр работает в режиме втягивания.

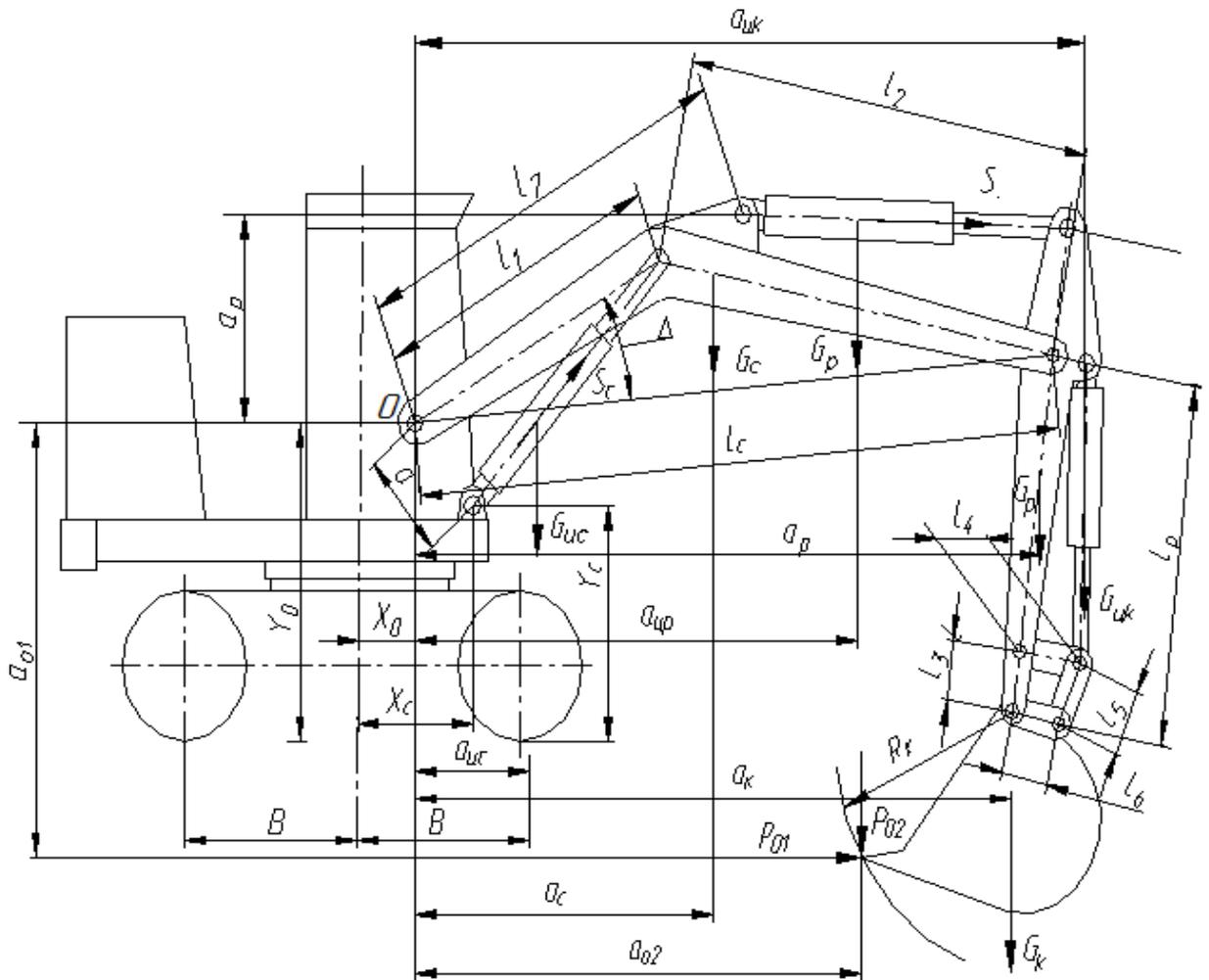


Рисунок 2.1 – Усилия, действующие на рабочее оборудование экскаватора

Составим уравнение моментов относительно точки O:

$$\sum M_O = 0,$$

$$G_c \cdot a_c + G_{uc} \cdot a_{uc} + G_{up} \cdot a_{up} + G_p \cdot a_p + G_{uc} \cdot a_{uc} + G_k \cdot a_k - P_{01} \cdot a_{01} + P_{02} \cdot a_{02} + z \cdot P_{uc} \cdot a_{uc} = 0 \quad (2.2)$$

Выражая  $P_{uc}$  (усилие на штоке гидроцилиндра стрелы), получаем:

$$P_{uc} = \frac{-G_c \cdot a_c - G_{uc} \cdot a_{uc} - G_{up} \cdot a_{up} - G_p \cdot a_p - G_{uc} \cdot a_{uc} - G_k \cdot a_k + P_{01} \cdot a_{01} - P_{02} \cdot a_{02}}{z \cdot a_{uc}}$$

где  $G_c, G_{uc}, G_{up}, G_p, G_{uc}, G_k$  – веса элементов рабочего оборудования, причём  $a_c, a_{uc}, a_{up}, a_p, a_{uc}, a_k, a_{01}, a_{02}$  – плечи действия соответствующих сил, м;  $z$  – количество гидроцилиндров стрелы ( $z=2$ ).

$P_{01}$  – касательная составляющая сопротивления грунта копанию, кН;  
 $P_{02}$  – нормальная составляющая сопротивления грунта копанию, кН.  
Касательная составляющая определяется по формуле:

$$P_{01} = b \cdot h \cdot k_{уд}, \text{ кН} \quad (2.3)$$

где  $b$  – ширина режущей части ковша, м;  
 $h$  – толщина стружки, м;  
 $k_{уд}$  – удельная сила копания, Н/м<sup>2</sup>.

Ширину режущей части ковша определим по формуле:

$$b = 1,51 \cdot \sqrt[3]{q} - 0,26, \text{ м} \quad (2.4)$$

где  $q$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>.

$$b = 1,51 \cdot \sqrt[3]{q} - 0,26 = 1,51 \cdot \sqrt[3]{0,6} - 0,26 = 1,01 \text{ м}$$

Согласно рекомендациям, максимальная толщина стружки равна (0,25...0,3)  $b$ .

$$h = (0,25...0,3) \cdot 1,01 = 0,25 \cdot 1,01 = 0,25 \text{ м} \quad (2.5)$$

Принимаем  $h = 0,25$  м.

Для определения удельной силы копания мы принимаем во внимание объем ковша. Для проведения расчетов мы примем следующие значения:  $k_{уд} = 150$  кН/м<sup>2</sup>.

Определяем  $P_{01}$ :

$$P_{01} = 1,01 \cdot 0,25 \cdot 150 \cdot 10^3 = 38 \text{ кН}$$

В соответствии с рекомендациями, можно принять нормальную составляющую сопротивления грунта при копании следующей величины:

$$P_{02} = 0,4 \cdot P_{01} \quad (2.6)$$

$$P_{02} = 0,4 \cdot 38 = 15,2 \text{ кН}$$

$$P_{uc} = \frac{-2 \cdot 2 - 2.2 \cdot 8.0 - 0.9 \cdot 3.3 - 0.8 \cdot 4.6 - 0.8 \cdot 4.9 - 0.8 \cdot 4.3 - 0.7 \cdot 5.9 - 0.7 \cdot 4 + 38 \cdot 6.9 - 15.2 \cdot 0.2}{2 \cdot 0.7} = 154 \text{кН}$$

Рассчитаем усилие на штоке гидроцилиндров рукояти.

Составим уравнение моментов относительно точки А:

$$\Sigma M_A = 0,$$

$$- G_{up} \cdot b_1 + G_p \cdot b_2 + G_{ук} \cdot b_3 + G_{ук} \cdot b_8 + G_K \cdot b_4 - G_K \cdot b_9 - P_{01} \cdot b_5 + P_{02} \cdot b_6 - P_{up} \cdot b_7 = 0 \quad (2.7)$$

Выражая  $P_{uc}$  (усилие на штоке гидроцилиндра стрелы), получаем:

$$P_{uc} = \frac{- G_{up} \cdot b_1 + G_p \cdot b_2 + G_{ук} \cdot b_3 + G_{ук} \cdot b_8 + G_K \cdot b_4 - G_K \cdot b_9 + P_{01} \cdot b_5 - P_{02} \cdot b_6}{b_7}$$

где:  $b_1, \dots, b_7$  – плечи действия соответствующих сил, м;

Подставляя значения, получаем:

$$P_{uc} = \frac{-0.9 \cdot 1.3 + 0.8 \cdot 0.4 + 0.8 \cdot 0.8 + 0.8 \cdot 0.1 + 0.7 \cdot 1.8 + 0.7 \cdot 0.16 + 38 \cdot 2.3 - 15.2 \cdot 2.8}{0.5} = 92 \text{кН}$$

Определим усилие на штоке гидроцилиндра ковша. Данный расчёт производится в два этапа: находим усилие (Р) в тяге КМ (Рисунок 2.2), составляя уравнение относительно точки В; составляя уравнение моментов относительно точки N находим усилие на штоке гидроцилиндра ( $P_{шк}$ ).

$$\Sigma M_B = 0,$$

$$G_K \cdot c_1 - P_{01} \cdot c_2 + P_{02} \cdot c_4 - P \cdot c_3 = 0 \quad (2.8)$$

Выражая Р, получаем:

$$P = \frac{- P_{01} \cdot c_2 + P_{02} \cdot c_4 + G_K \cdot c_1}{c_3}$$

где:  $c_1, c_2, c_3$  – плечи действия сил.

$$P = \frac{-38 \cdot 1.3 + 15.2 \cdot 0.4 + 0.7 \cdot 0.7}{0.7} = 61 \text{ кН}$$

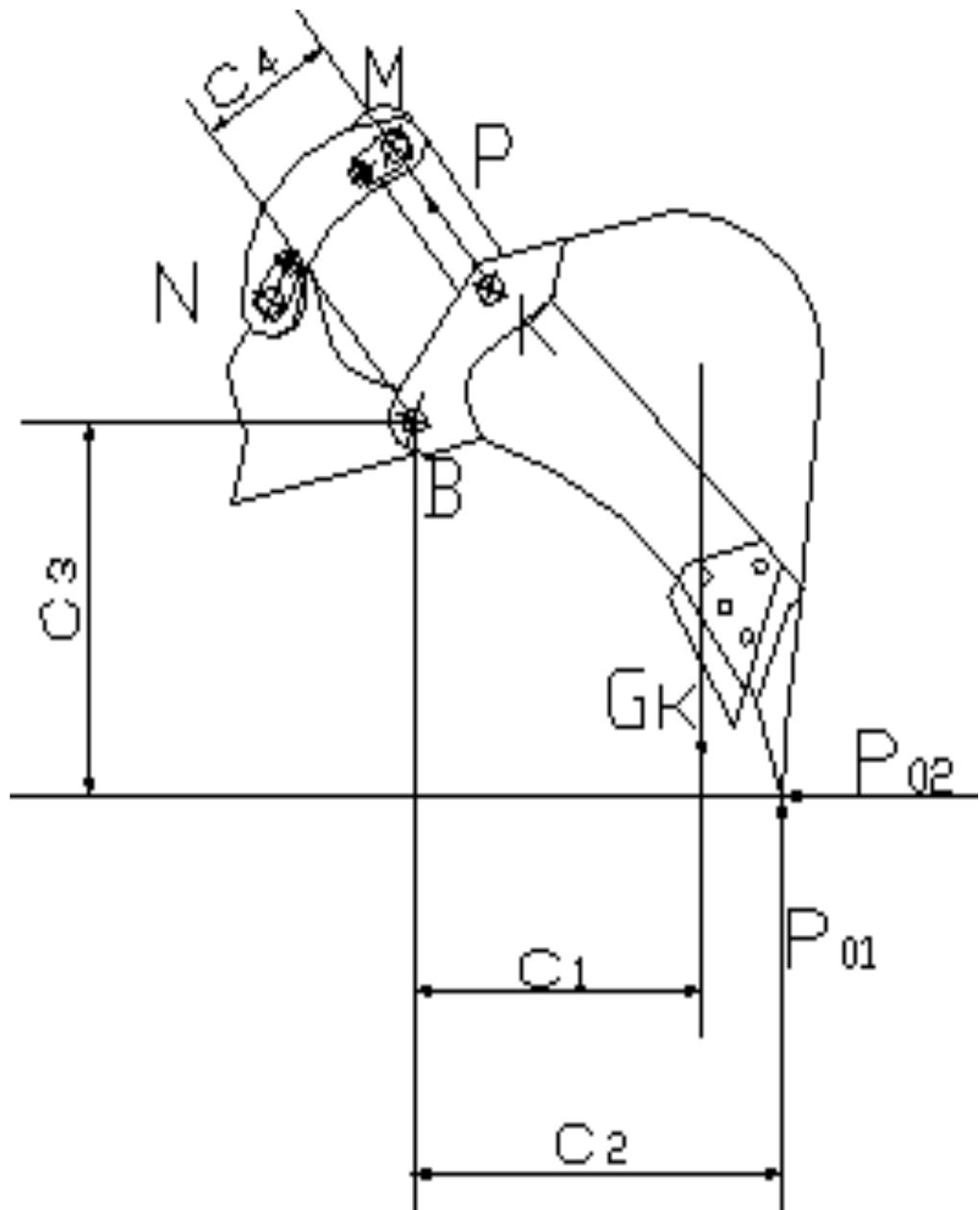


Рисунок 2.2 – Расчетная схема для определения усилия в тяге КМ

Найдём усилие на штоке гидроцилиндра:

$$\Sigma M_A = 0,$$

$$P \cdot d_1 - P_{\text{цк}} \cdot d_2 = 0 \quad (2.9)$$

Выражая  $P_{\text{цк}}$ , получаем:

$$P_{ук} = \frac{P \cdot d_1}{d_2}$$

где  $d_1, d_2$  – плечи действия сил

$$P_{ук} = \frac{61 \cdot 0.3}{0.35} = 52 \text{ кН}$$

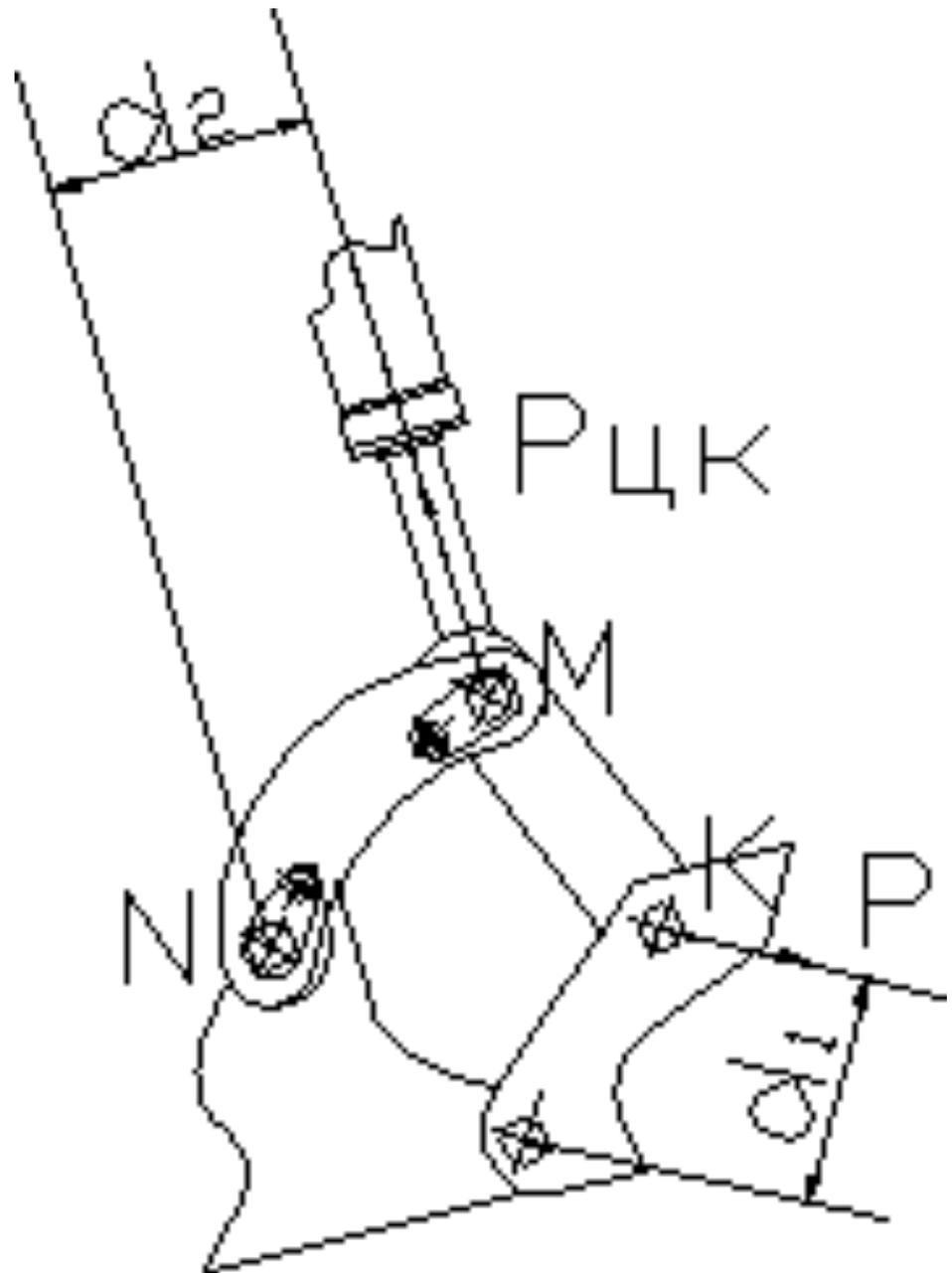


Рисунок 2.3 – Расчетная схема для расчёта усилия в гидроцилиндре ковша (Аналогичное усилие будет и на втором ковше).

## 2.4 Расчет и подбор основного гидравлического оборудования

### 2.4.1 Расчет гидроцилиндров

Диаметр гидроцилиндра определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ВЫТ}}}{\pi \cdot \Delta P_c \cdot \eta_{\text{МЦ}}}} \quad (2.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ВТ}} \cdot \Psi}{\pi \cdot \Delta P_c \cdot \eta_{\text{МЦ}}}} \quad (2.11)$$

где  $F_{\text{ВЫТ}}$  - заданное усилие выталкивания гидроцилиндра, Н;

$F_{\text{ВТ}}$  - заданное усилие втягивания гидроцилиндра, Н;

$\Delta P$  - перепад давления на гидроцилиндре, Па;

$\eta_{\text{МЦ}}$  - механический КПД гидроцилиндра,  $\eta_{\text{МЦ}}=0,96$ ;

$\Psi$  - коэффициент мультипликации. При расчете гидроцилиндров мы задаемся величиной  $\Psi=1,8$  по ГОСТ 6540–68.

При расчете гидроцилиндра на выталкивание мы используем формулу 2.10, а на втягивание используем формулу 2.11. Принятое значение округляем до ближайшего стандартного.

Рассчитываем диаметры гидроцилиндров на привод стрелы:

На выталкивание:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 205 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0.96}} = 0.106 \text{ м.}$$

На втягивание:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 205 \cdot 10^3 \cdot 1.8}{3.14 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0.96}} = 0.142 \text{ м.}$$

Принимаем гидроцилиндр 1.24.0.У-х140х90х1000 с диаметром поршня  $D=140\text{мм}$ .

Рассчитываем диаметр гидроцилиндра на привод рукояти по формулам (2.10) и (2.11) соответственно:

На выталкивание:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 111 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0.96}} = 0.078 \text{ м.}$$

На втягивание:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 111 \cdot 10^3 \cdot 1.8}{3.14 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0.96}} = 0.105 \text{ м.}$$

Принимаем гидроцилиндр 1.24.0.У-х100х63х1000 с диаметром поршня D=100мм.

Рассчитываем диаметр гидроцилиндра на привод ковша:

На выталкивание:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 95 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0.96}} = 0.072 \text{ м.}$$

На втягивание:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 95 \cdot 10^3 \cdot 1.8}{3.14 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0.96}} = 0.097 \text{ м.}$$

Принимаем гидроцилиндр 1.24.0.У-х100х63х900 с диаметром поршня D=100мм.

Таблица 2.1 - Обозначение гидроцилиндров

Элементы экскаватора	Обозначения гидроцилиндров по ГОСТ 6540-68
Гидроцилиндры стрелы	1.24.0.У-140×90×1000
Гидроцилиндр рукояти	1.24.0.У-100×63×1000
Гидроцилиндры ковшей	1.24.0.У-100×63×900

Максимальный расход, необходимый для обеспечения заданной скорости движения гидродвигателя будет равен:

Для втягивания:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot V \cdot z}{4 \cdot \eta_{\text{оц}}} \quad (2.12)$$

где  $\eta_{\text{оц}}$  - объемный КПД гидроцилиндра;  
 $V$  - заданная скорость движения гидроцилиндра;  
 $z$  - число параллельно установленных гидроцилиндров;  
 Для гидроцилиндров стрелы:

$$Q = \frac{3.14 \cdot 0.14^2 \cdot 0.09 \cdot 2}{4 \cdot 1} = 2.77 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Для гидроцилиндра рукояти:

$$Q = \frac{3.14 \cdot 0.1^2 \cdot 0.09 \cdot 1}{4 \cdot 1} = 0.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Для гидроцилиндра рукояти:

$$Q = \frac{3.14 \cdot 0.09^2 \cdot 0.09 \cdot 2}{4 \cdot 1} = 1.14 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

#### 2.4.2 Выбор насоса

По максимальному расходу на гидроцилиндре рассчитываем гидронасос:

$$q = \frac{Q_{\text{МАХ}}}{\eta_{\text{Н}} \cdot n_{\text{Н}}} \quad (2.13)$$

где  $Q_{\text{МАХ}}$  – максимальный расход;  
 $\eta_{\text{Н}}$  – КПД насоса;  
 $n_{\text{Н}}$  – частота вращения привода насоса.

Тогда

$$q = \frac{2.77 \cdot 10^{-3}}{0.96 \cdot 27} = 106 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

С учетом расчета выбираем сдвоенный аксиально-поршневой гидравлический насос серии 310.25 с номинальным давлением 20МПа с рабочим объемом  $q=112 \text{ см}^3$ .

Действительная подача насоса равна:

$$Q_H = q_H \cdot n_H \cdot \eta_{OH} \quad (2.14)$$

При  $q_H = 112$  см получаем:

$$Q_H = 112 \cdot 27 \cdot 0,96 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3 / \text{с}$$

Действительная подача насоса не превышает требуемую на 10%.

### 3 Расчет элементов ковша на прочность

Для надежной работы ковша и оборудования произведем расчет на прочность самых нагруженных элементов – соединение рабочего оборудования с ковшом.

Оси, соединяющие элементы, в основном, работают на срез.

Определим диаметр оси из условия прочности на срез  $d$ , мм

$$\tau = \frac{Q}{2F_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}]. \quad (3.1)$$

где  $Q$  – сдвигающая (осевая сила, действующая на ось), Н;

$F_{\text{ср}}$  – площадь среза, мм<sup>2</sup>

$$F_{\text{ср}} = \frac{\pi d^2}{4}; \quad (3.2)$$

$d$  – диаметр оси, мм;

$[\tau_{\text{ср}}]$  – допускаемое напряжение среза.

В данном случае имеем ось  $\text{Ø}40\text{f}9$  мм и ось  $\text{Ø}37\text{h}9$  мм. Материал – Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 с допускаемым напряжением среза  $[\tau_{\text{ср}}]=85$  МПа.

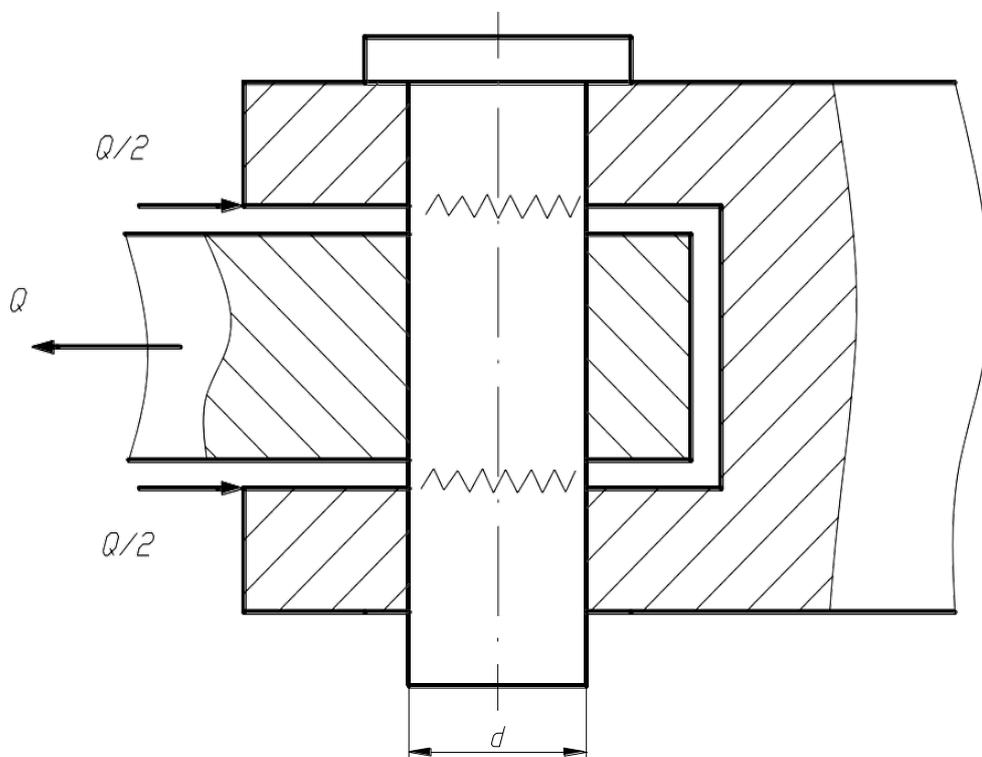


Рисунок 3.1 – Схема соединения штока

Проверим диаметр осей, заданных по условию:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q_1}{2\pi \cdot [\tau_{cp}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2040}{2 \cdot 3.14 \cdot 85}} = 3.9 \text{ мм} \quad (3.3)$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q_2}{2\pi \cdot [\tau_{cp}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2040}{2 \cdot 3.14 \cdot 85}} = 3.9 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Из расчетов видно, что диаметры осей выбраны верно. Данные расчёты подтверждают работоспособность предлагаемых решений.

#### **4      Формулирование рекомендаций для улучшения безопасности эксплуатации экскаватора**

Предложение рекомендаций для улучшения безопасности эксплуатации экскаваторов включает в себя обеспечение как пассивной, так и активной безопасности, так как оба аспекта имеют одинаковую важность. Специалисты постоянно работают над усовершенствованием основных технических характеристик экскаваторов, рабочей среды операторов и их информационного обеспечения.

Работа оператора на экскаваторе, особенно при выполнении сложных технологических операций, сопровождается различными помехами, требующими повышенного внимания. Для повышения уровня безопасности экскаватора рекомендуется установить информационные системы, которые могут выполнять часть функций оператора в соответствии с заданной программой и своевременно информировать об нештатных ситуациях.

Перед началом эксплуатации машины необходимо ознакомиться с "Инструкцией по эксплуатации и обслуживанию" и понять ее содержание. Важно быть в курсе всех предупредительных табличек, установленных на машине, и полностью понимать их значения. Рекомендуется хранить инструкцию в специально отведенном месте в кабине оператора и в случае утери или повреждения обратиться к официальному дистрибьютору для получения новой копии.

В целях обеспечения безопасной работы со специальной техникой рекомендуется:

- Допускать к эксплуатации и обслуживанию специальной техники только персонал, обладающий соответствующим допуском и специальным образованием.

- Выполнять все работы по эксплуатации и обслуживанию специальной техники в специальной защитной одежде и использовать индивидуальные средства защиты.

- Проверять исправность защитных средств перед началом работ.

- Немедленно останавливать работу и сообщать ответственному лицу о любой обнаруженной неисправности машины при ее эксплуатации или техническом обслуживании. Не продолжать эксплуатацию машины до устранения неисправности.

- Убедиться, что персонал, ответственный за движение на рабочей площадке, правильно понимает руководящие сигналы.

- Использовать только перила и ступени, предназначенные для подъема на машину и спуска с нее. Подниматься и спускаться с помощью перил и ступеней, находясь лицом к машине и поддерживая контакт с ними в трех точках. Не опираться на рычаги управления при подъеме и спуске. Не прыгать в машину и не спрыгивать с нее. Не входить и не выходить из машины на ходу.

- Заблокировать рабочее оборудование (установить положение "ЗАБЛОКИРОВАНО") перед выполнением операций, которые могут улучшить видимость или обеспечить удобство (например, открывание окон, регулировка сиденья оператора). Разместить рабочее оборудование полностью на грунт и заглушить двигатель. Это поможет избежать случайного движения машины, а также предотвратить серьезные травмы и материальный ущерб.

- В случае самопроизвольного движения машины без оператора в кабине никогда не пытаться остановить ее, запрыгнув внутрь.

- Не позволять никому находиться на или под рабочим оборудованием во время выполнения работ.

- Поддерживать чистоту машины и кабины оператора.

Важные меры для обеспечения пожарной безопасности включают:

- Перед заправкой машины всегда останавливайте двигатель, чтобы предотвратить возможность искрения или воспламенения.

- После заправки необходимо удалить любые подтеки масла или топлива, чтобы избежать возможности их зажигания.

- Перед началом шлифовальных или сварочных работ на шасси машины следует удалить все огнеопасные материалы и поместить их в безопасное место.

- Если в трубопроводах или трубах содержится огнеопасная жидкость, не используйте сварочный аппарат или газовый резак для их разрезания.

- Масляные тряпки и другие огнеопасные материалы должны быть убраны в специальные контейнеры, чтобы предотвратить возможное возгорание.

- Ежедневно проверяйте электропроводку машины на наличие повреждений или ослабления контактов. В случае необходимости затяните контакты, проведите ремонт или замену проводки.

- Регулярно проверяйте надежность крепления шлангов, зажимов труб, ограждений и амортизаторов. Ослабленное крепление может привести к повреждению и выходу масла под высоким давлением, что может стать причиной пожара.

- При проверке уровня топлива, масла или электролита

аккумуляторной батареи используйте специальное взрывобезопасное осветительное оборудование.

Меры безопасности, которые следует соблюдать при эксплуатации специальной техники, включают:

1) Обеспечение безопасности на рабочей площадке:

Перед началом работ необходимо провести осмотр состояния грунта на рабочей площадке, чтобы выбрать наиболее безопасный способ выполнения работ. Также важно выявить любые необычные условия, которые могут представлять потенциальную опасность, например наличие легковоспламеняющихся материалов, трубопроводов или линий высокого напряжения под рабочей зоной, отсутствие ограждения для предотвращения проникновения посторонних лиц или наличие близких электрических кабелей. При обнаружении таких условий стоит избегать приближения к ним и поддерживать максимальное расстояние между машиной и электрическими кабелями. Также необходимо запретить персоналу приближаться к машине во время выполнения работ рядом с кабелями высокого напряжения. При работе в ограниченных пространствах, таких как туннели, под мостами или линиями электропередач, необходимо действовать осторожно и внимательно, чтобы не повредить окружающие конструкции рабочим оборудованием.

2) Обеспечение безопасности при запуске машины:

Перед запуском двигателя необходимо выполнить проверку машины в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Если на рычаге управления рабочим оборудованием установлена предупреждающая табличка, запуск двигателя и управление машиной разрешены только с сиденья оператора. При запуске двигателя необходимо подать предупреждающий звуковой сигнал. Никому, кроме оператора, не разрешается находиться на движущейся машине. Не следует использовать короткое замыкание цепи стартера для запуска двигателя. В холодную погоду особое внимание следует уделить полному прогреву двигателя. Необходимо избегать попыток зарядить аккумуляторную батарею или запустить двигатель с помощью другого источника питания, если электролит аккумулятора замерз. Это может привести к возгоранию аккумуляторной батареи. Если необходимо зарядить аккумулятор или запустить двигатель с использованием другого источника питания, сначала следует растопить замерзший электролит и убедиться в отсутствии утечки.

### 3) Обеспечение безопасности при передвижении машины:

Путь, по которому будет перемещаться специальная техника, должен быть заранее выровнен и спланирован. На слабых грунтах следует использовать щиты или настил из досок, брусьев или шпал для усиления пути. При перемещении экскаватора своим ходом по дороге, уклон не должен превышать максимально допустимый угол подъема, указанный в техническом паспорте. Для перехода через мосты, трубопроводы, насыпи и железнодорожные пути необходимо устраивать переезд из пластин, шпал или брусьев. Переход через такие сооружения разрешается только после получения разрешения от соответствующих организаций, ответственных за их эксплуатацию. При передвижении экскаватора необходимо установить стрелу вдоль направления движения машины, а ковш поднять над землей на определенную высоту. Передвижение с нагруженным ковшом запрещено. Поворотная платформа должна быть заторможена. При проезде под проводами линий электропередач необходимо учитывать расстояние между верхней точкой экскаватора в транспортном положении и нижним проводом действующей линии электропередач. При движении по неровной поверхности необходимо соблюдать низкую скорость и избегать резких поворотов, чтобы предотвратить опрокидывание машины. Перед движением по мосту или другим сооружениям следует убедиться в их прочности и способности выдержать вес машины. При движении по общественным дорогам рекомендуется проконсультироваться с соответствующими официальными лицами и следовать их указаниям.

### 4) Техника безопасности при движении и работе на склонах

Для обеспечения безопасности при передвижении и работе на склонах, необходимо придерживаться следующих правил:

- При движении по склонам, включая пологие, следует быть особенно осторожными из-за возможности бокового скольжения. Чтобы избежать опрокидывания или бокового скольжения, следуйте следующим мерам:

- Рабочее оборудование должно быть поднято на высоту примерно 20...30 см от земли. В случае аварийной ситуации немедленно опустите его на землю.

- При движении в сторону вершины склона кабина оператора должна быть обращена в сторону вершины, а при движении вниз — в сторону подошвы склона.

- При движении вверх по крутому склону выдвиньте рабочее оборудование для лучшего равновесия, удерживая его на высоте 20...30 см от земли, и двигайтесь со сниженной скоростью.

- При движении вниз по склону уменьшите частоту вращения двигателя,

держите рычаг переключения передач близким к нейтральному положению и также двигайтесь со сниженной скоростью.

- Всегда двигайтесь прямо вверх или вниз по склону. Перемещение под углом или поперек склона чрезвычайно опасно.

- Не поворачивайте на склонах. Сначала съезжайте на ровную площадку, чтобы изменить положение машины, а затем начинайте движение вверх по склону.

- При движении по траве, опавшим листьям или мокрым металлическим плитам, снизьте скорость.

- Если необходимо остановить двигатель во время движения по склону, переведите рычаги управления в нейтральное положение и снова запустите двигатель.

### 5) Техника безопасности при управлении на снегу

При передвижении и эксплуатации машины на снежных или обледенелых поверхностях, которые являются очень скользкими, следует соблюдать особую осторожность и избегать резких движений рычагов. При движении по заснеженному склону никогда не применяйте резкое торможение. Скорость должна снижаться постепенно, используя торможение двигателем.

При управлении на снегу обратите внимание на следующие моменты:

- При повышении температуры оттаявший грунт становится менее прочным, что может привести к опрокидыванию машины.

- При очистке дороги от снега обратите внимание, что обочина дороги и предметы, расположенные за дорогой, могут быть засыпаны снегом и стать невидимыми. Существует опасность опрокидывания машины, проваления в снег или столкновения с занесенными снегом предметами, поэтому действуйте осторожно.

### 6) Постановка машины на стоянку

При постановке машины на стоянку следует соблюдать следующие меры безопасности:

- Выбирайте твердую и ровную площадку для стоянки, исключая места, где есть угроза обвала грунта, падения камней или погружения машины в воду.

- Полностью опустите рабочее оборудование на землю.

- Перед выходом из машины установите рычаг блокировки рабочего оборудования в положение "ЗАБЛОКИРОВАНО", а затем остановите двигатель.

- Обязательно закройте двери кабины оператора и заперите все замки, чтобы исключить возможность управления машиной посторонними лицами.

Возьмите с собой ключ и храните его в специальном месте.

- Если машина остановлена на дороге общего пользования, обозначьте ее видимыми даже в темноте знаками и установите ограждение вокруг машины, чтобы избежать столкновения с другими транспортными средствами.

- Если необходимо остановить машину на склоне:

- Поверните машину так, чтобы ковш был обращен вниз по склону и воткните отвал и рыхлитель в землю.

- Установите противооткатные устройства под колеса, чтобы предотвратить откат машины.

## 7) Запрещенные операции и меры безопасности

При выполнении экскаваторных работ необходимо строго соблюдать запрещенные операции и принимать соответствующие меры безопасности. Вот некоторые из них:

1. Не проводите работы под сводами нависающего грунта, поскольку существует опасность падения обломков пород на машину или обрушения всего нависающего участка. Будьте особенно осторожны и избегайте выбора слишком большого количества грунта перед машиной, чтобы избежать обвала грунта и падения машины. В случае аварийной ситуации расположите гусеницы под прямым углом к обочине дороги или краю котлована, чтобы облегчить покидание опасной зоны.

2. Не выполняйте работы по сносу сооружений, находящихся ниже уровня машины, поскольку это может привести к потере равновесия и опрокидыванию машины. Если вы планируете работать на крышах или с крыш зданий, убедитесь в их достаточной прочности, чтобы избежать обрушения сооружений и серьезных травм.

3. Не трогайте конструкции, которые нависают над машиной во время сноса зданий, поскольку существует опасность падения обломков или обрушения здания, что может привести к серьезным травмам. Также избегайте использования ударной силы рабочего оборудования при сносе зданий, чтобы предотвратить повреждение оборудования.

4. Учтите, что риск опрокидывания машины возрастает, когда рабочее оборудование обращено в правую или левую сторону. Поэтому не резко опускайте, поворачивайте или останавливайте рабочее оборудование. Также не резко выдвигайте или втягивайте цилиндр стрелы, чтобы предотвратить опрокидывание машины.

5. Не проносите ковш над головами рабочих, а также над сиденьем оператора самосвала и других транспортных средств. Будьте осторожны, чтобы

предотвратить высыпание содержимого из ковша или столкновение ковша с другими

машинами, что может привести к серьезным травмам или повреждению машины.

6. Перед началом работы машинист, принимающий экскаватор, обязан проверить работу механизмов машины на холостом ходу. После этого оба машиниста должны расписаться в сменном журнале о сдаче и приемке экскаватора, чтобы обеспечить отслеживание состояния машины и ее готовности к работе.

Соблюдение этих запрещенных операций и мер безопасности является крайне важным для обеспечения безопасной и эффективной работы на экскаваторе.

Условия, необходимые для обеспечения комфортной работы машиниста, играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности работы на экскаваторе.

Вот несколько рекомендаций и требований для создания таких условий:

1. Самопроизвольные повороты платформы, вызванные ветровыми нагрузками или усилиями на наклонных рабочих площадках, обычно менее опасны, чем аварийные ситуации, возникающие из-за утомления или стрессового состояния оператора. Поэтому важно создавать нормальные условия рабочей среды в кабине, чтобы обеспечить комфорт машиниста.

2. Сиденье оператора должно обеспечивать правильную поддержку его тела и не мешать работе. Оператор должен иметь возможность легко регулировать положение сиденья с минимальными усилиями и практически без изменения положения тела. Это обеспечивает оптимальное расположение оператора относительно центральной зоны лобового остекления и помогает избежать вибрации тела.

3. Регулировочный механизм позволяет изменять положение сиденья и приборной доски. Он включает в себя регулировку салазок сиденья и несущей приборной доски, угла наклона сиденья для лучшего обзора, высоты подголовника, угла расположения подлокотников и угла наклона приборной доски.

4. В некоторых случаях, например, при работе с навесным рабочим оборудованием, перемещающимся вверх и вниз, может потребоваться регулировка сиденья по высоте. Когда требуется глубокое погружение ковша, оператор может наклоняться вперед, и это может привести к случайному

смещению рукоятки управления. Чтобы избежать контакта тела оператора с рукояткой и органами управления, необходимо правильно отрегулировать угол наклона сиденья и приборной доски.

Соблюдая все вышеперечисленные рекомендации и требования, вы обеспечите безаварийную и безопасную работу на экскаваторе ЭО-4121.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была проведена работа по разработке проекта модернизации оборудования одноковшового гидравлического экскаватора на базе ЭО-4121 с целью увеличения его эффективности и снижения энергоемкости. В ходе проекта была разработана принципиальная гидравлическая схема модернизированного рабочего оборудования, а также произведен расчет гидравлической системы этого оборудования.

Для повышения эффективности было принято решение установить дополнительное рабочее оборудование для взламывания асфальтобетонных покрытий, что позволило сделать экскаватор более универсальным в работе.

В процессе выполнения дипломного проекта были выбраны основные параметры экскаватора, проанализировано неравенство баланса мощности, исследовано дизельное двигателя ЯМЗ-236Г5, которое показало, что мощности двигателя достаточно для работы насосов гидросистемы и общей работы машины. Были определены расчетные нагрузки, произведен расчет и подбор основного гидравлического оборудования. Для максимального расхода на гидроцилиндре был выбран аксиально-поршневой гидравлический насос серии 310.25 с номинальным давлением 20 МПа и рабочим объемом 112 см<sup>3</sup>. Также был выполнен расчет на прочность наиболее нагруженных элементов ковша, где правильно определены диаметры осей, соединяющих рабочее оборудование с ковшом. В рамках дипломного проекта были разработаны предложения по повышению безопасности эксплуатации одноковшового гидравлического экскаватора ЭО-4121.

Учитывая все изложенное выше, рекомендуется дорожно-строительным предприятиям использовать предлагаемое гидравлическое оборудование в дорожном строительстве.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство №2358067, Автор(ы): Курилов Е. В., Фурманов Д. В., Алексеев А. А.
2. Авторское свидетельство № 2255180, Автор(ы): Курилов Е.В., Гаврилов Ю.М., Вавилов А.С.
3. Авторское свидетельство № 2266371: Хребто Е.С., Хребто И.Ф., Богданов А.М., Хребто С.И.
4. Авторское свидетельство № 2310044, Автор(ы): Хребто Е.С., Хребто И.Ф., Богданов А.М., Хребто С.И.
5. И.Л. Беркман «Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы»: Москва, "Высшая школа", 1977. - 384 с.
6. Абрамович В.А. , Довгяло В.А. «Расчет гидропривода механизмов одноковшового экскаватора»: Пособие к курсовой работе.
7. Щемелёв А.М. «Расчёт экскаваторов»: Учеб. пособие. – Могилёв: МГТУ, 2001. – 133 с.: ил.
8. Щемелёв А.М. «Проектирование гидропривода машин для земляных работ»: Учеб. пособие. – Могилёв: ММИ. 1995. – 332 с.: ил.
9. Указания по организации и проведению технического обслуживания и ремонта дорожных машин. ВСН 6 – 79. – М.: Транспорт, 1980. – 136 с.
- 10.Л.И. Новичихина «Справочник по техническому черчению»:
- 11.«Интерпрессервис», 2008.- 320 с.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мұстахан Ә.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Повышение эксплуатационных возможностей рабочего оборудования экскаватора

Научный руководитель: Азамат Альпеисов

Коэффициент Подобия 1: 14.6

Коэффициент Подобия 2: 3.9

Микропробелы: 114

Знаки из других алфавитов: 73

Интервалы: 62

Белые Знаки: 1

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

14.06.23

Заведующий кафедрой

