

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка конструкции навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А

Обучающийся

В.Д. Карякин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

О.А. Головач

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А».

Цель работы – разработка конструкции навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 107 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе приведена краткая характеристика трактора ЛТЗ-60А, выполнен обзор существующих конструкций погрузчиков, их назначение и область применения.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт колесного трактора ЛТЗ-60А.

В третьем разделе выполнен выбор и обоснование элементов рабочего оборудования, проведены расчет гидросистемы, расчет металлоконструкции (стрелы) погрузчика, определена производительность погрузчика. Разработанные узлы конструкции имеют высокие показатели долговечности и ремонтпригодности. При их проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого навесного погрузочного оборудования.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

## **Abstract**

The title of the graduation project is: «The design development of a loading attachment for the «LTZ-60A» wheeled tractor».

The graduation project consists of: an introduction, 6 general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the construction design of the loading attachment for the «LTZ-60A» wheeled tractor. Its use reduces the operating costs and it doesn't require the involvement of additional units of special equipment.

This thesis addresses the issue of increasing the multifunctionality of the «LTZ-60A» wheeled tractor by developing the loading hydraulic attachments. At the same time the efficiency of the tractor increases due to the year-round use.

The aim of the project is to develop the design of the loading attachment for the «LTZ-60A» wheeled tractor.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: the brief description of the «LTZ-60A» tractor; the review of existing designs of loaders, their purpose and areas of application; the traction-dynamic calculation of the «LTZ-60A» wheeled tractor; the calculation of elements of working equipment: the hydraulic system, the metal structures (lifting boom) of the loader; the determination of the productivity of the loader; the determination of the organizational form of assembly of the designed loading attachment, its technological process and labor intensity; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the calculation of the economic efficiency of the project.

In conclusion we'd like to stress that the developed loading attachment have high rate of durability and maintainability. The modern achievements in the tractor industry were taken into account in its design.

## Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса .....	6
1.1 Краткая характеристика трактора ЛТЗ-60А.....	6
1.2 Обзор существующих конструкций.....	7
1.3 Назначение и область применения.....	13
1.4 Описание конструкции .....	14
2 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	17
3 Конструкторская часть .....	20
3.1 Выбор и обоснование главных параметров.....	20
3.2 Расчёт гидросистемы .....	30
3.3 Расчёты на прочность .....	53
3.4 Определение производительности погрузчика.....	56
4 Технологический раздел.....	61
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	62
4.2 Проектирование технологического процесса сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А.....	65
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	68
5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны...	69
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	70
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	73
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	79
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А .....	82
6 Экономическая эффективность проекта.....	85
Заключение .....	99
Список используемой литературы и используемых источников.....	101
Приложение А. Спецификация.....	106

## Введение

«Развитие технической базы села характеризуется внедрением во все отрасли производства комплексов машин с высокими технико-экономическими показателями, широким использованием электрической энергии, средств автоматики и электроники» [4].

В высокоразвитых странах распространенным видом многофункциональных машин являются экскаваторы-погрузчики. Эти машины получили широкое применение в сельском хозяйстве. Мобильность в передвижении, многофункциональность в использовании, превращают погрузчик в фаворита сельскохозяйственной техники. Увеличение объемов работ в АПК, привело к увеличению спроса на универсальные многофункциональные машины, которые одновременно совмещают функции нескольких машин.

При помощи погрузочного оборудования проводятся погрузочно-разгрузочные работы с сыпучими и мелкокусковыми материалами, грузами.

Эта машина сочетает в себе большие возможности в копании, подъеме грузов, перемещении сыпучих материалов и грузов сельскохозяйственного, и не только, назначения.

Универсально-пропашные тракторы ЛТЗ-60А/АБ предназначены для: возделывания пропашных культур; пахоты сплошной культивации и других работ общего назначения; посева зерновых и трав; уборки пропашных и колосовых культур; выполнения транспортных и погрузо-разгрузочных работ.

Трактор агрегируется более чем со 132 машинами и орудиями, охватывающими весь комплекс сельхозработ. Тяговый класс трактора - 1,4.

«Среди достоинств трактора ЛТЗ-60А можно отметить легкое рулевое управление, полный реверс на все передачи, устойчивость хода и маневренность. Автоматическое подключение переднего моста положительно отражается на характеристиках пробуксовки задних ведущих колес» [4].

## **1 Состояние вопроса**

### **1.1 Краткая характеристика трактора ЛТЗ-60А**

Основной продукцией ОАО «Липецкий трактор» (ЛТЗ, бывший Липецкий тракторный завод – российское машиностроительное предприятие, основанное в 1932 году) являются универсально-пропашные тракторы. В сельском хозяйстве эти тракторы в комплексе с различными машинами и приспособлениями используются для широкого спектра технологических работ по возделыванию пропашных культур, начиная от посадки и кончая уборкой.

ЛТЗ-60 предназначены для выполнения разнообразных работ с сельскохозяйственными орудиями и машинами общего назначения, транспортных, погрузочно-разгрузочных работ. Эффективность тракторов проверена многочисленными испытаниями и успешной работой на полях России, Ближнего и Дальнего зарубежья. В настоящее время на ОАО «Липецкий трактор» выпускаются универсальные тракторы ЛТЗ-60А с двигателем Д144 воздушного охлаждения Владимирского Моторо-тракторного Завода и ЛТЗ-60АБ (мощностью 60 л.с. с двигателем Д-248 Минского моторного завода) по ТУ 4724-017-57858-95 и ТУ 4724-015-5785811-95.

«Трактор ЛТЗ-60А предназначен для возделывания пропашных культур, пахоты сплошной культивации и других работ общего назначения, посева зерновых и трав, уборки пропашных и колосовых культур, выполнения транспортных и погрузо-разгрузочных работ. Этот трактор агрегируется с большим числом машин и орудиями, охватывающими весь комплекс сельскохозяйственных работ. Общая конструкция трактора стандартная для колесных тракторов подобного класса и сочетает в себе эффективное использование тяговой мощности во время выполнения тех или иных работ. Масса трактора немного снижена по сравнению с аналогичными

тракторами. Инженерами была проведена работа по оптимизации распределения веса узлов на задний и передний мост, чтобы снизить расход топлива и себестоимость производимой продукции» [4].

## **1.2 Обзор существующих конструкций**

Погрузчики – это один из наиболее распространенных видов спецтехники, которая широко используется во множестве отраслей нашей деятельности. Существует несколько видов погрузчиков, которые могут оснащаться различным оборудованием и иметь различные характеристики [2].

Все они являются самоходными машинами, которые могут передвигаться по дорогам, как и любые другие. Важным преимуществом данного вида спецтехники является универсальность, позволяющая использовать их в разных отраслях. Погрузчики применяют в дорожном строительстве, сельском хозяйстве, транспортной деятельности, строительстве и даже промышленности.

«В настоящее время бурно развивается производство грузоподъемного оборудования, для сельского хозяйства производятся телескопические вилочные погрузчики. Практически все противовесные погрузчики с телескопической стрелой тоже относятся к машинам высокой проходимости, они эксплуатируются в большом количестве в сельском хозяйстве, а там, как правило, нет хороших дорог.

В сельском хозяйстве масса самых всевозможных задач: чистка стойл, погрузка зерна, буксировка прицепов и многое другое. Для их выполнения гидромеханические трансмиссии оборудуются клапанами «мягкого переключения», это придает машинам плавность хода и обеспечивается легкость переключения передач во время хода. В результате получается высокая маневренность и производительность, которым и на нынешний день не располагает ни одна другая машина» [4].

Таким образом, погрузчик в сельском хозяйстве, подъёмно-транспортная машина циклического или непрерывного действия, выполняющая погрузочно-разгрузочные работы в сельскохозяйственном производстве.

«Погрузчик циклического действия производят захват, транспортирование и выдачу груза порционно; погрузчик непрерывного действия – непрерывно.

По типу базовой машины погрузчики подразделяются на тракторные (навешиваются на тракторы или самоходные шасси) и автономные (имеют собственный привод и ходовую часть)» [1].

Погрузчики бывают на гусеничном и колёсном ходу. Колесные более маневренны, однако, имеют большое удельное давление на грунт и не могут удовлетворительно работать на переувлажненных участках (около навозохранилищ, на торфяниках).

Из погрузчиков циклического действия наиболее распространены грейферные погрузчики с поворотной стрелой, монтируемые обычно на колёсные тракторы или самоходные шасси, и одноковшовые напорного действия, навешиваемые на гусеничные тракторы.

Одноковшовые погрузчики бывают с передней разгрузкой – фронтальные, с задней – перекидные, с боковой – поворотные. Перекидные и поворотные погрузчики могут также производить переднюю разгрузку.

По назначению погрузчики делятся на специальные (для погрузки какого-либо одного материала или продукта – зернопогрузчики, свеклопогрузчики) и универсальные (для погрузки различных материалов). Погрузчики напорного действия и грейферные – универсальные [19].

«До сих пор в сельском хозяйстве применяют навесной погрузчик-бульдозер ПБ-35, имеющий широкий диапазон использования. В сочетании с ковшом он служит для погрузки в транспортные средства из буртов и куч удобрений (навоз, компост и другие), сыпучих и малосыпучих материалов. В сочетании с бульдозером служит для бульдозерных работ.

Навесной погрузчик-экскаватор ПЭ-0,85 предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных и земляных работ, погрузчик грейферный ПУ-0,5 – для погрузки хлопка-сырца в бунты и различных грузов в транспортные средства, универсальный погрузчик ПШ-0,4 – для погрузки навоза, торфа, силоса, песка, минеральных удобрений и другого. Может выгружать грузы из ям глубиной до 2 м» [4].

«Грейферный малогабаритный погрузчик ПМГ-0,2 применяется для погрузки различных грузов как снаружи, так и внутри складских помещений.

СтогOMETATEль-пOгPузчик СШP-0.5 К используется для укладки сена и соломы из стяжек или копен в стога или скирды, укладки копен в транспортные средства и так далее, самоходный погрузчик фронтальный (стогOMETATEль) для скирдования сена и соломы, укладки копен в транспортные средства, погрузки навоза и силоса, сыпучих и штучных грузов; может быть укомплектован также приспособлением для загрузки минеральными удобрениями самолета» [4].

Погрузчик-бульдозер ПБ-35 Погрузчик-экскаватор ПЭ-0,8 Б Грейферный малогабаритный погрузчик ПМГ-0,2 Погрузчик Д-451 Д-451 предназначен для погрузки и разгрузки сыпучих (мелкокусковых) материалов и штучных грузов в транспортные средства, а также для перемещения грузов на небольшие расстояния.

«Многоковшовые погрузчики Д-452 и Д-565 используются для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов в транспортные средства. Погрузчик-измельчитель кормов – самоходная (полунавесная или навесная) машина для измельчения и погрузки в транспортные средства стебельчатых кормов в местах их хранения. Грузоподъемность от 500 до 1500 кг, производительность от 10 до 86 т/ч, погрузочная высота от 2,3 до 7 м» [4].

Фронтальный погрузчик ПКУ-0,8 (рисунок 1) может быть построен на базе МТЗ 8-й серии, ЮМЗ, Т-40, ЛТЗ и так далее. Установку фронтального погрузчика ПКУ-0,8 на трактор МТЗ выполняют десятки заводов и небольших фирм [14].



Рисунок 1 – Фронтальный погрузчик ПКУ

Базовая конструкция трактора, отлично зарекомендовавшая себя за многие годы службы, является великолепной платформой для установки фронтального погрузчика ПКУ. Популярность этих машин вполне объяснима их простотой, ремонтпригодностью, доступностью всех узлов и агрегатов. Основное применение фронтальные погрузчики ПКУ находят в сельском хозяйстве и лесной отрасли.

Фронтальный погрузчик ПКУ-10 аналогичен по своим возможностям фронтальному погрузчику ПКУ-0,8. Многие компании предлагают его установку, как и установку фронтального погрузчика ПКУ-0,8, на трактор МТЗ, либо его аналог. Фронтальный погрузчик ПКУ-10 имеет ковш объемом от 0.38 до 0.75 м<sup>3</sup>.

Помимо традиционного для фронтального погрузчика, переднего ковша, покупатель может заказать и приобрести погрузчик ПКУ с набором других рабочих инструментов. Фронтальный погрузчик ПКУ-0.8 с вилами окажет неоценимую помощь при заготовке кормов, либо погрузке лесоматериалов. Не случайно, именно Фронтальный погрузчик ПКУ-0.8 с вилами является лидером продаж сельскохозяйственным компаниям [4].

Техника ПКУ (КУН) практически не имеет конкурентов на нашем рынке, благодаря возможности установки, практически, на любой трактор, своей простоте, доступности и высокой эффективности в работе.

Компания FOTON Iovol несколько лет подряд проводит агрессивную экспансию на рынки спецтехники. Погрузчики FOTON Iovol занимают все больший сегмент рынка, благодаря демпинговой ценовой политике, являющейся основой маркетинга производителя из КНР. Цена на фронтальные погрузчики FOTON, иногда, даже ниже, чем цена подержанных машин аналогичного класса других производителей. Подобная ценовая политика, вместе с достаточно неплохими техническими характеристиками погрузчиков, привела к устойчивому спросу на технику компании.

Фронтальный погрузчик FOTON 935e (рисунок 2) предназначен для механизации землеройных, транспортных и погрузочных работ. Емкость ковша машины составляет  $1,8 \text{ м}^3$ , а грузоподъемность – 3,0 т. Мощность двигателя фронтального погрузчика FOTON 935e – 125 л.с., что позволяет машине уверенно занимать свое место среди конкурентов.



Рисунок 2 – Фронтальный погрузчик FOTON

Фронтальный погрузчик FOTON 936f – является практически полным аналогом предыдущей модели по своим возможностям. Этот погрузчик оснащен дизелем Weichai-Deutz с расходом топлива 220 г·кВт/ч. От 935-й модели фронтальный погрузчик FOTON 936f отличается особенностями конструкции рулевого управления. Во всем остальном модели практически идентичны.

Фронтальный погрузчик FOTON 938g, при грузоподъемности и вместимости ковша равных предыдущим моделям, оснащен более мощным двигателем в 147 л.с. Назначение фронтального погрузчика FOTON 938g аналогично предыдущим моделям легкого класса.

Фронтальный погрузчик FOTON 958g-55h – шаг компании FOTON в следующий класс погрузчиков. От моделей 930-й серии эту машину отличает большая грузоподъемность (5 т), вместимость рабочего ковша и другой, более мощный двигатель. Фронтальный погрузчик FOTON 958g-55h имеет дизельный 220-ти сильный двигатель китайской разработки. Мощность двигателя для погрузчика данного класса представляется даже несколько избыточной. При этом, цена на фронтальный погрузчик FOTON 958g-55h соответствует цене на мини-погрузчики других производителей.

Фронтальный погрузчик FOTON Iovol является интересным предложением в любом классе. Основным достоинством техники компании является очень низкая цена при приемлемом качестве.

Помимо фронтальных погрузчиков среднего класса, компания FOTON производит также погрузчики на базе тракторов FOTON. Фронтальный погрузчик на базе FOTON 254 представляет собой универсальный агрегат, незаменимый при проведении сельхозработ. Это – компактная и легкая машина, удивляющая своей многофункциональностью. Фронтальный погрузчик на базе FOTON 254 может оснащаться ассортиментом рабочих инструментов, среди которых: вилочный погрузчик, гидравлический захват, экскаваторный ковш. Фронтальный погрузчик на базе FOTON 254 оснащен полным приводом, что позволяет машине работать на различных сложных

грунтах. Собственно, все фронтальные погрузчики FOTON могут выполнять работы с продукцией сельского хозяйства, однако, именно фронтальные погрузчики на базе FOTON 254 или других тракторов компании, предназначены именно для этого.

На сегодня, машины, рабочая часть которых представлена в виде ковша, подразделяются на три основных типа, а именно: погрузчики-экскаваторы, с бортовым поворотом и фронтальные погрузчики, оборудованные сочлененной рамой.

Как правило, наиболее глубокой емкостью ковша отличаются машины с сочлененной рамой, а вот погрузчики с бортовым поворотом, наоборот, ведь их основное преимущество заключается в маневренности и небольшом размере. При выборе, стоит продумать основной объем выполняемых работ, на основании чего и подобрать подходящий вариант, используя в качестве основных критериев – емкость, скорость и маневренность.

Различаются ковшовые машины и по способу поворота основной рабочей части. В этом случае, пальма первенства, бесспорно, принадлежит погрузчикам с бортовым поворотом, способным выполнять любые действия в ограниченном пространстве. А вот фронтальные и погрузчики-экскаваторы – менее маневренны, но при этом, незаменимы при транспортировке большого количества сыпучих грузов на открытых пространствах.

### **1.3 Назначение и область применения**

Благодаря своей универсальности погрузчики находят самое широкое применение в различных сферах сельского хозяйства. Ковшовые погрузчики различаются между собой по нескольким основным критериям, а именно: маневренности разворотов и емкости ковша, что позволяет подобрать подходящий вариант – идеальный для выполнения тех или иных работ.

Функциональные возможности, которыми обладает фронтальный погрузчик, позволяют успешно использовать его в широчайшем спектре работ:

- для погрузочно-разгрузочных работ сельскохозяйственных грузов (удобрения, семена, комбикорм, силос, сено прессованное, овощи, зерно и прочие грузы);
- для выполнения насыпей из грунта и отсыпки валов;
- для рытья небольших котлованов и разравнивания площадок;
- для транспортировки небольших объемов грузов;
- для планирования и благоустройства территорий;
- для снегоборочных работ;
- в качестве буксировочного средства.

#### **1.4 Описание конструкции**

Монтажной базой для сельскохозяйственной техники может служить как новый, так и уже эксплуатируемый серийный трактор ЛТЗ-60А (АБ) и его модификации.

«Универсальность конструкции погрузчика позволяет быстро и легко установить и демонтировать его, что обеспечивает возможность:

- использования трактора как пропашного, так и в составе погрузчика, круглогодично;
- использования трактора как транспортного средства без демонтажа манипулятора;
- обслуживания трактора и погрузчика одним оператором.

Высокая производительность гидроманипулятора и наличие сменных рабочих органов позволит рационально использовать погрузчик на таких работах, как погрузка и выгрузка кормов, в том числе силоса, сенажа, соломыстых органических удобрений, рулонов сена и рулонов сена в герметичной упаковке (например, комплекса «Пермь-Салют»), сыпучих

грузов, штучных и затаренных грузов, при производстве монтажных и строительных работ, рытье траншей, канав и ям, сгребании погружаемого материала, очистке дорог и легких планировочных работах» [4].

Описание ковша.

Перемещение грузов, захватывание грузов, выравнивание, землеройные работы, погрузка и разгрузка материала – все эти операции можно выполнить с помощью этого универсального ковша.

Его конструкция обеспечивает оптимальное усилие внедрения в материал (например, удобрения или комбикорм), а зубчатые края челюстей надежно удерживают предметы.

Основные особенности:

- конструкция ковша с интегрированной режущей кромкой обеспечивает ему повышенную жесткость и большой срок службы.
- зубья ковша имеют специальное покрытие, препятствующее истиранию.
- быстросъемная монтажная рама.
- три рабочие кромки: передняя, бульдозерная, задняя грейферная.

«Система стабилизации ковша позволяет минимизировать потери материалов при движении погрузчика, тем самым увеличивает производительность» [4].

Эта система идеальна при работе на неровной рабочей площадке.

Работа системы заключается в том, что при изменении наклона погрузчика при его передвижении, угол наклона ковша относительно горизонта остается постоянным.

Описание рамы.

«Сочлененная конструкция рамы позволяет уменьшить радиус поворота, что делает погрузчик идеально подходящим для использования в условиях ограниченного пространства работы» [4].

Модернизированные передняя и задняя рама обеспечивают легкий доступ к узлам и деталям.

Например, установка двухчелюстного ковша позволяет производить не только погрузку сыпучих материалов, но и работы с несипучими грузами. В частности, несипучие грузы можно перемещать путем захвата груза раскрытием челюстей. Установка челюстного захвата расширяет диапазон использования машины в сложных производственно-технологических циклах. Дополнительное использование вилок обеспечит легкость укладки грузов в контейнер, в штабель или на стеллаж.

Совершенная геометрия ракушки гарантирует хорошую проникаемость и великолепные копательные свойства. Гидроцилиндры защищены во всех положениях от повреждений. Гарантированно плавные движения ковша обеспечиваются равномерным движением толкателей.

Основание ковша с бронзовыми втулками гарантирует долгую и бесперебойную работу.

Высокая сила сжатия и высокопрочная сталь HB500 обеспечивают высокий ресурс и эффективность.

Выводы по разделу.

В разделе приведена краткая характеристика трактора ЛТЗ-60А, выполнен обзор существующих конструкций погрузчиков, их назначение и область применения.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

«Тяговый расчёт проводится для оценки тяговых качеств машины с заданными конструктивными параметрами для определённых условий эксплуатации. Для экскаватора тяговый расчёт проведём для транспортного режима. Тяговые качества машины в прямолинейном движении оцениваются на основании определения сопротивления передвижению. Максимальные нагрузки на машину действуют при её разгоне (рисунок 3).

На машину действуют следующие силы:

- $R$  – сила сопротивления передвижению, кН;
- $G$  – вес машины, кН;
- $m_a$  – сила инерции, кН;
- $P$  – потребная сила тяги, кН» [8].

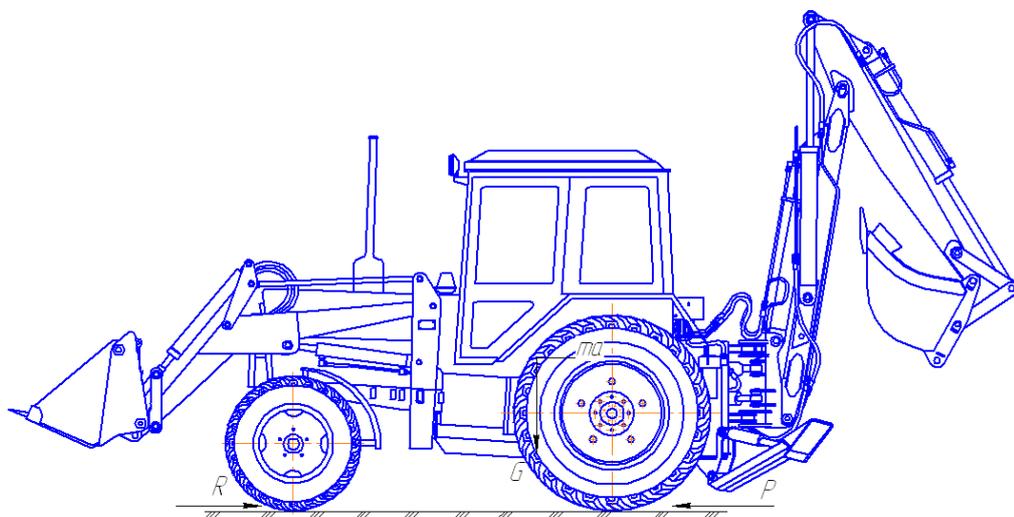


Рисунок 3 – Силы, действующие на погрузчик при движении

«Сила сопротивления передвижению – сопротивление передвижению машины как тележки, определяется по формуле:

$$R = G \cdot (f + i), \quad (1)$$

где  $G$  – вес экскаватора, кН;

$f$  – коэффициент сопротивления качению колёс машины, принимаем 0,03;  
 $i$  – уклон, принимаем равным 0,07» [8].

$$R = 63 \cdot (0,02 + 0,07) = 5,6 \text{ кН.}$$

Максимальное комфортное ускорение машины по рекомендациям [8] не превышает 0,1g. Принимаем 0,7 м/с.

Тогда сила инерции равна:

$$m_a = 6,3 \cdot 0,7 = 4,41 \text{ кН.}$$

Потребная сила тяги определяется составлением уравнения суммы сил на ось  $O_x$ :

$$P = R + m_a, \quad (2)$$

$$P = 5,6 + 4,41 = 10,01 \text{ кН.}$$

«Сила тяги по двигателю определяется по формуле:

$$P_{\text{дв}} = \frac{3600 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{тр}}}{v}, \quad (3)$$

где  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя Д-240, принимается равным 75 кВт;

$\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии, принимается равным 0,76;

$v$  – максимальная транспортная скорость, согласно технической характеристике 20 км/ч» [4].

$$P_{\text{дв}} = \frac{3600 \cdot 75 \cdot 0,76}{20} = 10,26 \text{ кН.}$$

«Сила тяги по сцеплению:

$$P_{cy} = \varphi_{cy} \cdot G_{cy}, \quad (4)$$

где  $\varphi_{cy}$  – коэффициент сцепления, принимается равным 0,8;

$G_{cy}$  – сцепной вес» [7].

$$P_{cy} = 0,8 \cdot 36,6 = 29,3 \text{ кН.}$$

Необходимое и достаточное условие движения:

$$P_{cy} \geq P_{\text{дв}} > P, \quad (5)$$

$$29,3 \geq 10,26 > 10,01 \text{ кН.}$$

Так как условие выполняется, то машина обладает достаточными тяговыми характеристикам.

«Расчет мощности произведём для рабочего режима. Мощность двигателя расходуется на привод насосов гидросистемы, поэтому мощность, расходуемую в рабочем режиме, найдём как сумму мощностей насосов:

$$N_{mp} = N_{H1} + N_{H2}, \quad (6)$$

где  $N_{H1}, N_{H2}$  – мощности, потребляемые первым и вторым насосами соответственно, кВт» [9].

$$N_{mp} = 26,2 + 26,2 = 52,4 \text{ кВт.}$$

Так как  $N_{mp} = 52,4 \text{ кВт} < N_{\text{дв}} = 75 \text{ кВт}$ , то мощности двигателя достаточно для работы машины.

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт колесного трактора ЛТЗ-60А.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Выбор и обоснование главных параметров

«Основными параметрами являются: размеры базовой части  $L$ ,  $K$ ,  $B$  экскаватора, линейные размеры экскаваторного оборудования  $r_p$ ,  $r_c$ ,  $r_k$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$ ,  $l_4$ ,  $l_5$ ,  $l_6$ ,  $l_7$ ,  $l_8$  и массы рабочего оборудования  $G_c$ ,  $G_p$ ,  $G_k$ .

Основные размеры экскаваторных движителей назначают из условий обеспечения их передвижения в заданных режимах, а так же устойчивости при экскавации груза. Для пневмоколёсных движителей основными размерами являются его база  $L$  и  $K$ , ширина колёс  $B$  (рисунок 4)» [7].

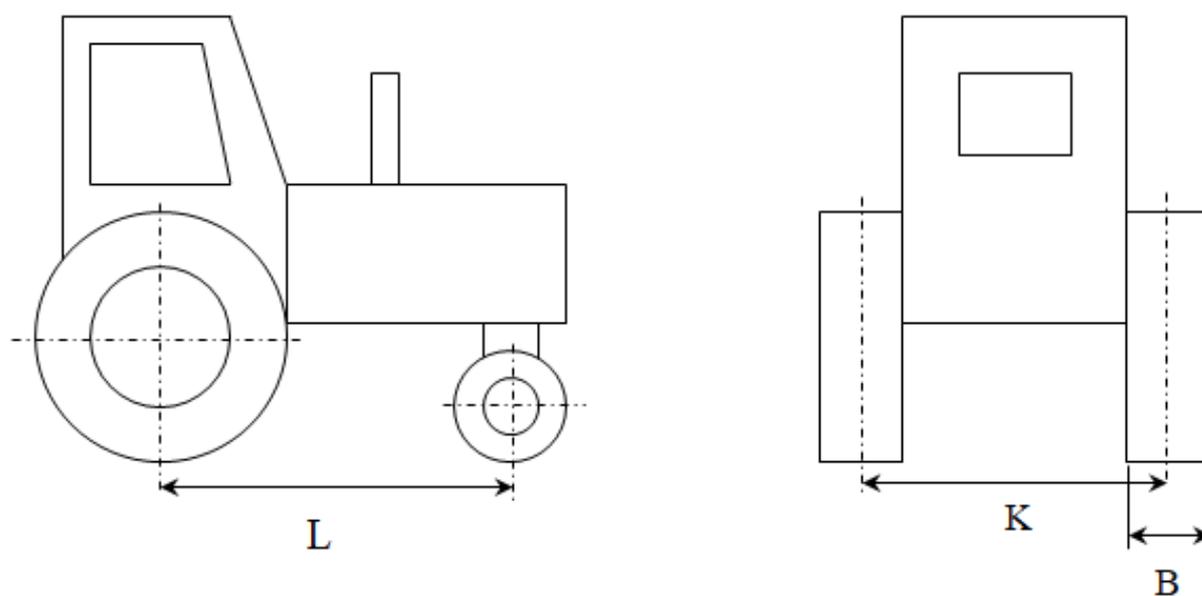


Рисунок 4 – Схема базовой машины

Разрабатываемой машиной является погрузчик второй размерной группы, а его конструктивной особенностью является двухчелюстной захват и то, что он может быть смонтирован на пневмоколёсных тракторах марок ЛТЗ-60, ЮМЗ-6К, МТЗ-80 и МТЗ-82, поэтому основные размеры движителя принимаем по технической характеристике базовой машины:  $L=2,45$  м;  $K=1,6$  м;  $B=0,4$  м.

«Расчёт остальных параметров производим на основании рекомендаций [7] по равенству:

$$A = K'L(1 \pm K_v), \quad (7)$$

где  $A$  – искомый размер, м;

$K'$  – коэффициент;

$K_v$  – коэффициент вариации;

$L$  – база машины, м» [7].

Результаты расчётов заносим в таблицу 1. Размеры показаны на рисунке 5.

Таблица 1 – Размеры элементов рабочего оборудования

Параметр	Обозначение	Коэффициент $K'$	Коэффициент $K_v$	Размер, м
Длина рукояти	$r_p$	1,39	0,34	1,8
Длина стрелы	$r_c$	2,62	0,55	2,6
Радиус ковша	$r_k$	0,89	0,4	1,1
Высота пяты стрелы	$y_1$	1,22	0,5	0,7
Высота шарнира цилиндра поворота стрелы	$y_2$	0,93	0,3	1,3
Расстояние от пяты стрелы до шарнира штока цилиндра стрелы	$l_1$	1,5	0,35	2,1
Расстояние от шарнира штока цилиндра стрелы до шарнира поворота рукояти	$l_2$	0,32	0,48	0,55
Длина консоли рукояти	$l_3$	0,39	0,58	0,6
Расстояние между шарнирами	$l_4$	0,2	0,47	0,25
Расстояние между шарнирами	$l_5$	0,35	0,54	0,5
Расстояние между шарнирами	$l_6$	0,35	0,26	0,5
Расстояние между шарнирами	$l_7$	0,27	0,26	0,35
Расстояние от пяты стрелы до шарнира цилиндра рукояти	$l_8$	0,7	0,38	0,95

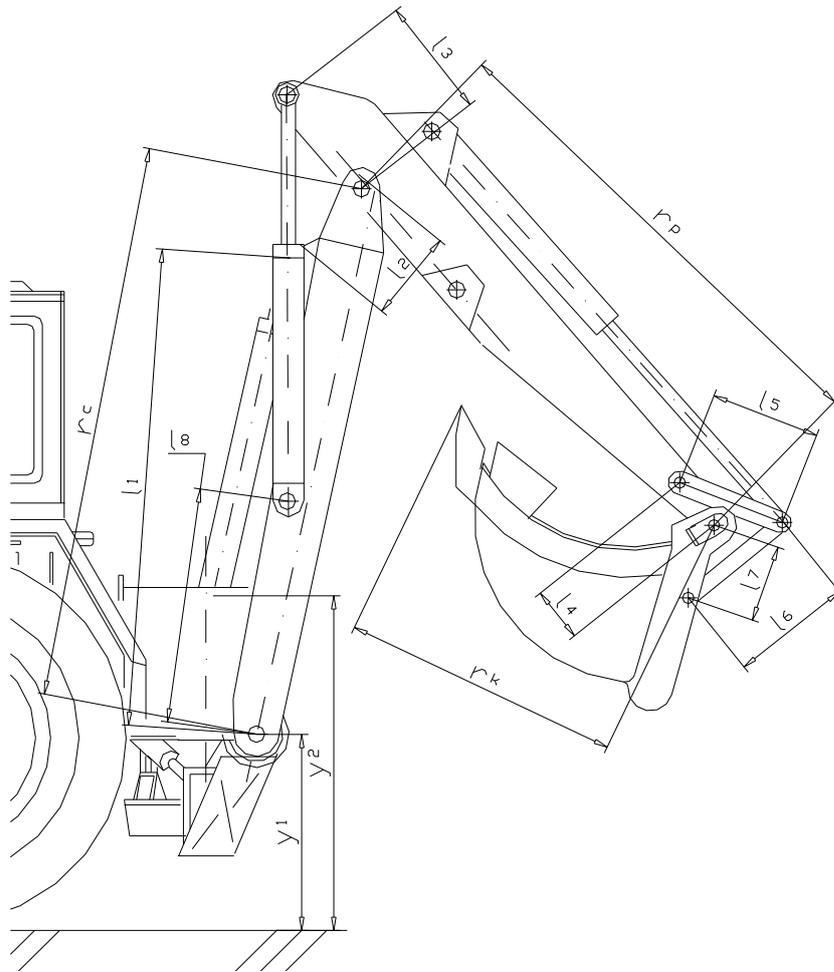


Рисунок 5 – Конструктивная схема экскаваторного оборудования

«Массу ковша находим в зависимости от его вместимости:

$$m_k = (0,7...1,2) \cdot V, \quad (8)$$

где  $V$  – вместимость ковша, ориентировочно принимаем  $0,25 \text{ м}^3$ » [7].

$$m_k = (0,7...1,2) \cdot 0,25 = 0,175...0,3 \text{ т.}$$

Принимаем  $m_k = 200 \text{ кг}$ .

Массы рукояти и стрелы выбирают в зависимости от массы ковша [7].

Масса стрелы:

$$m_c = (0,6...1,2) \cdot 0,2 = 0,12...0,24 \text{ т.}$$

Принимаем  $m_c=120$  кг.

Масса рукояти:

$$m_p = (0,4...0,75) \cdot 0,2 = 0,8...0,15 \text{ т.}$$

Принимаем  $m_p=110$  кг.

Кинематическую длину ковша определяют через радиус, описываемый при повороте ковша режущими кромками зубьев, который согласно действующему отраслевому стандарту вычисляется в зависимости от вместимости  $q$  ( $\text{м}^3$ ):

$$R_k = 1,25 \cdot \sqrt[3]{q} + 0,25, \quad (9)$$

$$R_k = 1,25 \cdot \sqrt[3]{0,25} + 0,25 = 1,04 \text{ м.}$$

Принимаем  $R_k=1,1$  м.

С учётом износа зубьев, в среднем равного  $2/3$  от предельного износа:

$$L_k = 0,95 \cdot R_k, \quad (10)$$

$$L_k = 0,95 \cdot 1,1 = 1,04 \text{ м.}$$

Выбор и обоснование главных параметров погрузочного оборудования. Расчёт основных параметров производим согласно рекомендациям [5,7].

«Конструктивный вес погрузочного оборудования определяют по формуле:

$$G_o = G_T \cdot k_o, \quad (11)$$

где  $G_m$  – вес базового тягача, Н.

$k_o$  – коэффициент, принимается равным 0,311» [13].

$$G_o = 58000 \cdot 0,311 = 18000 \text{ Н.}$$

«Рациональность использования веса базовой машины и совершенство ходовой части определяют по коэффициенту удельной грузоподъемности:

$$q_n = \frac{Q_n}{G_T + G_o} \geq [q], \quad (12)$$

где  $Q_n$  – грузоподъемность рабочего оборудования, принимается равной 9000 Н;

$G_T$  – вес базового тягача, Н.

Рекомендуемые значения  $[q]$  для колесных погрузчиков 0,25÷0,30» [3].

$$q_n = \frac{9000}{58000 + 18000} = 0,12. \quad (13)$$

«Номинальную вместимость основного ковша определяют по грузоподъемности погрузочного оборудования из расчета работы на сыпучих и мелкокусковых материалах с объемным весом  $\gamma_c = 1,3 \text{ т/м}^3$ :

$$V_n = \frac{Q_n}{\gamma_c \cdot \varepsilon_p}, \quad (14)$$

где  $\varepsilon_p$  – коэффициент наполнения ковша, равный 1,25» [18].

$$V_n = \frac{0,9}{1,3 \cdot 1,25} = 0,8 \text{ м}^3.$$

«Напорное усилие, то есть тяговое усилие базового тягача с учетом веса погрузочного оборудования на рабочей передаче определяют по тяговой характеристике из условия работы погрузчика на горизонтальной площадке.

Напорное усилие по двигателю приближенно определяют по формуле:

$$T_n = \frac{3,6 \cdot N_{e \max}}{V_p \cdot (1 - \delta_p)} \cdot \eta_T - G_{II} \cdot f, \quad (15)$$

где  $N_{e \max}$  – наибольшая эффективная мощность двигателя;

$V_p$  – рабочая скорость внедрения;

$\eta_T$  – КПД механической трансмиссии 0,95;

$f$  – коэффициент сопротивления качению, принимается при колесной ходовой части 0,03÷0,04;

$\delta_p$  – расчетное буксование, при колесной ходовой части 0,20» [7].

«Напорное усилие по сцепному весу:

$$T_{сц} = G_{II} \cdot \varphi, \quad (16)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления движителя, для колесных тягачей принимается равным 0,7» [13].

$$T_{сц} = 63000 \cdot 0,7 = 44100 \text{ Н.}$$

$$T'_{сц} = G_{сц} \cdot \varphi - W_{пер}, \quad (17)$$

$$T'_{сц} = 44100 - 7800 = 36300 \text{ Н.}$$

«Скорость рабочего хода погрузчиков принимают 3,0÷4,0 км/ч. Превышение указанных значений скорости ведет к увеличению буксования, замедлению процесса наполнения ковша, повышенной утомляемости водителя и снижению эффективности погрузчика» [7].

Назначаем скорость рабочего хода 4 км/ч.

$$T_n = \frac{3,6 \cdot 78000}{4 \cdot (1 - 0,20)} \cdot 0,95 - 63000 \cdot 0,035 = 81153,5 \text{ Н.} \quad (18)$$

Скорость обратного холостого хода выбирают на 25÷40% выше

рабочей скорости движения. Назначаем скорость обратного холостого хода 5,2 км/ч.

«Скорость поворота ковша – средние линейные скорости запрокидывания и опрокидывания ковша определяют на режущей кромке ковша.

Скорость запрокидывания:

$$V_{зк} = 0,277 \cdot k_v \cdot \gamma_v \cdot V_p, \quad (19)$$

где  $k_v$  – коэффициент снижения рабочей скорости в процессе внедрения за счет падения частоты вращения вала двигателя, снижения производительности гидронасосов, буксования и так далее равен 0.5;

$\gamma_v$  – коэффициент совмещения, равен 1,0÷1,2;

$V_p$  – рабочая скорость» [7].

$$V_{зк} = \frac{0,277 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 4}{3,6} = 0,169 \text{ м/с.}$$

Если при наполнении ковша работает поршневая полость гидроцилиндра поворота ковша, то скорость опрокидывания рабочего органа  $V_{ок}$  больше скорости  $V_{зк}$  в 1,3÷1,35 раза. При работе штоковой полости скорость опрокидывания составляет 0,74÷0,77 скорости запрокидывания.

$$V_{он} = 0,75 \cdot V_{зк}, \quad (20)$$

$$V_{он} = 0,75 \cdot 0,169 = 0,127 \text{ м/с.}$$

«Скорость подъема стрелы выбирают так, чтобы подъем груза был завершен к моменту окончания операции отхода погрузчика на разгрузку:

$$V_{ПС} = \frac{S_{П}}{S_{Д}} \cdot V_x, \quad (21)$$

где  $S_{П}$  – длина пути шарнира крепления ковша при подъеме стрелы;

$S_{Д}$  – средняя длина пути рабочего хода погрузчика;

$V_x$  – скорость обратного холостого хода погрузчика в м/с» [16].

$$V_{ПС} = \frac{4,560 \cdot 5,2}{40 \cdot 3,6} = 0,165 \text{ м/с.}$$

Скорость опускания стрелы определяют по скорости подъема с таким расчетом, чтобы в полости опускания гидроцилиндров стрелы не образовался вакуум:

$$V_{ОС} = (1,2 \div 1,3) \cdot V_{ПС}, \quad (22)$$

$$V_{ОС} = 1,25 \cdot 0,165 = 0,206 \text{ м/с.}$$

Определение выгибающего усилия.

«При отсутствии опорных лыж на стреле выгибающее усилие определяется по условию продольного опрокидывания машины относительно ребра опрокидывания, проходящего под осью опорных колес [7] согласно схеме представленной на рисунке 6:

$$N_e = \frac{G_э \cdot l_2 - G_0 \cdot l_0}{l_1}, \quad (23)$$

где  $G_э$  – эксплуатационный вес базовой машины;

$G_0$  – вес погрузочного оборудования;

$l_0, l_1, l_2$  – плечи соответствующих сил» [13].

$$N_e = \frac{58000 \cdot 2,2 - 18000 \cdot 0,5}{2,09} = 56746 \text{ Н.}$$

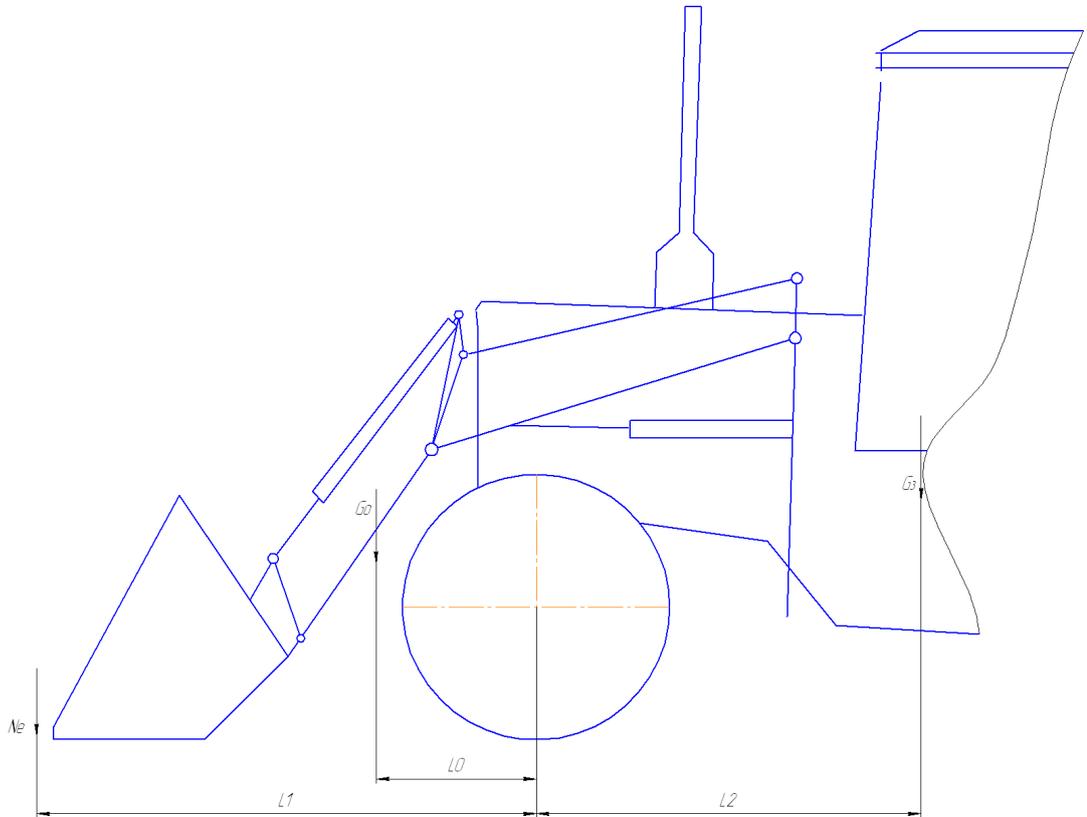


Рисунок 6 – Схема для определения выгибающего усилия

«Подъемное усилие на режущей кромке ковша, развиваемое гидроцилиндрами стрелы приближенно определяют по номинальной грузоподъемности:

$$N_n = (1,8...2,1) \cdot Q_n, \quad (24)$$

где  $Q_n$  – номинальная грузоподъемность» [7].

$$N_n = 2 \cdot 9000 = 18000 \text{ Н.}$$

«Удельное напорное усилие на кромке ковша:

$$q_n = \frac{T_{\max}}{B_k}, \quad (25)$$

где  $T_{\max}$  – наибольшее тяговое усилие по двигателю;

$B_k$  – наружная ширина режущей кромки ковша» [4].

$$q_n = \frac{36300}{2} = 18150 \text{ Н/м.}$$

Удельное выглубляющее усилие на кромке ковша:

$$q_e = \frac{N_B}{B_k}, \quad (26)$$

$$q_e = \frac{56746}{2} = 28373 \text{ Н/м.}$$

«Заглубление рабочего органа  $W$  – наибольшая величина заглубления режущей кромки основного ковша, установленного под углом  $5 \div 7^\circ$  к опорной поверхности; определяет возможность работы погрузчиком при резких изменениях уклона опорной поверхности» [7].

Принимаем 400 мм.

«Высоту разгрузки выбирают в зависимости от типоразмера и транспортных средств, с которыми предназначен работать погрузчик. Высоту разгрузки определяют по формуле:

$$H_p = h_p + \Delta h_p, \quad (27)$$

где  $h_p$  – наибольшая высота бортов транспортных средств, с которыми может работать погрузчик» [9].

$$H_p = 3100 + 400 = 3500 \text{ мм.}$$

«Вылет ковша  $L$  – расстояние от передних колес погрузчика до режущей кромки ковша, находящегося на максимальной высоте при наибольшем угле разгрузки определяют по формуле [7]:

$$L = \frac{B_T}{2} + \Delta b, \quad (28)$$

где  $B_T$  – ширина кузова наиболее тяжелого транспортного средства, с которым предназначен работать погрузчик;

$\Delta b$  – расстояние между погрузчиком и транспортным средством при разгрузке, необходимое по условиям безопасности работы и равное 150÷200 мм» [13].

$$L = \frac{2500}{2} + 150 = 1400 \text{ мм.}$$

«Угол запрокидывания ковша в нижнем положении и угол разгрузки в верхнем положении выбираются по ГОСТ 12568-67.

Рекомендуемая величина угла запрокидывания при нижнем положении стрелы 42÷46°.

Угол разгрузки основного ковша при промежуточных значениях высот должен быть не менее 45°» [7].

### **3.2 Расчёт гидросистемы**

Расчёт усилий на штоках гидроцилиндров.

«Усилия, действующие на гидроцилиндры рабочего оборудования можно определить графическим методом. При этом методе составляют уравнения моментов внешних сил и сил веса звеньев, приложенных в центрах тяжести, относительно осей вращения звеньев рабочего оборудования.

Определим усилие на штоке гидроцилиндра стрелы. Гидроцилиндр испытывает наибольшее нагружение, когда стрела максимально опущена, рукоять вытянута, а ковш наполнен грузом (рисунок 7). В данном случае гидроцилиндр работает на втягивание» [3].

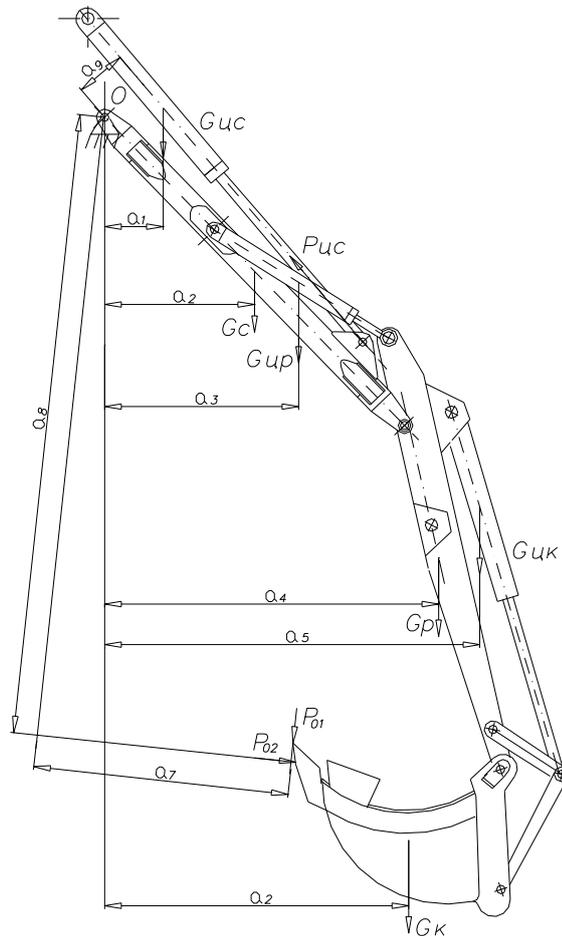


Рисунок 7 – Расчётная схема для расчёта усилия в гидроцилиндре стрелы

«Составим уравнение моментов относительно точки  $O$ :

$$\sum M_O = 0, \quad (29)$$

$$G_c \cdot L_2 + G_{uc} \cdot L_1 + G_{up} \cdot L_3 + G_p \cdot L_4 + G_{uk} \cdot L_5 + G_{k+2} \cdot L_6 + P_{01} \cdot L_7 - P_{02} \cdot L_8 - P_{uc} \cdot L_9 = 0,$$

$$P_{uc} = \frac{G_c \cdot a_2 + 0.5 \cdot G_{uc} \cdot a_1 + G_{up} \cdot a_3 + G_p \cdot a_4 + G_{uk} \cdot a_5 + G_{k+2} \cdot a_6 + P_{01} \cdot a_7 - P_{02} \cdot a_8}{a_9},$$

где  $G_c, G_{uc}, G_{up}, G_p, G_{uk}, G_{k+2}$  – веса элементов рабочего оборудования, причём  $G_{k+Г}$  – вес ковша с грузом, кН;

$a_1, \dots, a_9$  – плечи действия соответствующих сил, м;

$P_{01}$  – касательная составляющая сопротивления, кН;

$P_{02}$  – нормальная составляющая сопротивления, кН.

Касательная составляющая определяется по формуле:

$$P_{01} = b \cdot h \cdot k_{y\partial} \quad (30)$$

где  $b$  – ширина режущей части ковша, м;

$h$  – толщина стружки, м;

$k_{y\partial}$  – удельная сила, Н/м<sup>2</sup>» [3].

«Ширину режущей части ковша определим по формуле:

$$b = 1,51 \cdot \sqrt[3]{q} - 0,26, \quad (31)$$

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

$$b = 1,51 \cdot \sqrt[3]{0,25} - 0,26 = 0,65 \text{ м.}$$

Согласно рекомендациям [3] максимальная толщина стружки равна  $(0,25 \dots 0,3) \cdot b$ .

$$h = (0,25 \dots 0,3) \cdot 0,65 = 0,16 \dots 0,19 \text{ м.}$$

Принимаем  $h = 0,17$  м.

Удельная сила для категории сельскохозяйственных грузов 160...280 кН/м<sup>2</sup> [3]. Для расчётов примем  $k_{y\partial} = 200$  кН/м<sup>2</sup>.

Определяем  $P_{01}$ :

$$P_{01} = 0,65 \cdot 0,17 \cdot 200 \cdot 10^3 = 22,1 \text{ кН.}$$

По рекомендациям Холодова нормальную составляющую сопротивления можно принимать равной:

$$P_{02} = 0,1 \cdot P_{01}, \quad (32)$$

$$P_{02} = 0,1 \cdot 22,1 = 2,21 \text{ кН},$$

$$P_{\text{цс}} = \frac{1,2 \cdot 0,9 + 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,3 + 1,2 \cdot 1,1 + 1,1 \cdot 2 + 0,6 \cdot 2,3 + 7 \cdot 1,8 + 22,1 \cdot 1,2 - 2,21 \cdot 3,5}{0,35} =$$

$$= 107,1 \text{ кН}.$$

Рассчитаем усилие на штоке гидроцилиндров рукояти. Наибольшая нагрузка действующая на шток гидроцилиндра возникает (зубья ковша лежат на продолжении рукояти), когда шток гидроцилиндра полностью втянут (рисунок 8).

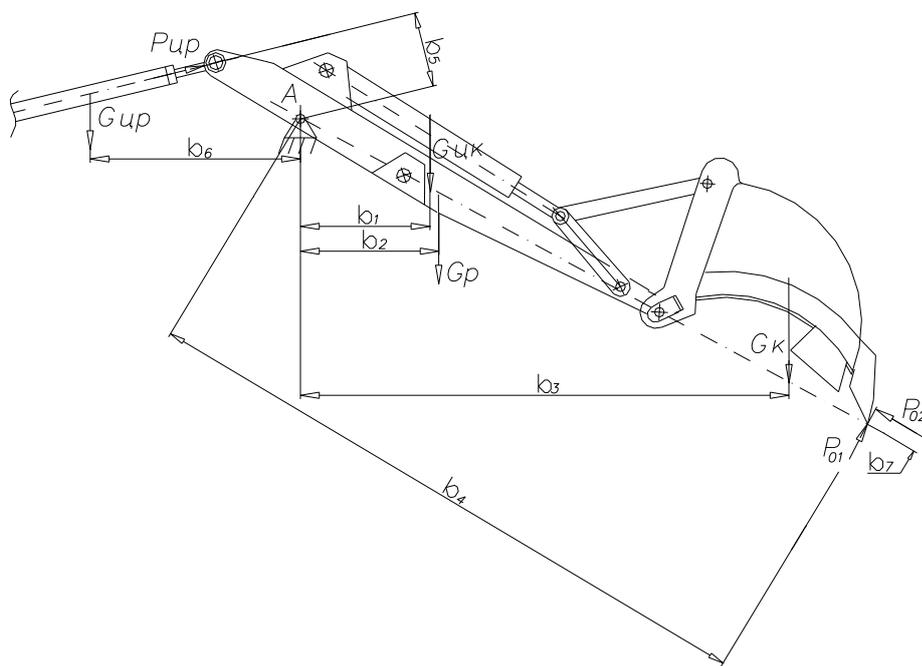


Рисунок 8 – Расчётная схема для расчёта усилия в гидроцилиндре рукояти

Составим уравнение моментов относительно точки А:

$$\sum M_A = 0, \quad (33)$$

$$-0,5 \cdot G_{up} \cdot b_6 + G_p \cdot b_2 + G_{ук} \cdot b_1 + G_k \cdot b_3 - P_{01} \cdot b_4 + P_{02} \cdot b_7 + z \cdot P_{up} \cdot b_5 = 0.$$

Выражая усилие на штоке гидроцилиндра стрелы, получаем:

$$P_{up} = \frac{0,5 \cdot G_{up} \cdot b_6 - G_p \cdot b_2 - G_{ук} \cdot b_1 - G_k \cdot b_3 + P_{01} \cdot b_4 + P_{02} \cdot b_7}{z \cdot b_5}, \quad (34)$$

где  $b_1, \dots, b_6$  – плечи действия соответствующих сил, м;

$z$  – количество гидроцилиндров рукояти, принимается равным 2.

Подставляя значения, получаем:

$$P_{up} = \frac{0,5 \cdot 1,2 \cdot 1 - 1,1 \cdot 0,74 - 0,6 \cdot 0,69 - 2 \cdot 2,6 + 22,1 \cdot 3,43 + 2,2 \cdot 0,05}{2 \cdot 0,4} = 87,6 \text{ кН.}$$

Определим усилие на штоке гидроцилиндра ковша. Данный расчёт производится в два этапа: находим усилие ( $P_{зв}$ ) в тяге CD (рисунок 9), составляя уравнение относительно точки В; составляя уравнение моментов относительно точки А (рисунок 10), находим усилие на штоке гидроцилиндра ( $P_{ук}$ ).

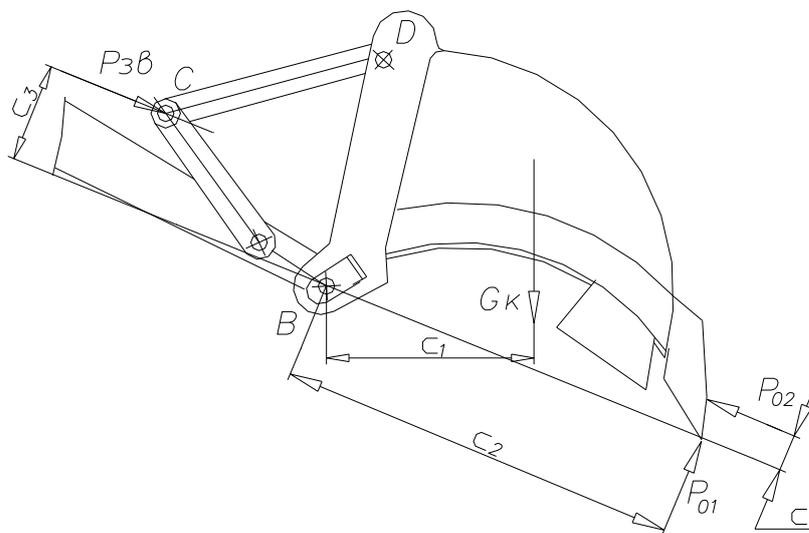


Рисунок 9 – Расчетная схема для определения усилия в тяге CD

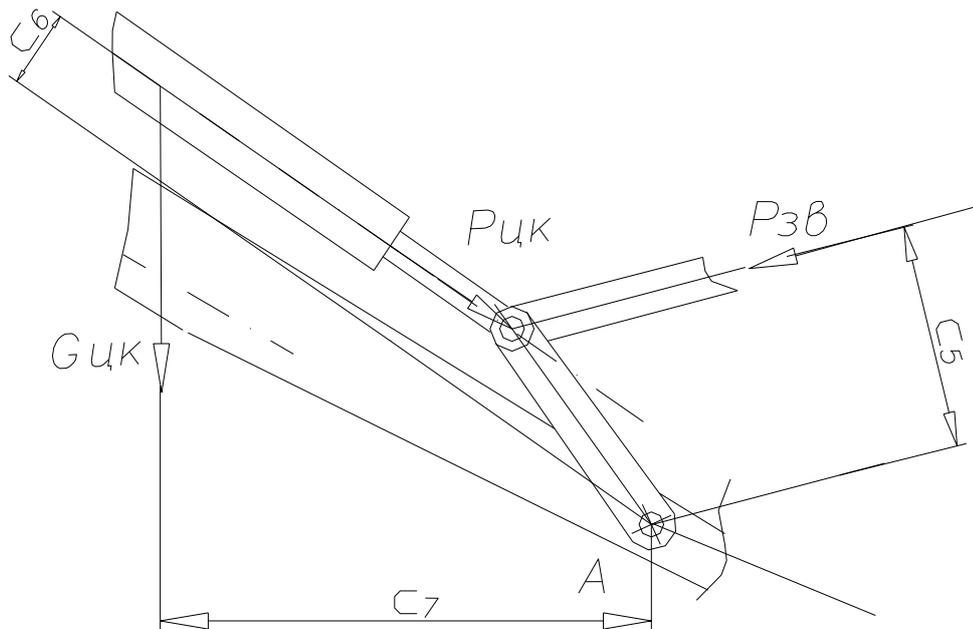


Рисунок 10 – Расчетная схема для расчёта усилия в гидроцилиндре ковша

$$\sum M_B = 0, \quad (35)$$

$$G_{\kappa} \cdot c_1 - P_{01} \cdot c_2 + P_{02} \cdot c_4 + P_{36} \cdot c_3 = 0.$$

«Выражая  $P_{36}$ , получаем:

$$P_{36} = \frac{P_{01} \cdot c_2 + P_{02} \cdot c_4 - G_{\kappa} \cdot c_1}{c_3}, \quad (36)$$

где  $c_1, c_2, c_3$  – плечи действия сил» [12].

$$P_{36} = \frac{22,1 \cdot 1,1 + 2,2 \cdot 0,05 - 2 \cdot 0,45}{0,31} = 75,8 \text{ кН.}$$

Найдём усилие на штоке гидроцилиндра:

$$\sum M_A = 0, \quad (37)$$

$$P_{36} \cdot c_5 - P_{\text{цк}} \cdot c_6 + 0,5 \cdot G_{\text{цк}} \cdot c_7 = 0.$$

«Выражая  $P_{цк}$ , получаем:

$$P_{цк} = \frac{P_{зв} \cdot c_4 + 0,5G_{цк} \cdot c_7}{c_5}, \quad (38)$$

где  $c_4, c_5$  – плечи действия сил» [17].

$$P_{цк} = \frac{75,5 \cdot 0,26 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 1}{0,4} = 49,8 \text{ кН.}$$

Расчёт усилия на штоках гидроцилиндров поворота произведём исходя из потерь возникающих в подшипниках поворотной колонны.

«Момент трения в подшипниках можно определить по формуле:

$$M = \mu \cdot \frac{P \cdot d}{2}, \quad (39)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения, определяемый в зависимости от типа подшипника, для роликового радиально-упорного конического равен 0,0018;

$P$  – эквивалентная нагрузка на подшипник, Н;

$d$  – диаметр отверстия подшипника, мм» [11].

«Эквивалентная нагрузка на подшипник равна осевой нагрузке, которая в свою очередь, равна весу рабочего оборудования и груза:

$$P = G_{po} + G_{сп}, \quad (40)$$

где  $G_{po}$  – вес рабочего оборудования, принимается равным 7 кН;

$G_{сп}$  – вес груза при полном ковше, принимается равным 6 кН» [11].

$$P = 7 + 6 = 13 \text{ кН.}$$

Тогда момент трения равен:

$$M = 0,0018 \cdot \frac{13000 \cdot 120}{2} = 1,4 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

«Усилие на штоке гидроцилиндра определим по формуле:

$$P_{\text{ш}} = \frac{M}{r}, \quad (41)$$

где  $r$  – радиус поворотной звездочки, принимается равным 0,2 м» [13].

$$P_{\text{ш}} = \frac{1,4}{0,2} = 7 \text{ кН.}$$

Расчёт усилия на штоках гидроцилиндров аутригеров производим из условия вывешивания машины относительно передней оси (рисунок 11).

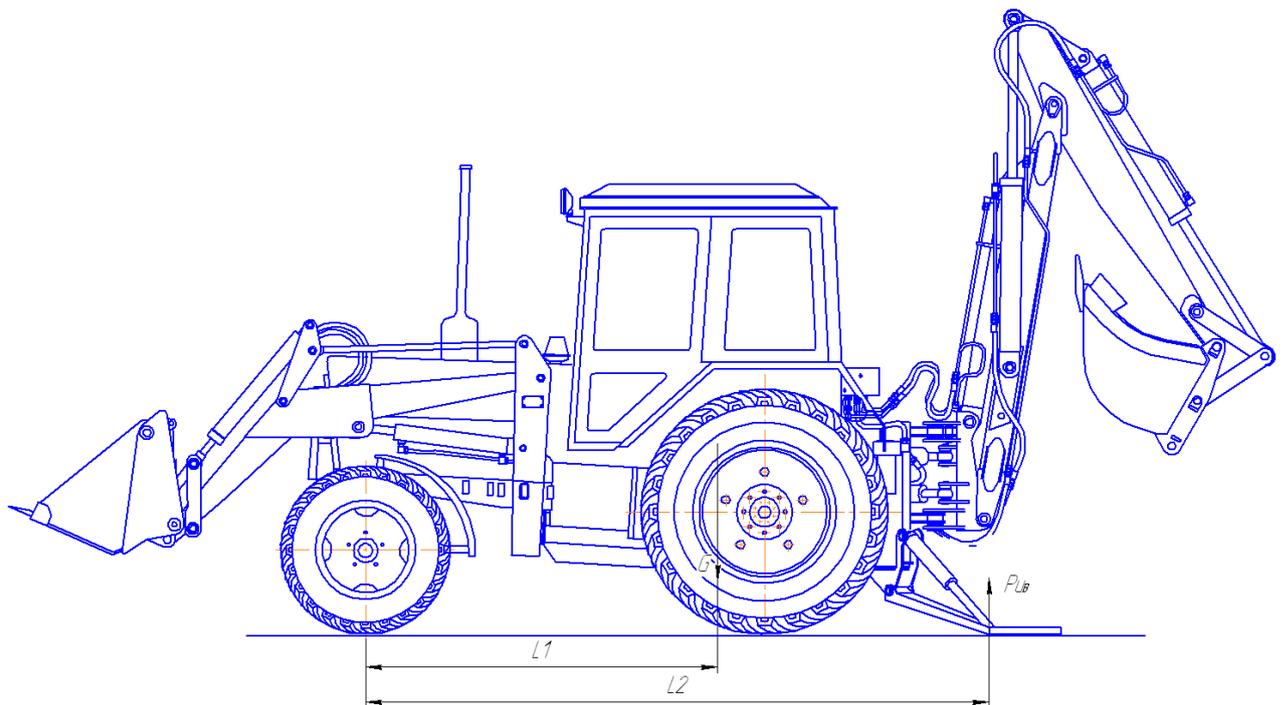


Рисунок 11 – Схема расчёта вертикальной силы действующей на гидроцилиндры аутригеров

На аутригер действует вертикальное усилие  $P_{\text{ш}}$ . Найдём  $P_{\text{ш}}$ , составив

уравнение моментов относительно точки Е. Затем, записав уравнение моментов относительно точки О крепления аутригера (рисунок 12), найдем усилие ( $P_{ца}$ ), действующее на штоке гидроцилиндра. Силу тяжести экскаватора прикладываем в центре масс.

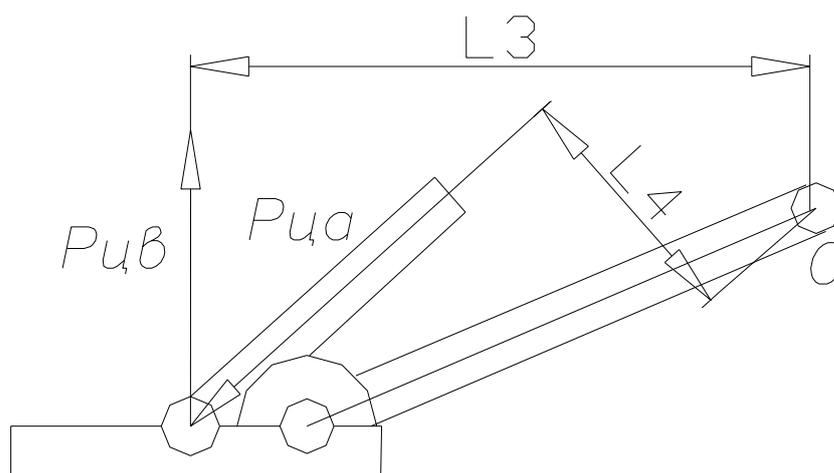


Рисунок 12 – Схема расчёта усилия в гидроцилиндре аутригеров

Уравнение моментов относительно точки Е:

$$\begin{aligned} \sum M_E &= 0, \\ G \cdot L_1 - z \cdot P_{цв} \cdot L_2 &= 0. \end{aligned} \quad (42)$$

«Выражая  $P_{цв}$ , получаем:

$$P_{цв} = \frac{G \cdot L_1}{z \cdot L_2}, \quad (43)$$

где  $L_1, L_2$  – плечи действия сил;

$G$  – вес экскаватора;

$z$  – число аутригеров, принимается равным 2» [13].

$$P_{цв} = \frac{61 \cdot 1,5}{2 \cdot 2,5} = 18,3 \text{ кН.}$$

Запишем уравнение моментов относительно точки O:

$$\begin{aligned}\sum M_O &= 0, \\ P_{ца} \cdot L_4 - P_{цв} \cdot L_3 &= 0.\end{aligned}\tag{44}$$

Откуда получаем:

$$\begin{aligned}P_{ца} &= \frac{P_{цв} \cdot L_3}{L_4}, \\ P_{ца} &= \frac{18,3 \cdot 1,05}{0,45} = 42,7 \text{ кН}.\end{aligned}\tag{45}$$

Определение усилий в исполнительных гидроцилиндрах погрузочного оборудования.

«Усилия на штоках исполнительных гидроцилиндров определяются в установившемся режиме работы по величинам наибольшего выглубляющего усилия  $N_e$  – для гидроцилиндров ковша и подъемного усилия  $N_n$  – для гидроцилиндров стрелы, приложенных на режущей кромке ковша в положении внедрения» [5].

«Усилие на штоке одного гидроцилиндра ковша:

$$S_K = \frac{N_B \cdot C_2 + G_K \cdot C_1}{n_n \cdot C_3} \cdot k_1,\tag{46}$$

где  $G_K$  – вес ковша, Н;

$n_n$  – количества гидроцилиндров поворота ковша, шт;

$C_1, C_2, C_3$  – соответствующие плечи сил  $G_K, N_e, S_k$ ;

$k_1$  – коэффициент запаса, учитывающий потери в гидроцилиндрах и шарнирах, принимается равным 1,25» [5].

$$S_k = \frac{56746 \cdot 0,974 + 4000 \cdot 0,32}{2 \cdot 0,22} \cdot 1,25 = 160655 \text{ Н.}$$

«Усилия в одном гидроцилиндре стрелы определяются по формуле:

$$S_c = \frac{N_B \cdot l_3 + G_P \cdot l_1}{l_4 \cdot n_c} \cdot k_2, \quad (47)$$

где  $G_P$  – вес погрузочного оборудования без портала;

$n_c$  – количество гидроцилиндров подъема стрелы;

$k_2$  – коэффициент запаса, учитывающий потери в шарнирах и гидроцилиндрах, принимается равным 1,25;

$l_1, l_3, l_4$  – плечи сил» [7].

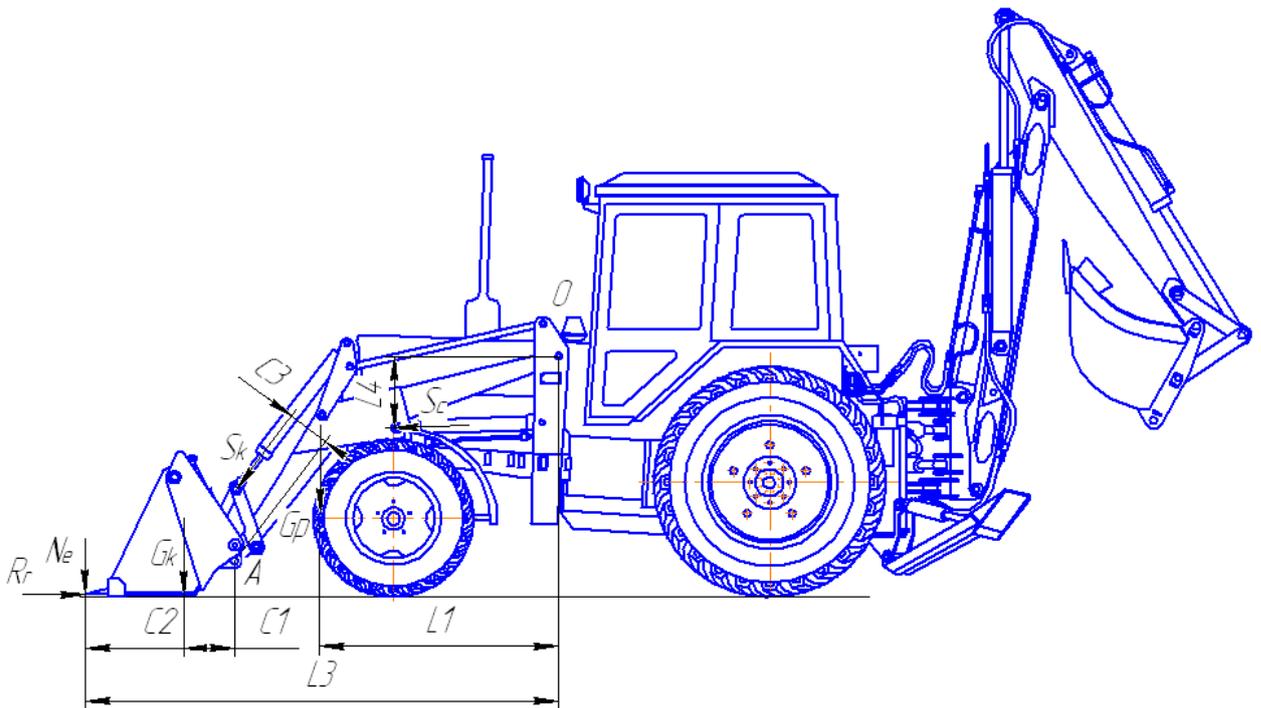


Рисунок 13 – Схема для определения усилий гидроцилиндров погрузочного оборудования

$$S_c = \frac{156746 \cdot 3,085 + 18000 \cdot 1,52}{0,46 \cdot 2} \times 1,25 = 275029,1 \text{ Н.}$$

Скорости движения поршней гидроцилиндров ковша и стрелы определяют исходя из требуемых скоростей движения ковша и стрелы. Среднюю скорость движения поршней гидроцилиндров ковша вычисляют для положения внедрения по формуле:

$$V_k = \frac{V_{зк}}{i_n}, \quad (48)$$

$$V_k = \frac{0,169}{2} = 0,0845 \text{ м/с.}$$

«Среднюю скорость движения поршней гидроцилиндров стрелы определяют по формуле:

$$V_c = 57,3 \cdot \frac{V_{nc} \cdot S_c}{l_c \cdot \phi_c}, \quad (49)$$

где  $S_c$  – ход поршня гидроцилиндра стрелы;

$l_c$  – длина стрелы;

$\phi_c$  – угол поворота стрелы, принимается равным  $60^\circ$ » [5].

$$V_c = 57,3 \cdot \frac{0,165 \cdot 0,6}{2,5 \cdot 60} = 0,0378 \text{ м/с.}$$

«Усилия в одном гидроцилиндре челюсти определяются по формуле:

$$S_u = \frac{(G_r + G_u) \cdot l_1}{l_2 \cdot n_u} \cdot k_3, \quad (50)$$

где  $n_u$  – количество гидроцилиндров подъема челюсти, шт;

$k_3$  – коэффициент запаса, учитывающий потери в шарнирах и гидроцилиндрах, принимается равным 1,25;

$l_1, l_2$  – плечи сил» [6].

$$S_4 = \frac{9000 \cdot 0,35}{0,15 \cdot 2} \cdot 1,25 = 13125 \text{ Н.}$$

Схема сил двухчелюстного ковша представлена на рисунке 14.

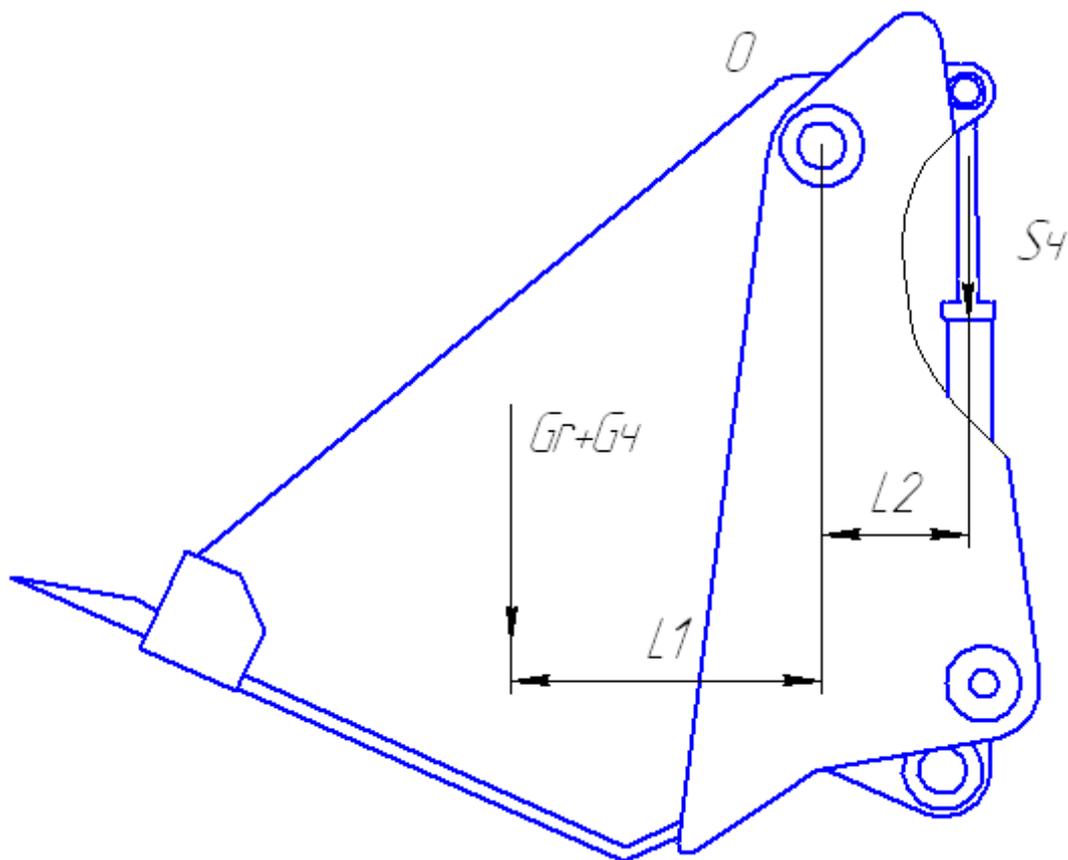


Рисунок 14 – Схема двухчелюстного ковша

Определение мощности гидропривода и насоса.

«Полезная мощность гидродвигателя возвратно-поступательного действия (цилиндра) определяется по формуле:

$$N_{ГДВ} = PV, \tag{51}$$

где  $P$  – усилие на штоке, кН

$V$  – скорость движения штока, м/с» [9].

Скорость движения штока принимаем равную 0,1 м/с.

Расчёты сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчёт мощности гидродвигателя

Элемент экскаватора	Усилие на штоке, кН	Скорость штока, м/с	Потребная мощность, кВт
Стрела	107,1	0,1	10,71
Рукоять	87,6	0,1	8,76
Ковш	49,8	0,1	4,98
Механизм поворота	7	0,1	0,7
Аутригеры	42,7	0,1	4,27
Стрела погрузчика	275	0,0845	13,75
Ковш погрузчика	160	0,0375	6
Челюсти погрузчика	13	0,165	2,1

«Полезная мощность насоса определяется исходя из мощности гидродвигателя с учётом потерь энергии при её передаче от насоса к гидродвигателю по формуле:

$$N_{НП} = k_{з\gamma} \cdot k_{зс} \cdot N_{ГДВ}, \quad (52)$$

где  $k_{з\gamma}$  – коэффициент запаса по усилию, принимается равным в диапазоне от 1,1 до 1,2;

$k_{зс}$  – коэффициент запаса по скорости принимается равным в диапазоне от 1,1 до 1,3» [12].

Расчёт мощности насоса ведём по максимальной мощности гидроцилиндров,

Для первого контура, по мощности потребляемой гидроцилиндром стрелы погрузчика:

$$N_{НП} = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 13,75 = 18,98 \text{ кВт.}$$

Для первого контура, по мощности потребляемой гидроцилиндром стрелы экскаватора:

$$N_{НП2} = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 10,71 = 14,78 \text{ кВт.}$$

Выполняем подбор насосов.

«Определяем подачу и рабочий объём по формулам:

$$Q_H = \frac{N_{НП}}{P_{НОМ}}, \quad (53)$$

$$q_H = \frac{N_{НП}}{P_{НОМ} \cdot n_H \cdot \eta}, \quad (54)$$

где  $Q_H$  – подача насоса,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$q_H$  – рабочий объём насоса,  $\text{см}^3$ ;

$N_{НП}$  – мощность насоса, кВт;

$P_{НОМ}$  – номинальное давление в гидросистеме, МПа;

$n_H$  – частота вращения вала насоса (допускается принимать равной частоте вращения коленвала двигателя внутреннего сгорания, то есть  $n_H=29$  об/с или  $n_H=1750$  об/мин)» [5].

Номинальное давление в гидросистеме принимаем стандартное для тракторов ЛТЗ-60А, равное 14 МПа.

Для насоса первого контура:

$$Q_{H1} = \frac{18,89}{14} = 1,35 \text{ дм}^3/\text{с};$$

$$q_{H1} = \frac{18,89}{14 \cdot 28} = 48,2 \text{ см}^3.$$

«По номинальному давлению и рабочему объёму выбираем насос НШ 50А-3, имеющий следующую характеристику:

- а) рабочий объём,  $\text{см}^3$ : 49,1;
- б) давление на выходе, МПа:

- номинальное: 16;
- максимальное: 20;
- в) частота вращения вала,  $c^{-1}$ :
  - минимальная: 16;
  - номинальная: 32;
  - максимальная: 40;
- г) номинальная подача,  $dm^3/c$ : 1,44;
- д) номинальная потребляемая мощность, кВт: 26,2;
- е) КПД:
  - полный: 0,82...0,90;
  - объёмный: 0,92...0,97» [5].

С целью унификации и снижения затрат на содержание и ремонт для второго контура принимаем такой же насос, как и для первого контура, то есть НШ50у-3:

Проверим, обеспечивает ли выбранный насос расход потребляемый гидроцилиндрами. Расход гидроцилиндров определяется по формуле:

$$Q_{ц} = \frac{\pi \cdot V \cdot D^2}{4 \cdot \eta_{об}}, \quad (55)$$

где  $V$  – скорость штока гидроцилиндра, м/с;

$D$  – диаметр цилиндра, мм;

$\eta_{об}$  – объёмный КПД гидроцилиндра, принимается равным 0,985.

Так как все гидроцилиндры имеют одинаковую скорость и диаметр, то расход будет одинаков:

$$Q_{ц} = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 125^2}{4 \cdot 0,985} = 1,5 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

«Действительную подачу насоса уточняем по формуле:

$$Q_{нд} = q_{нд} \cdot n_{н} \cdot \eta_{об}, \quad (56)$$

где  $Q_{нд}$  – действительная подача насоса,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$q_{нд}$  – действительный рабочий объём насоса,  $\text{дм}^3$ ;

$n_{н}$  – действительная частота вращения вала насоса,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\eta_{об}$  – объёмный КПД насоса, из технической характеристики, принимается равным 0,95» [10].

$$Q_{нд1} = 0,048 \cdot 29 \cdot 0,95 = 1,32 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Данный насос вполне удовлетворяет потребностям гидросистемы по расходу, то есть  $Q_{н} = 1,32 > Q_{ц} = 1,25 \text{ дм}^3/\text{с}$ .

Определение внутренних диаметров гидролиний, скоростей движения жидкости.

«Расчёт трубопроводов гидросистемы произведём для гидролинии гидроцилиндра стрелы погрузчика, так как именно на этом участке имеет место самое большое потребление мощности» [10].

Определение скоростей движения жидкости по трубопроводам произведем в соответствии со значениями предельных скоростей, указанными в таблице 2.

«Минимальный внутренний диаметр определяется по формуле:

$$d_p = \sqrt{\frac{0,004 \cdot Q_{нд1,2}}{\pi \cdot [V]}}, \quad (57)$$

где  $Q_{нд1,2}$  – действительный расход жидкости,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$[V]$  – допускаемая средняя скорость движения жидкости на участке,  $\text{м/с}$ » [2].

Допускаемую скорость рабочей жидкости принимаем равной 5  $\text{м/с}$ .

$$d_p = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 1,32}{3,14 \cdot 5}} = 0,019 \text{ м.}$$

«Диаметр трубопровода, полученный при расчете, округляем до ближайшего стандартного ( $d=22$  мм) по ГОСТ 16516-80. В целях унификации диаметры остальных трубопроводов принимаем такого же диаметра. Длина трубопроводов определяется исходя из расположения на машине.

Определим действительные скорости движения жидкости во всасывающей, напорной и сливной гидролиниях по формуле:

$$V_{\text{ЖД}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} Q_{\text{НД1,2}}}{\pi \cdot d^2}, \quad (58)$$

где  $d$  – внутренний диаметра гидролинии, м» [12].

$$V_{\text{ЖД}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1,32}{3,14 \cdot 0,022^2} = 3,47 \text{ м/с.}$$

Скорость меньше допускаемой, поэтому выбранный диаметр трубопроводов удовлетворяет необходимому условию.

Расчёт гидроцилиндров.

«Применяем гидроцилиндры с односторонним штоком. Диаметр гидроцилиндра определяется по формуле:

– для выталкивания:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ВЫТ}}}{\pi \cdot \Delta P_c \cdot \eta_{\text{МЦ}}}}, \quad (59)$$

– для втягивания:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ВЫТ}} \cdot \psi}{\pi \cdot \Delta P_c \cdot \eta_{\text{МЦ}}} \quad (60)$$

где  $F_{\text{ВЫТ}}$  – заданное усилие выталкивания гидроцилиндра;

$\eta_{\text{МЦ}}$  – механический КПД гидроцилиндра, принимается равным 0,95;

$\psi$  – коэффициент мультипликации, при расчете гидроцилиндров задается величиной равной 1,25 по ОСТ 22-1417-79.

$\Delta P$  – перепад давления на гидроцилиндре» [5].

«Перепад давления принимают равным:

$$\Delta P = (0,8...0,9) \cdot P_H, \quad (61)$$

где  $P_H$  – номинальное давление в гидросистеме, МПа» [7].

$$\Delta P = (0,8...0,9) \cdot 14 = 11,2...12,6 \text{ МПа.}$$

Принимаем равным 12 МПа.

$$D_1^{\text{выт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 107100}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 109 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_1^{\text{см}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 107100 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 122 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=125$  мм.

$$D_2^{\text{выт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 87600}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 99 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_2^{эм} = \sqrt{\frac{4 \cdot 87600 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 110 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=110$  мм.

$$D_3^{быт} = \sqrt{\frac{4 \cdot 49800}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_3^{эм} = \sqrt{\frac{4 \cdot 49800 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 79 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=80$  мм.

$$D_4^{быт} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7000}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$D_4^{эм} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7000 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=50$  мм.

$$D_5^{быт} = \sqrt{\frac{4 \cdot 42700}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 69 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_5^{эм} = \sqrt{\frac{4 \cdot 42700 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 77 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=80$  мм.

$$D_6^{быт} = \sqrt{\frac{4 \cdot 275000}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 175 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_6^{em} = \sqrt{\frac{4 \cdot 275000 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 196 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного 200 мм.

$$D_7^{em} = \sqrt{\frac{4 \cdot 160000}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 131 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_7^{em} = \sqrt{\frac{4 \cdot 160000 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 149 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=160$  мм.

$$D_8^{em} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13000}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 38 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$D_8^{em} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13000 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 43 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принятое значение округляем до ближайшего стандартного:  $D=50$  мм.

По ОСТ 22-1417 выбираем гидроцилиндры [5, 7]. Обозначение выбранных гидроцилиндров сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Обозначение гидроцилиндров

Элемент экскаватора	Обозначение гидроцилиндров по ОСТ 22-1417
Стрела	1.16.0.У-125-56-1000
Рукоять	1.16.0.У-110-50-1000
Ковш	1.16.0.У-80-30-1000
Механизм поворота	1.16.1.У-50-22-400
Аутригеры	1.16.0.У-80-30-400
Стрела погрузчика	1.16.0.У-200-90-800
Ковш погрузчика	1.16.0.У-160-70-800
Челюсти погрузчика	1.16.0.У-50-22-400

«Определим действительную скорость штока:

$$V_D = \frac{Q_{HD}}{S_{эф}}, \quad (62)$$

где  $Q_{HD}$  – действительная подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$S_{эф}$  – эффективная площадь поршня, м<sup>2</sup>» [5].

Для поршневой рабочей полости эффективная площадь определяется по формуле:

$$S_{эф} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (63)$$

$$S_{эф} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 31,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Тогда действительная скорость равна:

$$V_D = \frac{1,32 \cdot 10^{-3}}{31,4 \cdot 10^{-3}} = 0,05 \text{ м/с}.$$

Определяем отклонение действительной скорости штока:

$$\Delta V = \frac{V_D - V}{V}, \quad (64)$$

$$\Delta V = \frac{0,05 - 0,01}{0,01} \cdot 100\% = 4\%.$$

Данное расхождение в скорости является приемлемым, так как допустимая разбежка равна 10% [5].

Выбор гидроаппаратов.

«Гидроаппаратуру (распределители, обратные клапаны, гидрозамки, предохранительные клапаны и другое) выбирают по условному проходу и номинальному давлению. Дополнительным параметром для гидроаппаратуры является номинальный расход жидкости» [6].

Выбор рабочей жидкости.

«В качестве рабочей жидкости принимаем масло ВМГЗ (ТУ 38-101479-74) предназначено для внесезонной эксплуатации в строительных, дорожных, коммунальных, лесозаготовительных и других мобильных машинах с гидроприводом и в промышленном гидрооборудовании. Температурный интервал использования масла от минус 43 до плюс 35 °С. Кинематическая вязкость при температуре 50 °С  $10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с. Применение гидравлического масла ВМГЗ позволяет значительно расширить географическую зону надёжной эксплуатации машины, отказаться от использования более 110 сортов масел, созданных для других целей. Срок эксплуатации масла без замены составляет 3500-4000 ч. работы, т.е. в 2 – 3 раза превышает срок эксплуатации других неспециальных масел» [5].

Выбор направляющих гидроаппаратов.

«В качестве направляющих гидроаппаратов выбираем гидрораспределители рассчитанные на номинальное давление 16 МПа (ОСТ 22-829-74). Для управления гидроцилиндрами стрелы, рукояти и ковша принимаем распределитель P22.16-20-01 × 3-30.

Для гидроцилиндров погрузчика стандартный гидрораспределитель устанавливаемый на базовой машине P75-33-Р.

В поршневой и штоковой линиях гидроцилиндра стрелы установлена коробка предохранительных и подпиточных клапанов 64800 во избежание динамических перегрузок и кавитационного режима работы главного цилиндра.

Для исключения утечек жидкости из поршневых полостей гидроцилиндров выносных опор, с целью обеспечения устойчивого положения, устанавливаются гидрозамки 61800.

Для уменьшения скорости опускания отвала и избежания его падения при разрушении трубопровода устанавливают дроссель с обратным клапаном 62800.

Выбор фильтрующих элементов осуществляем из необходимости обеспечения тонкости фильтрации не более 40 мкм, так как в гидросистеме используются шестерёнчатые насосы, и пропускной способности не менее 130 л/мин. Выбираем фильтр 1.1.40-40/0.6 (ОСТ 22-883-75)» [24].

### 3.3 Расчёты на прочность

«Целью расчета является выполнение металлоконструкции (стрелы) погрузчика равнопрочной путем расчета её методом конечных элементов.

Металлоконструкция стрелы погрузчика выполнена сварной из листовой стали. Толщина листа 5 мм. Пользуясь данными прочностного расчета, прикладываем определенные нагрузки, в места крепления ковша. Закрепления производятся в местах крепления к порталу и в местах крепления гидроцилиндров подъёма стрелы к стреле» [8, 9, 10].

Рассмотрим два расчётных случая. Первый, при внедрении ковша в комбикорм (берем комбикорм в качестве основы). Второй, при поднятии ковша с грузом (рисунки 15 – 20).

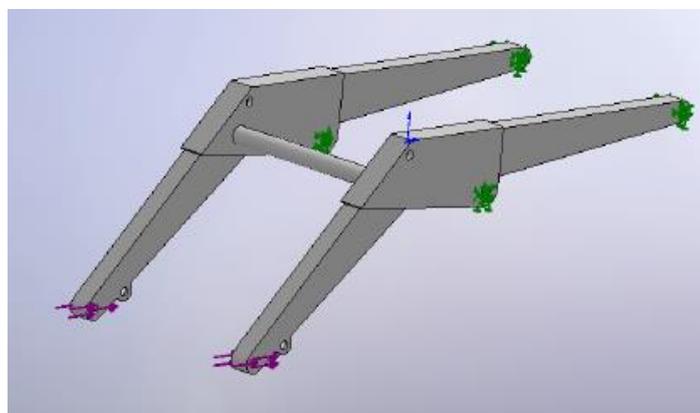


Рисунок 15 – Внедрение ковша в комбикорм

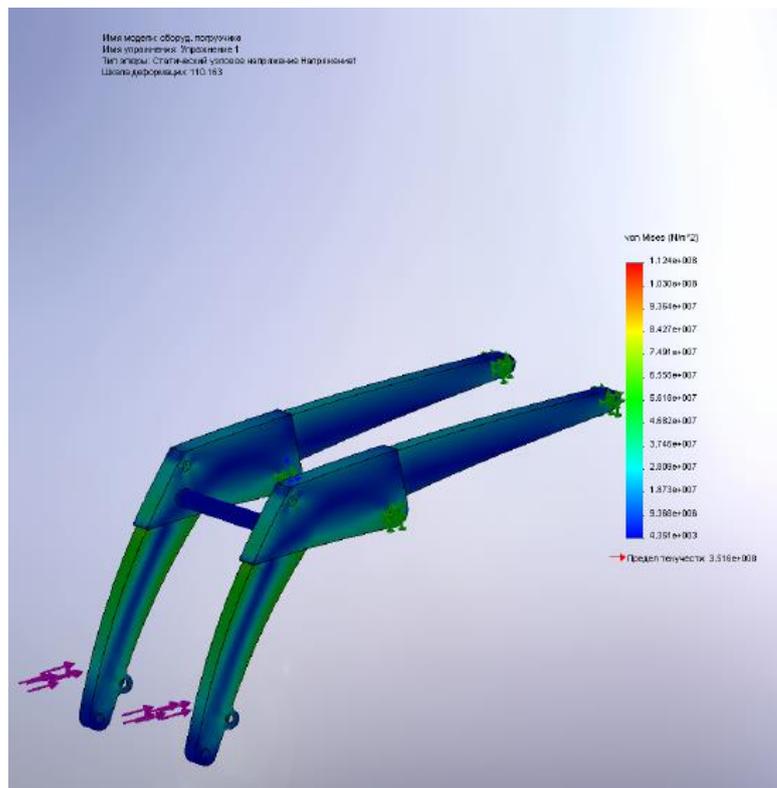


Рисунок 16 – Напряжение стрелы при внедрении

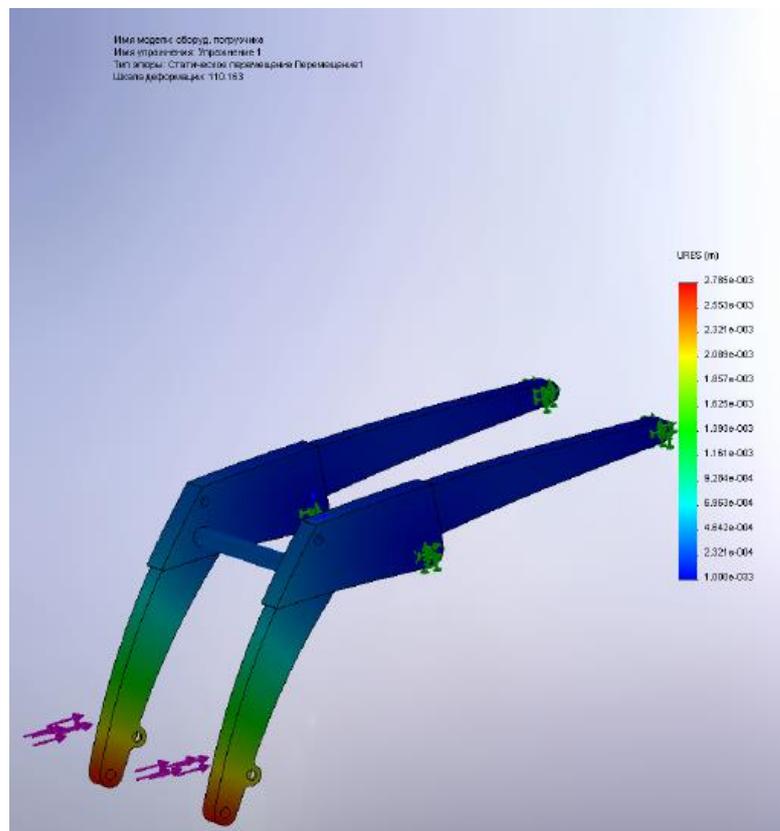


Рисунок 17 – Перемещение стрелы при внедрении

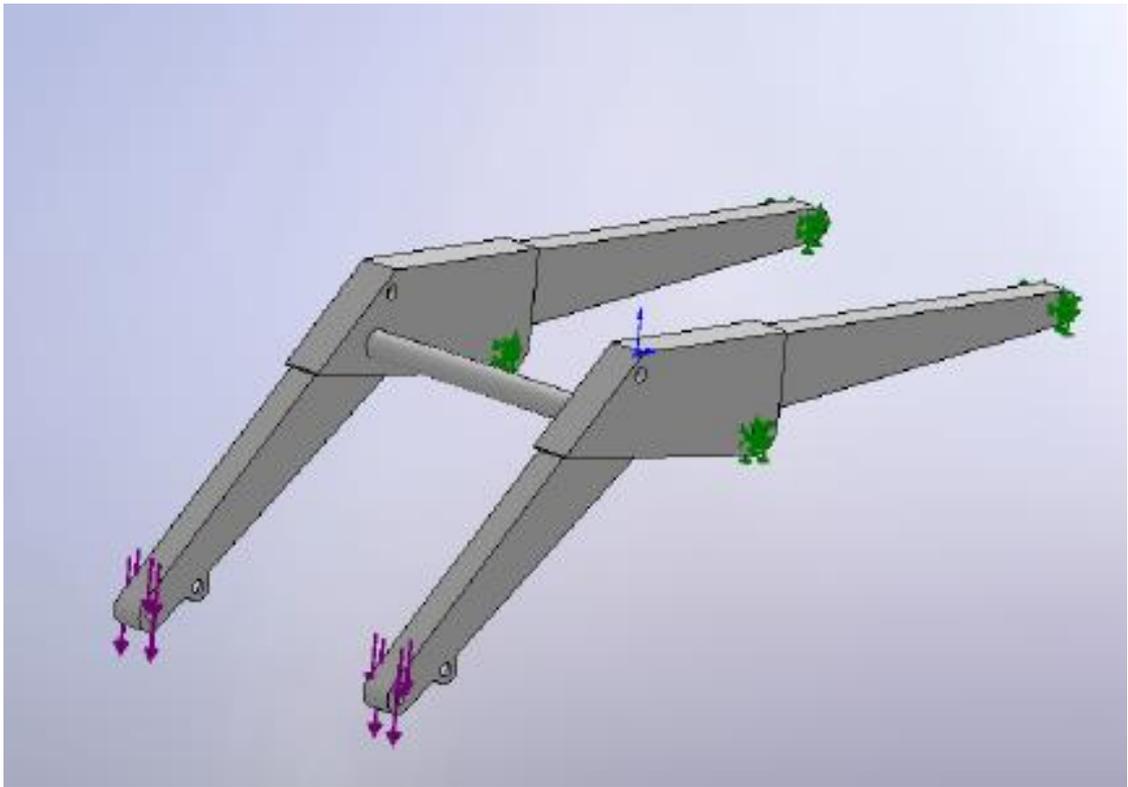


Рисунок 18 – Поднятие ковша с комбикормом

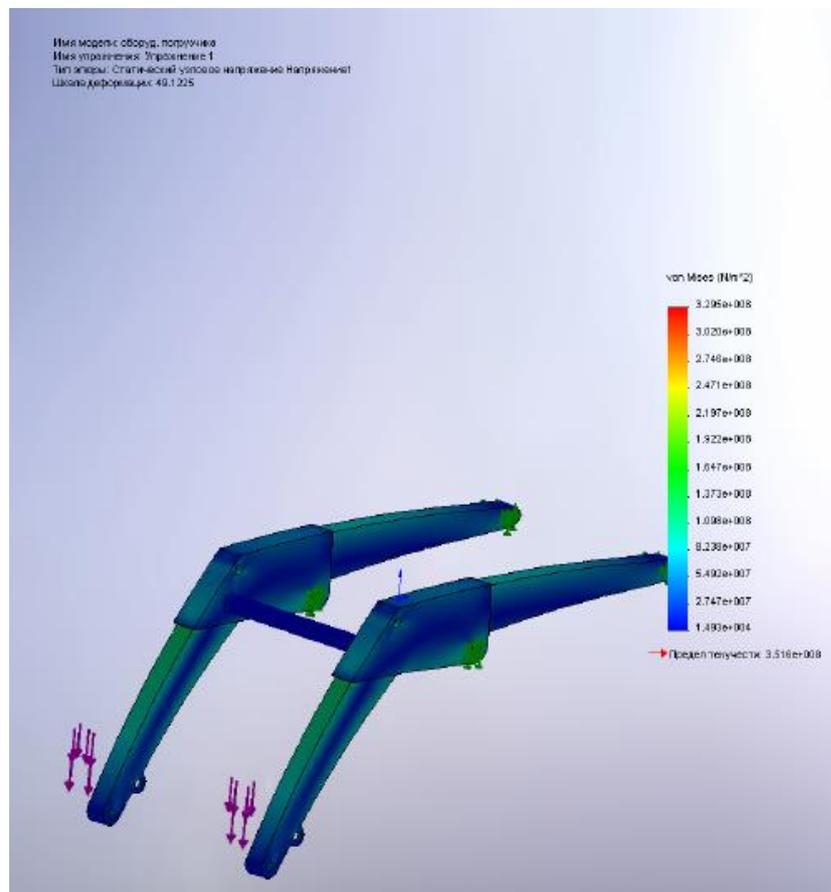


Рисунок 19 – Напряжение стрелы при поднятии

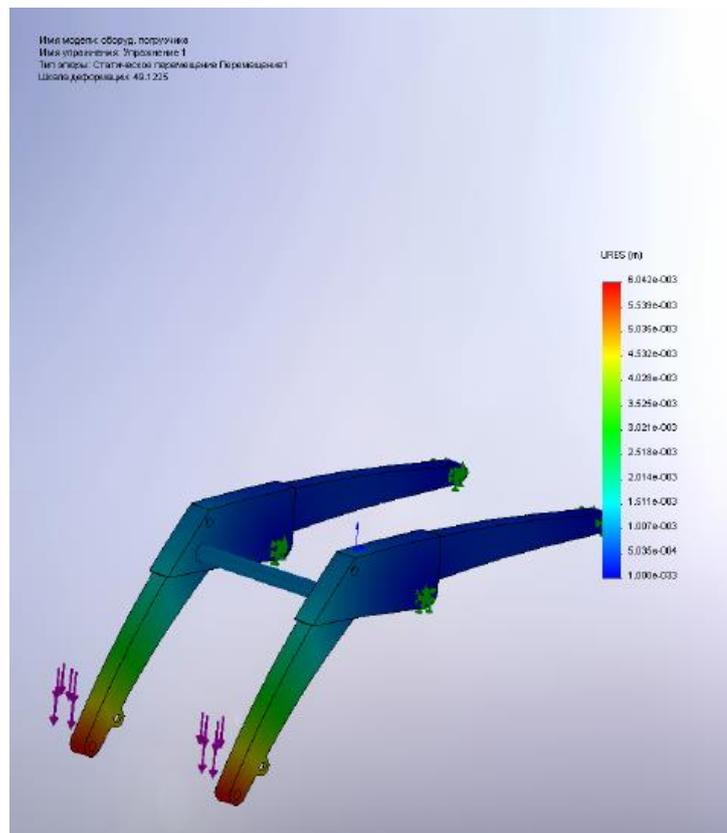


Рисунок 20 – Перемещение стрелы при поднятии

Максимальное напряжение испытываемое стрелой в этом случае  $1,124 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  при пределе текучести  $3,516 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ .

Максимальное перемещение стрелы в этом случае  $2,785 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Максимальное напряжение испытываемое стрелой в этом случае  $3,295 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  при пределе текучести  $3,516 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ .

Максимальное перемещение стрелы в этом случае  $6,046 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

### 3.4 Определение производительности погрузчика

«Производительность одноковшовых погрузчиков представляет собой количество перегруженных материалов или грузов в единицу времени. В зависимости от этих факторов различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность» [7].

Теоретическая производительность – наибольшая, и определяют ее расчетным способом для осредненных условий.

«Теоретическая производительность, для ковшового оборудования:

$$P_m = \frac{3600 \cdot V_k \cdot \rho_p \cdot \varphi_p}{T_u \cdot K_p}, \quad (65)$$

где  $V_k$  – номинальный объем ковша, м<sup>3</sup>;

$\rho_p$  – объемная масса разрабатываемого материала, т/м<sup>3</sup> (для нормального ковша принимают равным 1,6 т/м<sup>3</sup>);

$\varphi_p$  – расчетный коэффициент наполнения ковша, принимается равным 1,25;

$T_u$  – время рабочего цикла, с;

$K_p$  – коэффициент разрыхления материала при разработке мелкокусковых материалов, принимается равным 1,25» [7].

Продолжительность рабочего цикла погрузчика определяется исходя из основных этапов его: наполнения ковша, рабочего хода (отъезда к транспортному средству с одновременным подъемом стрелы), опорожнения рабочего органа, холостого хода (обратный отъезд к штабелю грузов с одновременным опусканием стрелы и установкой ковша в положение захвата груза).

«Время рабочего цикла определяется:

$$T_u = t_n + t_p + t_o + t_x + t_n, \quad (66)$$

где  $t_n$  – время наполнения ковша, с;

$t_p$  – время рабочего хода, с;

$t_o$  – время опорожнения рабочего органа, с;

$t_x$  – время холостого хода, с;

$t_n$  – суммарное время переключения передач в коробке передач» [7].

«Время наполнения ковша:

$$t_n = t_e + t_3 = \left( 3,6 \cdot l_k \cdot K_v / V_p + \frac{15\pi \cdot D^2 \cdot h \cdot K_3}{(\Pi_{m.z} \cdot \eta_{об}) \cdot n} \right), \quad (67)$$

где  $t_e$  – время первоначального внедрения в штабель, с;

$t_3$  – время поворота ковша; (установленного под углом 5–7°) до полного запрокидывания, с;

$l_k$  – глубина внедрения ковша в материал, принимается равной 0,2 м;

$V_p$  – рабочая скорость внедрения, км/ч;

$K_v$  – коэффициент, учитывающий буксование колес ходовой части, и другие явления, принимается равным 1,5;

$D$  – внутренний диаметр гидроцилиндра поворота ковша, см;

$h$  – длина хода гидроцилиндра поворота в процессе наполнения, м;

$\Pi_{m.z}$  – теоретическая подача гидропривода, л/мин;

$\eta_{об}$  – объемный КПД гидропривода, принимается в диапазоне 0,92–0,95);

$K_3$  – коэффициент, учитывающий снижение частоты вращения коленчатого вала двигателя в процессе внедрения и другого, принимается равным 1,9;

$n$  – число напорных движений в процессе внедрения, для отдельного, совмещенного и комбинированного способов, принимается равным 1» [13].

$$t_n = \left( 3,6 \cdot 0,2 \cdot 1,5 / 3 + \frac{15 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2 \cdot 0,25 \cdot 1,9}{(58,3 \cdot 0,95) \cdot 1} \right) = 63,54 \text{ с.}$$

«Время выполнения рабочего хода, с:

$$t_p = 3,6 \cdot \frac{S_p}{V_p}, \quad (68)$$

где  $S_p$  – расстояние рабочего хода, принимается равным 100 м» [16].

$$t_p = 3,6 \cdot \frac{100}{3} = 120 \text{ с.}$$

Время опорожнения ковша принимают от 5 до 12 с, принимаем равным 10 с.

«Время холостого хода обычно определяется расстоянием перемещения погрузчика и скоростью его движения; опускание стрелы и установка ковша с поступательным движением.

$$t_p = 3,6 \cdot \frac{S_x}{V_x}, \quad (69)$$

где  $S_x$  – расстояние рабочего хода, принимается равным 100 м» [7].

$$t_p = 3,6 \cdot \frac{100}{5} = 72 \text{ с.}$$

Время переключения передач в коробке передач, управления распределителем и рулевым управлением принимается на практике в пределах от 5 до 15 с, принимаем равным 8 с.

$$T_y = 63,54 + 120 + 10 + 72 + 8 = 273,54 \text{ с.}$$

Тогда теоретическая производительность:

$$П_m = \frac{3600 \cdot 0,44 \cdot 1,6 \cdot 1,25}{(273,54 \cdot 1,25)} = 9,27 \text{ т/ч.}$$

«Техническая производительность с учетом влияния конструктивных и технологических факторов, физических свойств разрабатываемых материалов и коэффициента условий работы для погрузчика с ковшовым оборудованием:

$$P_{mx} = \frac{3600 \cdot V_k \cdot \rho_p \cdot \varphi_p \cdot k_T}{T_{\text{ц}} \cdot K_p}, \quad (70)$$

где  $k_T$  – коэффициент, учитывающий условия работы принимается равным в диапазоне от 0,85 до 0,9 [11].

При этом объемную массу и коэффициент наполнения ковша рекомендуют принимать в зависимости от разрабатываемого материала.

$$P_{mx} = \frac{3600 \cdot 0,44 \cdot 1,6 \cdot 1,25 \cdot 0,9}{273,54 \cdot 1,25} = 8,34 \text{ т/ч.}$$

«Эксплуатационная производительность:

$$P_{\text{э}} = P_{mx} \cdot k_{II}, \quad (71)$$

где  $k_{II}$  – коэффициент использования погрузчика в течение смены с учетом подачи автотранспорта, подготовки площадки, междусменной передачи машины и другое, при правильной организации работ принимается равным 0,85» [4].

$$P_{\text{э}} = 38,89 \cdot 0,85 = 7,1 \text{ т/ч.}$$

Спецификация на погрузчик на базе трактора ЛТЗ-60А и погрузочное навесное гидравлическое оборудование представлены в Приложении А (рисунки А.1, А.2).

Выводы по разделу.

В разделе выполнен выбор и обоснование элементов рабочего оборудования, проведены расчет гидросистемы, расчет металлоконструкции (стрелы) погрузчика, определена производительность погрузчика. Разработанные узлы конструкции имеют высокие показатели долговечности и ремонтпригодности. При их проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения.

#### 4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

#### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что навесное погрузочное оборудование для колесного трактора ЛТЗ-60А не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (72)$$

где  $F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [12].

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять портал	0,2
Осмотреть портал на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять гидроцилиндр ЦГ1-125-56-1000	0,2
Осмотреть гидроцилиндр ЦГ1-125-56-1000 на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять палец, пластину, втулку, болт М8-8g×40 (4 шт.), шайбу 8 65Г (4 шт.), масленку 13Ц6 (5 шт.)	2
Взять стрелу	0,2
Осмотреть стрелу на наличие дефектов и общую целостность	1
Установить гидроцилиндр ЦГ1-125-56-1000, стрелу на портал при помощи пальца, пластины, втулки, болта М8-8g×40 (4 шт.), шайбы 8 65Г (4 шт.) и установить масленки 13Ц6 (5 шт.)	20
Взять рукоять	0,2
Осмотреть рукоять на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять палец (2 шт.), пластину (2 шт.)	0,2
Установить рукоять на стреле	10
Взять гидроцилиндр ЦГ1-110-50-1000 (2 шт.)	0,2
Осмотреть гидроцилиндр ЦГ1-110-50-1000 на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять втулку (2 шт.), втулку (2 шт.), палец (2 шт.), шайбу А0127019 (2 шт.), шплинт 4×35 (2 шт.)	2
Установить гидроцилиндр ЦГ1-110-50-1000 на стрелу и рукоять при втулок, пальцев, шайб, шплинтов	30
Взять гидроцилиндр ЦГ1-80-30-650	0,2
Осмотреть гидроцилиндр ЦГ1-80-30-650 на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять тягу (2 шт.)	0,2
Осмотреть тягу на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять тягу	0,2
Осмотреть тягу на наличие дефектов и общую целостность	1
Взять ковш	0,2
Осмотреть ковш на наличие дефектов и общую целостность	1
Соединить тяги, гидроцилиндр ЦГ1-80-30-650 с рукоятью и ковшом	60
Проверить работоспособность навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А	60
Устранить выявленные замечания	30
Итого:	225

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (73)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{\text{ит}}^{\text{общ}} = t_{\text{он}}^{\text{общ}} + t_{\text{он}}^{\text{общ}} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (74)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;  
 $\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{\text{ит}}^{\text{общ}} = 144,2 + 144,2 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 155,73 \text{ мин.}$$

#### 4.2 Проектирование технологического процесса сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Технологический процесс сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять портал	Приспособление грузоподъемное, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток	135
		2	Осмотреть портал на наличие дефектов и общую целостность		
		3	Взять гидроцилиндр ЦГ1-125-56-1000		
		4	Осмотреть гидроцилиндр ЦГ1-125-56-1000 на наличие дефектов и общую целостность		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		5	Взять палец, пластину, втулку, болт М8-8g×40 (4 шт.), шайбу 8 65Г (4 шт.), масленку 13Ц6 (5 шт.)		
		6	Взять стрелу		
		7	Осмотреть стрелу на наличие дефектов и общую целостность		
		8	Установить гидроцилиндр ЦГ1-125-56-1000, стрелу на портал при помощи пальца, пластины, втулки, болта М8-8g×40 (4 шт.), шайбы 8 65Г (4 шт.) и установить масленки 13Ц6 (5 шт.)		
		9	Взять рукоять		
		10	Осмотреть рукоять на наличие дефектов и общую целостность		
		11	Взять палец (2 шт.), пластину (2 шт.)		
		12	Установить рукоять на стреле		
		13	Взять гидроцилиндр ЦГ1-110-50-1000 (2 шт.)		
		14	Осмотреть гидроцилиндр ЦГ1-110-50-1000 на наличие дефектов и общую целостность		
		15	Взять втулку (2 шт.), втулку (2 шт.), палец (2 шт.), шайбу А0127019 (2 шт.), шплинт 4×35 (2 шт.)		
		16	Установить гидроцилиндр ЦГ1-110-50-1000 на стрелу и рукоять при втулок, пальцев, шайб,		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			шплинтов		
		17	Взять гидроцилиндр ЦГ1-80-30-650		
		18	Осмотреть гидроцилиндр ЦГ1-80-30-650 на наличие дефектов и общую целостность		
		19	Взять тягу (2 шт.)		
		20	Осмотреть тягу на наличие дефектов и общую целостность		
		21	Взять тягу		
		22	Осмотреть тягу на наличие дефектов и общую целостность		
		23	Взять ковш		
		24	Осмотреть ковш на наличие дефектов и общую целостность		
		25	Соединить тяги, гидроцилиндр ЦГ1-80-30-650 с рукоятью и ковшом		
010	Регулирующая	1	Проверить работоспособность навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А	–	90
		2	Устранить выявленные замечания		

Технологическая схема сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А и представлен в графической части ВКР.

## **5 Производственная и экологическая безопасность проекта**

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

### **5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 6).

Таблица 6 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А	1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в конструкции погрузочного оборудования.	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, специальный ключ, плоскогубцы	Перчатки, ветошь, моторное масло ГОСТ 8581-78 М-8-Г2 (зимой), М-10-Г2 (летом); трансмиссионное масло с противозадирными свойствами ТАп-15В
	2 Проверить состояние ковша на наличие повреждений.			
	3 Проверить состояние гидравлической системы привода.			
	4 Выполнить смазку и			

## Продолжение таблицы 6

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	регулировку механизмов навесного погрузочного оборудования			ГОСТ 23652-79; - литол-24 ГОСТ 21150-87

Рассмотрев вопрос характеристики технологического процесса, предлагается перейти к идентификации профессиональных рисков.

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;

- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

При работе трактора на водителя и на людей находящиеся рядом влияют вредные и опасные факторы, наносящие ущерб их здоровью, а также способствующие снижению работоспособности машиниста (вредные производственные факторы). Если не принять соответствующие меры при работе машины, возникает опасность производственного травматизма (опасные производственные факторы).

К опасным факторам относятся:

- ковш погрузочного оборудования;
- массивная металлическая конструкция рабочего оборудования.

К вредным факторам относятся:

- шум базовой машины;
- вибрация в кабине машиниста;
- недопустимая температура воздуха в кабине машины (пониженная, выходящая за пределы нормы, так как машина предназначена для работы в зимнее время года);
- выхлопные газы от работающего дизельного двигателя.

От массивной металлической конструкции рабочего оборудования может исходить угроза только в том случае, если водитель не достаточно «чувствует» габаритные размеры трактора.

Таблица 7 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А.

Таблица 7 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в конструкции погрузочного оборудования.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трактора, навесного оборудования»	Элементы конструкции базовой машины, навесного оборудования
2 Проверить состояние ковша на наличие повреждений.	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, шум базовой машины
3 Проверить состояние гидравлической системы привода.	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины, навесного оборудования» [12].
4 Выполнить смазку и регулировку механизмов навесного погрузочного оборудования	«Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [12].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие
	Напряжение зрительных анализаторов	повышенного внимания и точности» [12]

## Продолжение таблицы 7

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

Рассмотрев вопрос идентификации профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению методов и средств их снижения.

### **5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе. Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве. Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения. Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование

мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [12].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
  - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [12].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с

- загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
  - г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
  - д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
  - е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
  - ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
  - з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
  - и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с

аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;

к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [12].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам.

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецовушь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецовушь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных);	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [20].

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами;                      введение регламентированных дополнительных перерывов;                      проведение обязательных медосмотров</p>	
<p>«Возможность поражения электрическим током</p>	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].</p>
<p>«Отсутствие или недостаток естественного света</p>	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [25]</p>	<p>–</p>
<p>«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой</p>	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [27].</li> </ul>	<p>–</p>
<p>«Монотонность труда</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей;</li> <li>– чрезмерное укрупнение операций может не</li> </ul>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [27].;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</li> <li>– применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;</li> <li>– усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства</li> </ul>	

## Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– исходя из назначения системы «человек-машина» [21];</li> <li>– «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания);</li> <li>– чередование пассивного отдыха с активным» [15].</li> </ul>	

Рассмотрев вопрос методов и средств для снижения профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению пожарной безопасности объекта

### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 9).

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [17].

В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в

зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А (таблица 10), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 10 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании навесного погрузочного оборудования для колесного трактора

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком

Продолжение таблицы 10

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
противопожарного водоснабжения	действия» [26]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

Рассмотрев вопрос обеспечения пожарной безопасности предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению экологической безопасности.

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А**

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А и сведем их в таблицу 11.

Таблица 11 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

«Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья [22].

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А (таблица 6);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А (таблица 7) и определены методы и средства их снижения (таблица 8);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А (таблицы 9, 10);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе обслуживания навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 11).

## 6 Экономическая эффективность проекта

Область применения погрузчика значительно расширяется за счет применения сменных рабочих органов.

Разрабатываемое погрузочное навесное гидравлическое оборудование предназначено для таких работ, как: транспортировка, погрузка и выгрузка кормов, органических удобрений в герметичной упаковке (например, комплекса «Пермь-Салют»), сыпучих грузов, при производстве монтажных и строительных работ, планировка траншей, канав и ям, сгребании погружаемого материала, очистке дорог и легких планировочных работах.

Для сравнения в качестве базового варианта принимается погрузчик JCB 416S Ag.

«Годовая эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$B = \Pi_э \cdot T_э, \quad (74)$$

где  $\Pi_э$  – среднечасовая эксплуатационная производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$T_э$  – количество машино-часов работы в году, маш.-ч/год» [11].

«Количество машино-часов работы в году определяется по формуле:

$$T_э = \frac{T_ф - 2 \cdot T_{co}}{\frac{1}{t_{cm} \cdot K_{cm}} + D_p + \frac{d_n}{T_{об}}}, \quad (75)$$

где  $T_ф$  – годовой фонд рабочего времени техники;

$T_{co}$  – продолжительность сезонного обслуживания, принимается равной 1 день;

$t_{cm}$  – продолжительность рабочей смены, принимается равной 7,65 маш.-ч;

$K_{см}$  – коэффициент сменности, , принимается равным 1,56;

$D_p$  – простои во всех видах ремонтов и техобслуживаний, дни/маш.-ч;

$d_n$  – продолжительность одной перебазировки, дни;

$T_{об}$  – время работы на объекте, , принимается равным 400 маш.-ч» [11].

«Продолжительность одной перебазировки определяется по формуле:

$$d_n = \frac{L_T}{V_{ср} \cdot t_{см}} + \frac{t_n}{t_{см}}, \quad (76)$$

где  $L_T$  – среднее расстояние перебазировки, принимается равным 25 км;

$V_{ср}$  – средняя скорость переезда, км/ч;

$t_{см}$  – продолжительность рабочей смены, маш.-ч» [11].

$$d_n = \frac{25}{30 \cdot 7,65} + \frac{0,04}{7,65} = 0,1141 \text{ дня.},$$

«Простои во всех видах технического обслуживания и ремонта определяются по формуле:

$$D_p = \left[ \frac{\sum_i^M (d_{pi} + d_{npi}) \cdot a_i}{T_p} + \frac{t_{отк}}{t_{см} \cdot T_{отк}} \right] \cdot K_q, \quad (77)$$

где  $d_{pi}$  – продолжительность пребывания техники в  $i$ -том ремонте или техническом обслуживании, дни;

$d_{npi}$  – продолжительность ожидания ремонта, доставки в ремонт и обратно, принимается 10 дней для текущего ремонта и 20 дней для капитального ремонта;

$a_i$  – количество  $i$ -тых ремонтов или технических обслуживаний за межремонтный цикл;

$T_p$  – средний ресурс до капитального ремонта, моточас;

$t_{отк}$  – среднее время на устранение одного отказа, маш.-ч;

$t_{см}$  – продолжительность рабочей смены, маш.-ч;

$T_{отк}$  – наработка на отказ, принимается равной 130 моточас;

$K_q$  – коэффициент перевода моточасов в машино-часы, принимается равным 0,44» [11].

«Количество  $i$ -ых ремонтов или технических обслуживаний за межремонтный цикл определяется по формуле:

$$\alpha_i = \frac{H_\phi + H_{пл}}{T_n} - K_n, \quad (78)$$

где  $H_\phi$  – величина фактической наработки машины на начало планируемого года со времени проведения последнего, аналогичного расчётному, вида технического обслуживания, ремонта или с начала эксплуатации, ч;

$H_{пл}$  – планируемая наработка на расчётный год, ч;

$T_n$  – периодичность выполнения соответствующего вида технического обслуживания или ремонта, по которому ведётся расчёт, ч;

$K_n$  – число всех видов технических обслуживаний и ремонтов с периодичностью, большей периодичности того вида, по которому ведётся расчёт (при расчёте капитального ремонта принимается равным 0)» [11].

Число капитальных ремонтов за межремонтный цикл [11]:

$$\alpha_{кр} = \frac{5375 + 2300}{5760} - 0 = 1.,$$

Число текущих ремонтов [11]:

$$\alpha_{mp} = \frac{625 + 2300}{960} - 1 = 2.,$$

Число ТО-2 [11]:

$$\alpha_{ТО-2} = \frac{125 + 2300}{240} - 2 = 8.$$

Число ТО-1 [11]:

$$\alpha_{ТО-1} = \frac{25 + 2300}{60} - 8 = 30.$$

«Средний ресурс до капитального ремонта определяется по формуле:

$$T_p = T_{p\gamma} \cdot K_\gamma, \quad (79)$$

где  $T_{p\gamma}$  – гамма-процентный ресурс, мото-ч.;

$K_\gamma$  – коэффициент перевода гамма-процентного в средний ресурс, принимается равным 1,2» [11].

Средний ресурс до капитального ремонта базовой машины:

$$T_p' = 7875 \cdot 1,2 = 9450 \text{ мото.-ч.},$$

– новой машины:

$$T_p'' = 7975 \cdot 1,2 = 9570 \text{ мото.-ч.},$$

«Среднее время на устранение одного отказа определяется по формуле:

$$t_{отк} = \left(1 - \frac{1}{K_\gamma}\right) T_{отк} \cdot K_{оэ}, \quad (80)$$

где  $K_\gamma$  – коэффициент перевода гамма-процентного в средний ресурс;

$T_{отк}$  – наработка на отказ, моточас;

$K_{оэ}$  – коэффициент перевода оперативного времени в общее, принимается равным 2,5» [11].

$$t_{отк} = \left(1 - \frac{1}{1,2}\right) \cdot 130 \cdot 2,5 = 54,2 \text{ маш.-ч.},$$

Определим простои во всех видах ремонта и технического обслуживания базовой машины [11]:

$$D_p' = \left( \frac{0,3 \cdot 30 + 0,8 \cdot 8 + (7+10) \cdot 2 + (13+20) \cdot 1}{9450} + \frac{54,2}{7,65 \cdot 130} \right) \cdot 0,44 = 0,02782 \text{ дня.}$$

– новой машины:

$$D_p' = \left( \frac{0,3 \cdot 30 + 0,8 \cdot 8 + (7+10) \cdot 2 + (13+20) \cdot 1}{9570} + \frac{54,2}{7,65 \cdot 130} \right) \cdot 0,44 = 0,02777 \text{ дня.},$$

По формуле определим количество машино-часов работы техники в году для базовой машины:

$$T_2' = \frac{238 - 2 \cdot 1}{\frac{1}{7,65 \cdot 1,56} + 0,02782 + \frac{0,1141}{400}} = 2109 \text{ маш.-ч.},$$

– для новой:

$$T_z'' = \frac{238 - 2 \cdot 1}{\frac{1}{7,65 \cdot 1,56} + 0,02777 + \frac{0,1141}{400}} = 2110 \text{ маш.-ч.},$$

Определение годовых текущих издержек.

«Годовые текущие издержки потребителя при использовании инженерной конструкции определяются по формуле:

$$C_{\Gamma} = (C_a + C_p + C_{кр} + C_{зр} + C_{э} + C_{см} + C_{зм} + C_m + C_{ч} + C_{нб}) \cdot (1 + H_p), \quad (81)$$

где  $C_a$  – амортизационные отчисления на реновацию, р.;

$C_p$  – затраты на выполнение текущих неплановых ремонтов и технических обслуживаний, р.;

$C_{кр}$  – затраты на выполнение капитальных ремонтов, р.;

$C_{зр}$  – заработная плата рабочих управляющих техникой, р.;

$C_{э}$  – затраты энергоносителей, р.;

$C_{зм}$  – затраты на гидравлическую жидкость, р.;

$C_{см}$  – затраты на смазочные материалы, р.;

$C_{нб}$  – затраты на перебазировки, р.;

$H_p$  – норма накладных расходов, связанных с эксплуатацией машин, принимается равной 0,21» [11].

«Амортизационные отчисления на реновацию:

$$C_a = \frac{H_a \cdot K}{100}, \quad (82)$$

где  $H_a$  – норма амортизационных отчислений на реновацию, принимается равной 9,6%.

$$K = C \cdot K'_o, \quad (83)$$

где  $C$  – цена техники, р.;

$K'_o$  – коэффициент перехода от цены к балансовой стоимости, принимается равным 1,09» [11].

Цена базовой техники определяется по формуле:

$$C' = C_{mp} + C'_{p.o}, \quad (84)$$

где  $C_{mp}$  – цена погрузчика JCB 416S Agri, принимается равной 1600000 р. [12];

$C'_{p.o}$  – цена модернизации погрузчика в соответствии с ВКР, принимается равной 106000 р.» [12]

$$C' = 1600000 + 106000 = 1706000 \text{ р.}$$

«Цена новой техники определяется по формуле:

$$C' = C_{mp} + C''_{p.o} + C_{cy}, \quad (85)$$

где  $C_{mp}$  – цена погрузчика, р.;

$C''_{p.o}$  – цена нового рабочего оборудования, р.;

$C_{cy}$  – цена гидросистемы, принимается равной 60000 р. [12].

«Цена нового рабочего оборудования определяется по формуле:

$$C''_{p.o} = C'_{p.o} \cdot \frac{m''}{m'}, \quad (86)$$

где  $m''$  – эксплуатационная масса оборудования;

$m'$  – эксплуатационная масса оборудования» [12].

$$C_{p.o}^* = 106000 \cdot \frac{1520}{1400} = 115086 \text{ p.}$$

Цена новой техники будет равна:

$$C^* = 1600000 + 115086 + 60000 = 1775086 \text{ p.}$$

Определим капитальные вложения потребителя связанные с приобретением (базовой машины), его первоначальной доставкой и монтажом:

$$K' = 1706000 \cdot 1,09 = 1859540 \text{ p.}$$

– модернизированной машины:

$$K'' = 1775086 \cdot 1,09 = 1934844 \text{ p.}$$

Амортизационные отчисления на реновацию базовой машины будут равны [11]:

$$C_a' = \frac{9,6 \cdot 1859540}{100} = 178516 \text{ p.}$$

– новой машины:

$$C_a'' = \frac{9,6 \cdot 1934844}{100} = 185745 \text{ p.}$$

«Затраты на выполнение технических обслуживаний, текущих и неплановых ремонтов:

$$C_p = C_{pz} \cdot K_{всн} \cdot K_p \cdot \lambda_p \cdot \left[ T_z \cdot K_q \cdot \left( \frac{\sum_i^m a_i \cdot r_i}{T_p} + \frac{t_{отк} \cdot B_p}{T_{отк}} \right) + 2 \cdot r_{co} \right] + 1,2 \cdot C_{зрч}, \quad (87)$$

где  $C_{pz}$  – средняя тарифная ставка работника по ремонту машин, р./чел.-ч;

$K_{всн}$  – единый социальный налог, принимается равным 1,26 [11];

$K_p$  – районный коэффициент, принимается равным 1,15 [11];

$\lambda_p$  – коэффициент, учитывающий премии ремонтным рабочим, принимается равным 1,14 [11];

$T_z$  – количество машино-часов работы техники в году, маш.-ч/год;

$K_q$  – коэффициент перевода моточасов в машино-часы;

$a_i$  – количество  $i$ -тых ремонтов или технических обслуживаний за межремонтный цикл;

$r_i$  – трудоёмкость выполнения  $i$ -го вида технического обслуживания или ремонта, чел.-ч;

$T_p$  – средний ресурс до капитального ремонта, моточас;

$t_{отк}$  – среднее время на устранение одного отказа, маш.-ч;

$B_p$  – количество рабочих занятых устранением отказа, принимаем равным 1 чел;

$T_{отк}$  – наработка на отказ, моточас;

$r_{co}$  – трудоёмкость выполнения сезонного обслуживания [11], чел.-ч;

$C_{зрч}$  – расход запасных частей на год работы техники, принимаем равным 100000 р./год» [11].

Затраты на выполнение технических обслуживаний базовой машины:

$$C'_p = 40 \cdot 1,26 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot \left[ 2109 \cdot 0,44 \cdot \left( \frac{30 \cdot 5 + 8 \cdot 15 + 2 \cdot 430 + 1 \cdot 860}{9450} + \frac{54,2 \cdot 1}{130} \right) + 2 \cdot 45 \right] + 1,2 \cdot 100000 = 164421 \text{ р.}$$

– НОВОЙ МАШИНЫ:

$$C'_p = 40 \cdot 1,26 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot \left[ 2110 \cdot 0,44 \cdot \left( \frac{30 \cdot 5 + 8 \cdot 15 + 2 \cdot 430 + 1 \cdot 860}{9450} + \frac{54,2 \cdot 1}{130} \right) + 2 \cdot 45 \right] + 1,2 \cdot 100000 = 164278 \text{ р.}$$

«Зарботная плата рабочих управляющих техникой рассчитывается по формуле:

$$C_3 = K_p \cdot K_{всн} \cdot \lambda_p \cdot T_z \cdot \sum_i^{\delta} C_{Ti}, \quad (88)$$

где  $K_p$  – районный коэффициент;

$C_{Ti}$  – часовая тарифная ставка рабочего  $i$ -того разряда управляющего техникой, для оператора 6-го разряда 150 р./ч.» [11].

Зарботная плата рабочих управляющих базовой машиной:

$$C'_3 = 1,15 \cdot 1,26 \cdot 1,14 \cdot 2109 \cdot 50 = 174189 \text{ р.}$$

– НОВОЙ МАШИНЫ:

$$C''_3 = 1,15 \cdot 1,26 \cdot 1,14 \cdot 2110 \cdot 50 = 174271 \text{ р.}$$

«Затраты на топливо для двигателей внутреннего сгорания определяются по формуле:

$$C_{эм} = Ц_m \cdot W_m \cdot T_z, \quad (89)$$

где  $W_m$  – часовой расход топлива, кг/маш.-ч» [11].

«Часовой расход топлива определяется по формуле:

$$W_m = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot N_{ен} \cdot g_{ен} \cdot K_N \cdot K_{дв} \cdot K_{дм}, \quad (90)$$

где  $N_{ен}$  – номинальная мощность двигателя;

$g_{ен}$  – удельный расход топлива при номинальной мощности, принимается равным 170 г/л.с.;

$K_N$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности, принимается равным 1,1;

$K_{дв}$  – коэффициент использования двигателя по времени, принимается равным 0,8;

$K_{дм}$  – коэффициент использования двигателя по мощности, принимается равным 0,8» [11].

Часовой расход топлива базовой машины:

$$W_m' = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 118 \cdot 170 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 14,55 \text{ кг/маш.-ч.}$$

новой машины:

$$W_m'' = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 118 \cdot 170 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 12,73 \text{ кг/маш.-ч.}$$

Затраты на топливо базовой машины:

$$C'_{эм} = 21,5 \cdot 14,55 \cdot 2109 = 659748 \text{ р.}$$

– новой машины:

$$C''_{эм} = 21,5 \cdot 12,73 \cdot 2110 = 577496 \text{ р.}$$

«Затраты на смазочные материалы рассчитываются по формуле [11]:

$$C_{см} = K_{см} \cdot C_{эм}, \quad (91)$$

где  $K_{см}$  – коэффициент перехода от годовых затрат на топливо к затратам на смазочные материалы, принимается равным 0,22;

$C_{эм}$  – затраты энергоносителей для двигателей внутреннего сгорания, р» [11].

Затраты на смазочные материалы для базовой машины:

$$C'_{см} = 0,22 \cdot 659748 = 145145 \text{ р.},$$

– новой машины:

$$C''_{см} = 0,22 \cdot 577496 = 127049 \text{ р.},$$

«Затраты на гидравлическую жидкость определяются по формуле:

$$C_{зм} = V \cdot Q_m \cdot \rho_{мг} \cdot K_d \cdot \frac{T_z}{T_m}, \quad (92)$$

где  $V$  – ёмкость гидросистемы 80 дм<sup>3</sup> для базовой машины и 83 дм<sup>3</sup> для новой машины;

$Q_m$  – объёмная масса гидравлической жидкости, принимается равной 0,865 кг/дм<sup>3</sup>;

$C_{мз}$  – оптовая цена гидравлической жидкости, принимается равной 36 руб./кг;

$K_o$  – коэффициент доливок, принимается равной 1,5;

$T_m$  – периодичность замены гидравлической жидкости, принимается равной 1000 маш.-ч.» [12].

Затраты на гидравлическую жидкость базовой машины:

$$C'_{зм} = 80 \cdot 0,865 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot \frac{2109}{1000} = 7881 \text{ р.}$$

– новой машины:

$$C''_{зм} = 80 \cdot 0,865 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot \frac{2110}{1000} = 8180 \text{ р.}$$

Калькуляция годовых текущих издержек представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Калькуляция годовых текущих издержек

Статьи затрат	Условное обозначение	Значения показателей, руб.		Структура себестоимости, %	
		Базовая техника	Новая техника	Базовая техника	Новая техника
Амортизационные отчисления на реновацию, тыс.р.	$C_a$	179	186	20,26	21,92
Затраты на выполнение технических обслуживаний и ремонтов, р.	$C_p$	164421	164278	8,59	9,12
Заработная плата рабочих управляющих техникой	$C_z$	174189	174271	9,10	9,67
Затраты на топливо, р./год	$C_{эм}$	659748	577496	34,47	32,05
Затраты на смазочные материалы, р./год	$C_{см}$	145145	127049	7,58	7,05
Затраты на гидравлическую жидкость, р./год	$C_{зм}$	7881	8180	0,41	0,45

«Экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = C_2' - C_2'' \quad (93)$$

где  $C_2'$  – общая сумма годовых текущих издержек потребителя от использования базовой машины, р.;

$C_2''$  – общая сумма годовых текущих издержек потребителя от использования новой машины, р» [11].

$$\mathcal{E}_2 = 1913805 - 1801747 = 112058 \text{ р.}$$

Результаты расчётов по определению экономической эффективности приводятся в таблице 13.

Таблица 13 – Экономический эффект

Наименование показателей	Условное обозначение	Единицы измерения	Значения показателей, руб.	
			Базовая техника	Новая техника
Капитальные затраты	$K$	р.	1859540	1934844
Годовой экономический эффект	$\mathcal{E}_2$	р.	–	112058

Срок окупаемости составит 1 год.

Выводы по разделу.

По данным расчётов приведённых в таблице можно сделать вывод, что при достаточно небольших дополнительных капитальных вложениях (75304 р.) мы получаем годовой экономический эффект от использования навесного гидравлического оборудования для сельскохозяйственного погрузчика 112058 р. Срок окупаемости составит 1 год.

## Заключение

Работоспособность техники сельскохозяйственного назначения должна определяться совокупностью рациональной эксплуатации.

В данной работе был проведен широкий анализ научной литературы, документации на базовую машину и прочих источников. В ВКР представлена разработка погрузчика сельскохозяйственного назначения широкого спектра действия. Разрабатываемая конструкция обладает рядом интересных инженерных решений:

- конструкция погрузчика позволяет быстро и легко установить или демонтировать его, что обеспечивает возможность: использования трактора как пропашного, так и в составе погрузчика, круглогодично; использования трактора как транспортного средства без демонтажа манипулятора; обслуживания трактора и погрузчика одним оператором;
- высокая производительность гидроманипулятора и наличие сменных рабочих органов позволит рационально использовать погрузчик на таких работах, как погрузка и выгрузка кормов, в том числе силоса, сенажа, солоmistых органических удобрений, рулонов сена и рулонов сена в герметичной упаковке, сыпучих грузов, штучных и затаренных грузов, при производстве монтажных и строительных работ, рытье траншей, канав и ям, сгребании погружаемого материала, очистке дорог и легких планировочных работах;
- конструкция двухчелюстного ковша обеспечивает оптимальное усилие внедрения в материал (например, комбикорм), а зубчатые края челюстей надежно удерживают предметы;
- быстросъемная монтажная рама;

- система стабилизации ковша позволяет минимизировать потери материалов при движении погрузчика, тем самым увеличивает производительность;
- сочлененная конструкция рамы позволяет уменьшить радиус поворота, что делает погрузчик идеально подходящим для использования в условиях ограниченного пространства работы;
- совершенная геометрия ракушки гарантирует хорошую проникаемость и великолепные копательные свойства;
- основание ковша с бронзовыми втулками гарантирует долгую и бесперебойную работу.

Также в ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- произведен тяговый расчет, баланс мощности, проведено определение основных параметров погрузочного оборудования, расчет выглубляющего усилия, выполнен расчет гидросистемы, также и расчеты на прочность;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки навесного погрузочного оборудования для колесного трактора ЛТЗ-60А с экономической стороны.

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, с

2 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, с.

3 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

4 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

5 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

6 Гребнев В. П. Тракторы и автомобили [Электронный ресурс] : теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ. О. И. Поливаева. - 2-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2015. - 260 с.

7 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, с.

8 Демура Н. А. Организация и планирование производства [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. - 122 с.

9 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях" / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

10 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

11 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос.

технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, с

12 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

13 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

14 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

15 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, с.

16 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-

технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

17 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / А. П. Иншаков [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Мордовский гос. ун-т им. Н. П. Огарева". - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2007. - 162, [4]с.

18 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

19 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

20 Уханов А. П. Конструкция и основы теории транспортных машин [Текст] : учебное пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. - Пенза : РИО ПГСХА, 2015. - 226 с.

21 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки

Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, с.

22 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, cop. 2018. - 65 с.

23 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

24 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, p.

25 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, p.

26 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

27 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.



Продолжение Приложения А

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	Лист	Лист	Листов
<i>Документация</i>								
A4		23.ДП.01.101.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1				
A1		23.ДП.01.101.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1				
<i>Сборочные единицы</i>								
	1	23.ДП.01.101.61.01.000	Челюсть подвижная	1				
	2	23.ДП.01.101.61.02.000	Челюсть стационарная	1				
<i>Детали</i>								
A3								
A3	3	23.ДП.01.101.61.00.003	Зуб	9				
	4	23.ДП.01.101.61.00.004	Палец	1				
A3	5	23.ДП.01.101.61.00.005	Втулка	1				
	6	23.ДП.01.101.61.00.006	Нож	9				
A3	7	23.ДП.01.101.61.00.007	Втулка	2				
	8	23.ДП.01.101.61.00.008	Втулка	2				
	9	23.ДП.01.101.61.00.009	Палец	1				
	10	23.ДП.01.101.61.00.010	Втулка	2				
	11	23.ДП.01.101.61.00.011	Палец	1				
<i>Стандартные изделия</i>								
	12		Гидроцилиндр 116.0.У-50x22x400 ГОСТ 22-1417-79	2				
	13		Шплинт ГОСТ 1468-76	1				
	14		Шплинт ГОСТ 1468-76	2				
<b>23.ДП.01.101.61.00.000</b>								
Изм./лист	Разраб. Карякин В.Д.		Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов	
	Пров. Турбин И.В.							Д
Т.контр. Турбин И.В.		Погрузочное навесное гидравлическое оборудование			ТГУ, АТс-1801а			
Утв. Бодраевский А.В.								

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на погрузочное навесное оборудование