

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Транспортная техника»

Тулеуов А.К.

Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах

### **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Транспортная техника»

**ДОПУШЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой ТТ,

доктор техн. наук, профессор

 С.А. Машеков

« 10 » 05 2019 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

на тему: «Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах»

по специальности 5В071300 -«Транспорт, транспортная техника и технологии»

Выполнил

Тулеуов А.К.



Рецензент  
Директор ТОО «Алматы-  
Достык Экспресс»

  
Т.С. Бекетов  
« 10 » 05 2019 г.



Научный руководитель  
магистр технических наук  
Н.С. Камзанов  
« 15 » 05 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева  
Кафедра «Транспортная техника»  
5В071300 - Транспорт, транспортная техника и технологии

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой ТТ,  
доктор техн. наук, профессор  
 С.А. Машеков

« 24 » 11 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся *Тулеуов Алмас Кайратулы*

Тема: *Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах*

Утверждена приказом руководителя №1252-б от «06». 11. 2018г.  
университета

Срок сдачи законченной работы «16» май 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Существующая конструкция навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Аналитический обзор по теме работы
- б) Выбор и обоснование проектно-конструкторских решений, принятых в работе
- в) Описание технологии, предлагаемые в работе

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

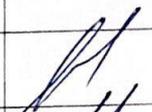
1. Патентный поиск – 1 лист; 2. Общий вид – 1 лист; 3. Сборочный чертеж и гидравлическая схема – 4 листа; 4. Технологическая карта – 1 лист; 5. Детализовка – 1 лист.

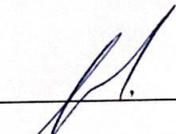
Рекомендуемая основная литература: из 9 наименований

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Общая часть		
Специальная часть		

**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование раздела в	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общая часть	Н.С. Камзанов, магистр технических наук	22.03.18	
Специальная часть	Н.С. Камзанов, магистр технических наук	20.04.18	
Нормоконтроль	Р.А.Козбагаров, кандидат технических наук, доцент	16.05.18	

Научный руководитель \_\_\_\_\_  Н.С. Камзанов

Задание принял к исполнению обучающийся  А.К. Тулеуов

Дата

« 17 » 11 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа на тему: «Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах», представляется для итоговой аттестации автора и присвоения академической степени бакалавра.

В данной дипломной работе разработано сменное навесное оборудование бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах, а также приведены проектно-конструкторские расчеты.

Пояснительная записка изложена на 50 страницах, графическая часть содержит 7 листов формата А1.

## АНДАТПА

«Қыйын аумақтағы қарларды жинауға арналған ауыспалы ілнбелі бульдозерлі жабдықты жасау» тақырыбына дипломдық жұмысты автордың қорытынды аттестациясына және бакалавр академиялық дәрежесін алуға ұсынылады.

Берілген дипломдық жұмыста қысқы кезеңдегі қыйын аумақтағы қарларды жинауға арналған ауыспалы ілнбелі бульдозер жабдығы ұсынылған және сол жабдықтың жобалы-конструкторлық есептері есептелінген.

Түсіндірме жазбасы 50 беттен тұрады, графикалық бөлімінде А1 форматындағы 7 парақ бар.

## **ABSTRACT**

Thesis on the topic: “Development of replaceable attachments of a bulldozer for snow removal in hard-to-reach places” is submitted for the final certification of the author and assignment of an academic bachelor's degree.

In this thesis, the development of replaceable attachments of a bulldozer for snow removal in hard-to-reach places, as well as design calculations are given.

The explanatory note is presented on 50 pages, the graphic part contains 7 sheets of A1 format.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Основная часть	10
1.1	Расчет трактора-Т-130	10
1.2	Расчет роторного снегоочистителя	17
1.3	Расчет рамы трактора Т-130	23
1.4	Организация технического обслуживания тракторов	29
1.5	Техническое обслуживание	30
1.6	Ремонт машин	30
1.7	Ежесменное техническое обслуживание	30
1.8	Периодические технические обслуживания	31
1.9	Расчет рамы трактора Т-130 с роторным снегоочистителем в системе автоматизированного проектирования АПМ WinMachine	36
1.10	Разработка системы управления рабочих органов трактора Т-130	41
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	49
	Список литературы	50

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с тем, что заводы машиностроения в настоящее время изготавливают роторный снегоочиститель для зимней уборки всего одного типа, в городах применяют роторные снегоочистители всего одного типа, в городах применяют роторные снегоочистители, предназначенные для содержания автомобильных дорог и аэродромов. Из этих машин наибольшее распространение получили два снегоочистителя шнеко-роторного – ДЭ-210 и ДЭ-211.

Шнеко-роторный снегоочиститель ДЭ-210 смонтирован на автомобильном шасси ЗИЛ-131 по одномоторной схеме. Двигатель автомобильного шасси демонтирован и для привода рабочего органа снегоочистителя и ходового оборудования базового шасси использован один дизельный двигатель. Специальное оборудование машины состоит из рабочего органа, его корпуса, механизмов привода рабочего органа и ходового оборудования базового шасси.

Проект бульдозера Т-130 с разработкой рабочего оборудования для уборки снега в труднодоступных местах, который является актуальной.

Целью данного дипломной проекта является монтаж роторного снегоочистителя ДЭ-210 на базу трактора Т-130, что позволит производить удаление снега в тех местах, которые являются труднопроходимыми для автомобиля ЗИЛ-131.

Наряду с современными средствами автоматизации и механизации на оснащении дорожных организаций находятся машины устаревших конструкций, но пригодные для эксплуатации. Списывать такую технику не всегда экономически целесообразно. Модернизация и восстановление путем агрегатного метода ремонта обеспечат возможность ее дальнейшей эксплуатации.

Вопросы эффективного использования новой, а также имеющейся в дорожных организациях техники имеют большое народнохозяйственное значение. Важно условие повышения эффективности дорожных машин – правильная их эксплуатация, которая зависит от технической подготовки персонала, обслуживающего машины.

Практическую ценность работы составляет конструкция роторного снегоочистителя ДЭ-210, работоспособность и эффективность которой подтверждена расчетами.

Теоретическая и методологическая основа написания дипломной работы базируется на литературных источниках и сайтах Internet по исследуемому типу бульдозера Т-130 с разработкой рабочего оборудования для уборки снега в труднодоступных местах.

## 1 Основная часть

### 1.1 Расчет трактора-Т-130

#### 1.1.1 Исходные данные

Мощность двигателя – 134,6 кВт;

Скорость подъема роторного снегоочистителя – 0,2 м/с;

Средняя скорость перемещения:

– транспортная – 12,5 км/ч;

– рабочая – 0,5 м/с;

Масса машины – 19,200 т;

Масса оборудования – 395 кг.

#### 1.1.2 Выбор основных параметров трактора.

Главный параметр бульдозера – номинальное тяговое усилие, под которым понимается наибольшее тяговое усилие, реализуемое базовым трактором при работе с плотным снегом с учетом догрузки от массы навесного оборудования при буксовании не выше 7% для гусеничных и 20% для колесных машин и скорости 2,5 – 3,5 км/ч.

Это усилие определяется зависимостью:

$$T_n = R_{cy} \cdot \varphi_{cy},$$

где  $R_{cy}$  – нормальная реакция грунта на движители бульдозера в рабочем состоянии, Н.

$$R_{cy} = (1,17...1,22)G_{б.м.},$$

где  $G_{б.м.}$  – сила тяжести базовой машины, Н;  $\varphi_{cy}$  – коэффициент сцепления движителей с грунтом, соответствующий допустимому буксованию движителей;  $\varphi_{cy} = 0,8$ .

$$G_{б.м.} = m_{б.м.} \cdot g,$$

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

$$G_{б.м.} = 19200 \cdot 9,81 = 188352 \text{ Н},$$

$$R_{cy} = (1,17...1,22) \cdot 188352 = 229789 \text{ Н},$$

$$T_n = 229789 \cdot 0,8 = 160000 \text{ Н} = 183 \text{ кН},$$

Также номинальным тяговым усилием считают наибольшее усилие, определенное по мощности двигателя.

Тяговое усилие определяется по формуле:

$$T_n = 3,6 \cdot N \cdot \eta_{тр}/v,$$

где  $N$  – мощность двигателя базовой машины, кВт;  $v$  – скорость движения базовой машины, км/ч;  $\eta_{тр}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии: механической – 0,83 ... 0,86, гидравлической – 0,73 ... 0,76.

Принимаем  $\eta_{mp} = 0,75$ .

$$T_n = 3,6 \cdot 134,6 \cdot 0,75 / 3 = 121 \text{ кН.}$$

Тяговое усилие принимаем рассчитанное по мощности двигателя и равное  $T_n = 121 \text{ кН}$ .

*Скорость обратного хода бульдозера.*

Скорость обратного хода бульдозера выбирается в зависимости от типа подвески базового трактора или подвески мостов колесного тягача и расположения центра тяжести машины. Рекомендуемые значения скорости обратного хода при полужесткой и балансирной подвеске гусениц составляют 6 ... 7 км/ч, при балансирно-звеньевой подвеске – 8 ... 15 км/ч.

Так как подвеска гусениц балансирно-звеньевая выбираем скорость, равную 10 км/ч.

*Среднее статическое давление бульдозера на грунт.*

Среднее статическое давление бульдозера на грунт определяется по формуле:

$$q = G / F,$$

где  $G$  – сила тяжести бульдозера, Н;

$$G = m_6 g,$$

$m_6$  – масс бульдозера, кг.;

$$G = 19200 \cdot 9,81 = 188352 \text{ Н,}$$

$F$  – опорная площадь движителей для гусеничного бульдозера, м<sup>2</sup>;

$$F = 2LB_r,$$

где  $L$  — длина опорной поверхности гусениц, м;  $B_r$  – ширина гусениц, м.

$$F = 2 \cdot 3,8 \cdot 0,7 = 5,3 \text{ м}^2,$$

$$q = 188352 / 5,3 = 3,6 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2.$$

Положение центра давления, т.е. точки приложения равнодействующих всех нормальных реакций грунта на гусеничный движитель устанавливается для трех основных случаев:

а) бульдозер стоит на горизонтальной плоскости (роторный снегоочиститель поднят на максимальную высоту);

б) режет снег на горизонтальном участке с оптимальной глубиной резания при максимальном объеме призмы волочения;

Положение центра давления может быть рассчитано по формуле:

$$x_c = \frac{G \cdot a + R_z \cdot b - R_x \cdot h_b}{G + R_z},$$

где  $x_c$  – расстояние от оси задней звездочки до линии приложения равнодействующей всех нормальных реакций на гусеницу;  $R_z$  – вертикальная составляющая сопротивления снега на снегоочистителе;  $R_x$  – горизонтальная

составляющая сопротивления снега на снегоочистителе;  $h_b$  – высота точки приложения результирующих сил сопротивления на роторном снегоочистителе;  $a$  – расстояние по горизонтали от центра тяжести бульдозера до оси задней звездочки;  $b$  – расстояние от точки приложения результирующих сил сопротивления

на роторном снегоочистителе до оси ведущей звездочки.

При рабочем ходе бульдозера тяговое усилие базовой машины в связи с неточностью управления и переменным сопротивлением снега отбрасыванию изменяется от нуля до максимально возможного значения. Учитывая это при определении центра давления тяговое усилие  $T$  и горизонтальную составляющую  $R_x$  сил сопротивления определяют по формуле:

$$T = R_x = k_T T_{н.б.},$$

где  $k_T$  – коэффициент использования тягового усилия;  $T_{н.б.}$  – номинальное тяговое усилие бульдозера, Н.

В средних условиях при оптимальных параметрах профиля очистительной поверхности, обеспечивающих протекание процесса отброса снега, коэффициент использования тягового усилия принимают равным  $k_T = 0,8$ .

$$T = R_x = 0,8 \cdot 121 = 96,8 \text{ кН.}$$

Вертикальная составляющая результирующей сил сопротивления на очистителе определяется по формуле:

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \gamma,$$

где  $\gamma$  – угол наклона (к горизонтали) результирующей сил сопротивления на роторном снегоочистителе.

При оптимальных для средних условий параметрах поверхности роторного снегоочистителя, угол наклона результирующей сил сопротивления изменяется от  $15^\circ$  до  $21^\circ$  вниз при устойчивом резании и отбрасывания плотной структуры; от  $0^\circ$  до  $6^\circ$  вниз и вверх при устойчивом резании и отбрасывании снега в разрыхлённом состоянии.

Под устойчивым процессом понимают резание и отбрасывание снега с максимально возможным объемом призмы волочения в зависимости от глубины резания, снежных условий и режима движения.

Угол наклона результирующей сил сопротивления на очистителе при резании и отбрасывании снега принимаем равный  $17^\circ$ .

$$R_z = 96,8 \cdot \operatorname{tg} 17^\circ = 30 \text{ кН.}$$

Расстояние от режущей кромки ножа очистителя до точки приложения результирующей сил сопротивления на очистителе при отбрасывании снега плотной структуры определяется зависимостью:

$$H_b = 0,17 \text{ м,}$$

где  $H$  – высота очистителя, м.

$$h_b = 0,17 \cdot 1,3 = 0,221 \text{ м.}$$

Расстояние  $b$  определяется конструктивно  $b = 6550 \text{ мм.}$

Расстояние от центра тяжести бульдозера до оси задней звездочки,  $a = 1950$  мм,

$$x_c = \frac{188,4 \cdot 1,95 + 30 \cdot 6,55 - 96,8 \cdot 0,221}{188,4 + 30} = 2,5 \text{ м.}$$

Расстояние до центра давления  $x_c$  должно быть не более 0,67 длины опорной поверхности гусеницы.

Полагаем, что давление распределяется по закону трапеции. Тогда

$$x_c = (0,5 \dots 0,67)L,$$

$$x_c = 1,9 \dots 2,55 \text{ м.}$$

Полученное ранее значение  $x_c$  попадает в данный интервал.

Максимальное давление на передней кромке опорной поверхности определяется по формуле:

$$q_{\max} = \frac{G + R_z}{B_r \cdot L} \cdot \left( 3 \frac{x_c}{L} - 1 \right),$$

$$q_{\max} = \frac{188,4 + 30}{0,7 \cdot 3,8} \cdot \left( 3 \frac{2,5}{3,8} - 1 \right) = 80 \text{ кН / м}^2.$$

Минимальное давление в задней кромке опорной поверхности:

$$q_{\min} = \frac{G + R_z}{B_r \cdot L} - q_{\max},$$

$$q_{\min} = \frac{188,4 + 30}{0,7 \cdot 3,8} - 80 = 2 \text{ кН / м}^2.$$

### 1.1.3 Тяговый расчет бульдозера

Найдем мощность, требуемую для работы роторного снегоочистителя. При работе снегоочистителя затрачивается мощность на преодоление следующих сопротивлений:

1) сопротивления  $W_1$  перемещению автомобиля или трактора, на которых смонтирован снегоочиститель;

2) сопротивления, возникающего при работе питателя (шнеков плуга);

3) сопротивления, возникающего при работе роторов.

4) Сопротивление  $W_1$  находится по формуле (в Н)

$$W_1 = (G_a + G_0) (f_a + i)g$$

где  $G_a$  - масса автомобиля (трактора), кг;  $G_0$  - масса снегоочистительного оборудования, кг;  $f_a$  - коэффициент сопротивления движению;  $i$  - максимальный уклон дороги:  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

$$W_1 = (G_a + G_0) (f_a + i)g = (19200 + 395) \cdot (0,6 + \text{tg} 10^\circ) \cdot 9,81 = 14,9168 \text{ Н}$$

Мощность на преодоление этого сопротивления (в Вт)

$$N_i = W_1 v_M,$$

где  $v_M$  - рабочая скорость снегоочистителя, м/с.

$$N_1 = W_1 v_M = 14,9168 \cdot 0,39 = 5,8 \approx 6 \text{ кВт}$$

Сопротивления, возникающие при работе плужного питателя, рассчитываются по той же методике, что и для плужных снегоочистителей

При работе шнека мощность  $N_2$ , затрачиваемая на преодоление сопротивлений, складывается из мощности  $N_2$ , расходуемой на вырезание снега, и  $N''_2$  на перемещение снега:

$$N_2 = N'_2 + N''_2,$$

$$\text{Здесь (в Вт)} \quad N'_2 = \frac{k_0 D L_u n_u s}{2 \cdot 60}$$

$$N'_2 = \frac{1600 \cdot (450) 2570 \cdot 354}{2 \cdot 60}$$

$$N''_2 = \frac{\Pi_u L_u \text{tg}(\alpha_0 + \varepsilon_0)}{\text{tg} \alpha_0}$$

$$N''_2 = \frac{46893937 \cdot 2570 \cdot 0,78}{0,34} = 276,235$$

где  $k_0$  - коэффициент сопротивления снега резанию, Па;  $D$  - диаметр шнека, м;  $d$  - диаметр вала шнека, м;  $L_u$  - длина шнека, м;  $n_u$  - частота вращения шнека, об/мин;  $s$  - шаг шнека, м;  $\Pi_u$  - массовая производительность шнека, кг/с;  $\varepsilon_0$  - угол трения снега о металл;  $\alpha_0$  - угол подъема винтовой линии.

Производительность шнека (в кг/с)

$$\Pi_u = \frac{\pi D^2 s n_u \psi_u \rho}{4 \cdot 60}$$

$$\Pi_{ш} = \frac{(3,14 \cdot 450^2 \cdot 354 \cdot 0,25 \cdot 200)}{4 \cdot 60} = 468$$

где  $\rho$  — плотность снега, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi_u$  — коэффициент наполнения шнека снегом.

Мощность  $N_3$ , затрачиваемая на работу ротора, складывается из мощности  $N'_3$ , требуемой на отбрасывание массы снега, и мощности  $N''_3$  на преодоление сопротивления трения снега о стенки кожуха.

На отбрасывание массы снега  $M$  требуется затратить энергию (в Дж)

$$A = \frac{M v_a^2}{2} g$$

где  $v_a$  — абсолютная скорость частицы снега, м/с. Так как  $v_a = R \omega \sqrt{1 + k_1^2}$   
 $= 430 \cdot 44,192 \sqrt{1 + 1^2} = 26873,678$ , получим (в Дж)

$$A = \frac{M R^2 \omega^2 (1 + k_1^2)}{2} g$$

$$A = \frac{37.052 \cdot 430^2 \cdot 44.192^2 (1 + 1^2)}{2} \cdot 9.81 = 13,1521$$

Время, затрачиваемое на эту работу, равно времени одного оборота ротора (в с)

$$t_p = 60/n = 0,142$$

где  $n$  — частота вращения ротора, об/мин.

Следовательно, (в Вт)

$$N'_3 = \frac{A}{t_p} = \frac{MR^2 \omega^2 (1+k_1^2) n}{2 \cdot 60} g$$

заменяв  $\omega = \pi n / 30$ , получим

$$N'_3 = 0.9 MR^2 n^3 (1+k_1^2) 10^{-3}$$

$$N'_3 = 0.9 \cdot 37.052 \cdot 430^2 \times 422^2 (1 + 1^2) 10^{-3} = 2,2 \text{ кВт}$$

Величина  $M$  находится по производительности ротора  $\Pi_p$ . Принимая  $\Pi_p$  в кг/м и учитывая, что за 1 с ротор совершает  $n/60$  оборотов, находим (в кг)

$$M = 60 \Pi_p / n$$

$$M = \frac{60 \cdot 260.598}{422} = 37.052 \text{ кг}$$

Соппротивление от трения возникает под действием центробежной силы, прижимающей снег к внутренней поверхности кожуха ротора, и равно (в Н)

$$W_2 = fMR\omega^2 g$$

Мощность, требуемая для преодоления этого сопротивления (в Вт)

$$N''_3 = \frac{2\pi fMR\omega^2 Rn}{60} g = fMR^2 n^3 10^{-2}$$

$$N''_3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0.8 \cdot 37.052 \cdot 430 \cdot 44.192^2 \cdot 430 \cdot 422}{60} \cdot 9.81 = 464,019$$

Таким образом, мощность, затрачиваемая на шнеко-роторный снегоочиститель,

$$N = N_1 + N'_2 + N''_2 + N'_3 + N''_3$$

$$N = 58.175 + 545.868 + 276.481 + 219.606 + 469.019 = 1564.149$$

$$N = 16 \text{ кВт}$$

Массовая производительность роторного снегоочистителя (в кг/с)

$$\Pi_{CH} = Bh v_M \rho$$

$$\Pi_{CH} = 2.57 \cdot 1.3 \cdot 0.39 \cdot 200 = 260.598 \text{ кг/с}$$

где  $B$  - ширина захвата, м;  $h$  - толщина удаляемого снежного покрова, м;  $v_M$  - рабочая скорость снегоочистителя, м/с;  $\rho$  - плотность снега, кг/м<sup>3</sup>.

Производительность ротора  $\Pi_p$  принимается равной производительности снегоочистителя:  $\Pi_p = \Pi_{сн}$ .

При нормальной работе снегоочистителя скорость вращения ротора и шнеков зависит от поступательной скорости снегоочистителя, поскольку производительность этих агрегатов должна равняться производительности снегоочистителя.

Из сопоставления производительности каждого агрегата можно установить, что производительность снегоочистителя находится в гиперболической зависимости от толщины удаляемого снежного покрова.

#### 1.1.4 Производительность бульдозера

Техническая производительность бульдозера:

$$\Pi_m = V_{np} \cdot n_{ц} \cdot K,$$

где  $V_{np}$  – объем призмы волочения,  $m^3$ ;

$n_{ц}$  – расчетное число рабочих циклов в единицу времени при работе в средних

грунтовых условиях на горизонтальной поверхности:

$$n_{ц} = 3600/T_{ц},$$

где  $T_{ц} = t_{px} + t_{ox} + t_o' + t_o'' + t_m$ ,

где  $t_{px}$  – расчетное время рабочего хода;  $t_{ox}$  – расчетное время обратного хода;  $t_o', t_o''$  – время остановок после рабочего и обратного ходов, при которых начинается подъем или опускание очистителя;  $t_m$  – время маневрирования (перехода на другую полосу после обратного хода);  $K$  – комплексный коэффициент, представляющий собой произведение коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов.

Комплексный коэффициент определяется формулой:

$$K = K_k \cdot K_z \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_y \cdot K_e \cdot K_{yш},$$

где  $K_k$  – коэффициент, зависящий от квалификации оператора,

$$K_k = 0,75 \text{ [3, стр.298, табл.34];}$$

$K_z$  – коэффициент, зависящий от грунтовых условий при работе бульдозера,

$$K_z = 0,7 \text{ [3, стр.298, табл.34];}$$

$K_m$  – коэффициент, зависящий от технологии работы,

$$K_m = 1,2 \text{ [3, стр.298, табл.34];}$$

$K_n$  – коэффициент, зависящий от погодных условий (при пыли, снеге, дожде, тумане или в сумерках),  $K_n = 0,8$  [3, стр.298, табл.34];

$K_y$  – коэффициент, зависящий от уклона пути,  $K_y = 1,35$  [3, стр.298, табл.34];

$K_e$  – коэффициент, зависящий от использования рабочего времени,

$$K_e = 0,85 \text{ [3, стр.298, табл.34];}$$

$K_{yш}$  – коэффициент, зависящий от того, используется ли уширитель или нет,

$$K_{yш} = 1,25 \text{ [3,стр.298,табл.34];}$$

$$K = 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,35 \cdot 1,25 = 0,73.$$

При подсчете времени элементов рабочего цикла следует учитывать, что коэффициент потери скорости рабочего хода  $K_{н.р.х.}$  из-за буксования, разницы в сопротивлении для средних условий работы составляет 0,6 ... 0,75, а коэффициент обратного хода  $K_{н.о.х.} = 0,9 \dots 0,95$ . Время остановок после рабочего и обратного ходов составляет 3 – 4 с, время маневрирования, приходящееся на один цикл 1 – 2с.

Производительность бульдозеров зависит, главным образом, от использования рабочего времени, что указывает на необходимость стремиться к сокращению простоев, в том числе на техническое обслуживание и ремонты.

## 1.2 Расчет роторного снегоочистителя

Расчет роторного снегоочистителя содержит определение рациональных параметров процессов взаимодействия питателя и метательного аппарата со снегом, кинематический, энергетический и прочностной расчет рабочего органа элементов его конструкции и системы управления, определение нагрузок на оси колесной машины, или гусеничное ходовое Устройство, тягово-динамические расчеты определение баланса мощности, расчеты дальности метания снега, продольной и поперечной вертикальной устойчивости машины, определение производительности. При проектировании снегоочистителей должны быть учтены требования, предъявляемые к машинам, предназначенным для эксплуатации в районах с холодным климатом.

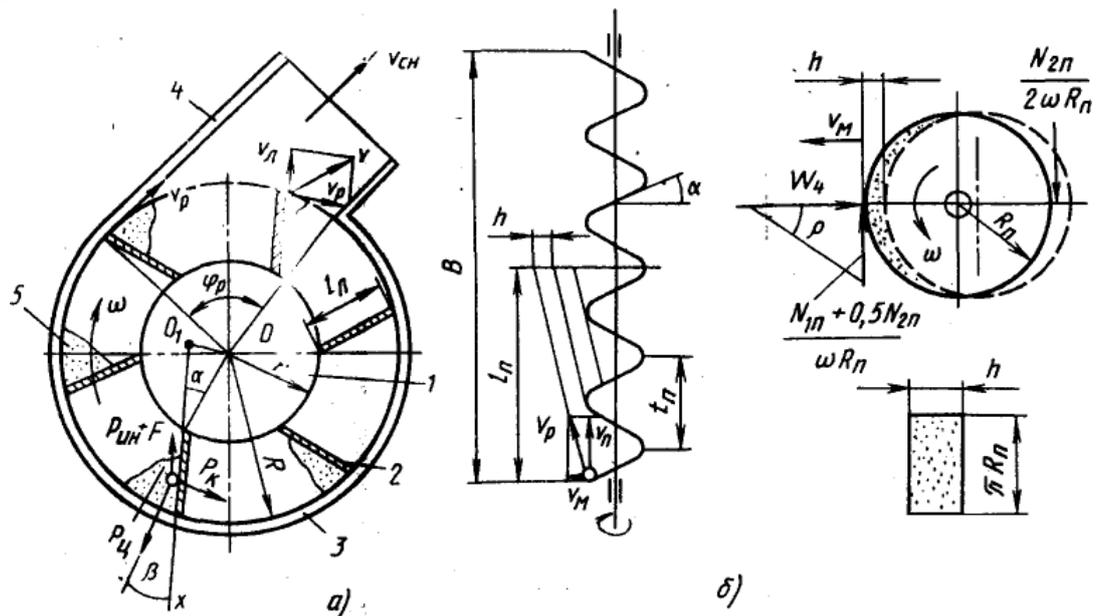
При работе наиболее распространенных шнекороторных и фрезерно-роторных снегоочистителей в процессе поступательного перемещения машины перед рабочим органом образуется снежный забой, в котором правая и левая половины шнеков или фрезы вырезают серповидные стружки снега. Достаточно высокая частота вращения питателя обеспечивает распределение снега под действием, центробежных сил по окружности вращения шнека или фрезы и одновременное перемещение снега в осевом направлении к середине рабочего органа, для чего правая и левая половины питателя имеют противоположное направление винтовых лопастей. В средней части корпуса рабочего органа образовано окно, через которое снег забрасывается винтовыми лопастями в метательный аппарат, получая в момент схода винтовых лопастей ускорение в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях относительно питателя.

В метательном аппарате снег поступает на лопасти ротора, транспортируется ими по неподвижному цилиндрическому кожуху в виде призмы волочения перед каждой лопастью с одновременным перемещением вдоль лопастей в радиальном направлении и выбрасывается из метателя под

действием центробежных сил через направляющий патрубок. В первую очередь покидают лопасти метателя в тангенциальном направлении при достижении направляющего патрубка фрагменты снега, находящиеся у поверхности кожуха, со скоростью, равной окружной скорости ротора. Затем происходит сход с лопастей более удаленных от края фрагментов снега с абсолютной скоростью (м/с), равной геометрической сумме окружной скорости ротора и радиальной скорости, приобретенной этими фрагментами к моменту схода с лопасти:

$$v = \sqrt{v_p^2 + v_n^2}.$$

Максимальная дальность транспортирования снега метателем ограничена аэродинамическим сопротивлением и составляет в среднем не более 50...60 м независимо от максимальной частоты вращения лопастного ротора.



*a* – роторно-лопастного метателя; *б* – шнекового и фрезерного питателей;

1– ступица ротора; 2 – лопасть; 3 – неподвижный кожух; 4 – выбросной патрубок; 5 – призма волочения снега перед лопастью

Рисунок 2.1. Схемы взаимодействия со снегом

При работе роторно-лопастного метательного аппарата на фрагмент снега, движущийся вдоль лопасти и одновременно вращающийся вместе с ротором, действуют сила инерции  $P_{ин}$ , противоположная направлению движения, радиально направленная центробежная сила  $P_{ц}$ , перпендикулярная направлению движения кориолисова сила  $P_{н}$  и силы трения фрагмента о лопасть, определяемые действием составляющих сил  $P_{ц}$  и  $P_{к}$ , нормальных к поверхности лопасти (рис.2.4, а). Действием силы тяжести фрагмента снега  $G_{фи}$

силы трения, обусловленной силой тяжести, можно пренебречь. Тогда уравнение равновесия фрагмента снега при движении вдоль лопасти будет

$$P_{ин} = P_{ц} \cos \beta - P_{ц} \operatorname{tg} \delta \sin \beta - P_{к} \operatorname{tg} \delta,$$

где  $\beta$  – текущий угол между лопастью и радиусом вращения, проходящим через фрагмент снега на лопасти;  $\delta$  – угол трения снега по металлу.

Одним из основных геометрических параметров метательного аппарата является угол  $\varphi_p$  разгрузки ротора, характеризующий угол поворота лопасти и необходимый для полного схода с лопасти снега, и является центральным углом, на который опирается выбросной направляющий патрубок. Для наименее благоприятных условий угол разгрузки ротора (рад);

$$\varphi_p \geq 0,25\pi \left( 1 - \frac{1}{1 - a_v^2} \right) + \operatorname{arctg} a_v,$$

где  $a_v$  – коэффициент, учитывающий влияние трения снега о лопасть, приближенно  $a_v = 0,8 \dots 0,95$ .

$$\varphi_p \geq 0,25 \cdot 3,14 \left( 1 - \frac{1}{1 - 0,95^2} \right) + \operatorname{arctg} 0,95 = 45^\circ.$$

Радиус  $R$  вращения ротора определяется технической производительностью снегоочистителя и окружной скоростью ротора  $v_p$ , которая в свою очередь выбирается в зависимости от дальности отбрасывания снега (м):

$$R = \frac{\Pi_{тех}}{1,8 \rho_{сн} K_n \vartheta_p b_p (1 - K_1^{-2})},$$

где  $\Pi_{тех}$  – техническая производительность машины, т/ч;  $\rho_{сн}$  – плотность снега, кг/м<sup>3</sup>;  $K_n$  – коэффициент наполнения ротора снегом, зависящий от скорости  $v_p$  и физико-механических свойств снега, при  $v_p = 13,5 \dots 20$  м/с и  $\rho_{сн} = 300 \dots 500$  кг/м<sup>3</sup>;  $K_n = 0,25 \dots 0,5$  (большее значение  $K_n$  соответствует меньшей скорости  $v_p$ );  $v_p$  – окружная скорость ротора, м/с,  $b_p$  – ширина лопасти ротора, м;  $K_1$  – коэффициент, зависящий от угла внешнего трения снега,  $K_1 = 2,2 \dots 2,5$

$$R = \frac{500000}{1,8 \cdot 400 \cdot 0,3 \cdot 20 \cdot 0,7R (1 - 2,2^{-2})} = 0,43 \text{ м}.$$

Длина (м) лопасти ротора

$$l_l = R (1 - K_1^{-1}),$$

$$l_l = R \left( 1 - \frac{1}{2,2} \right) = 0,55 \cdot 0,43 = 0,24 \text{ м}$$

Ширина (м) лопасти ротора

$$b_p = 2RK_b,$$

где  $K_b$  – коэффициент ширины ротора,  $K_b = 0,325 \dots 0,375$ .

$$b_p = 2 \cdot 0,35 \cdot 0,43 = 0,3 \text{ м}.$$

Число лопастей ротора выбирают из соотношения  $(2\pi/\varphi_p) < L_1 < 12$ . Наиболее распространены на практике лопастные роторы снегоочистителей, у которых шесть – восемь лопастей.

Частота вращения ротора (об/мин)

$$n = \frac{30v_p}{\pi R},$$

$$n = \frac{30 \cdot 20}{0,43 \cdot 3,14} = 439,2 \text{ об/мин.}$$

Теоретическая производительность метателя ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$\Pi_T = \frac{\pi n b_p R^2}{60} (1 - K_1^{-2}),$$

$$\Pi_T = \frac{3,14 \cdot 439,2 \cdot 0,3 \cdot 0,43^2}{60} (1 - 2,2^{-2}) = 1,23 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовая производительность метателя связана с технической производительностью снегоочистителя соотношением:

$$\Pi_{\text{тех}} \leq 3,6 K_{\Pi \rho_{\text{сн}}} \Pi_T,$$

$$\Pi_{\text{тех}} \leq 531,4.$$

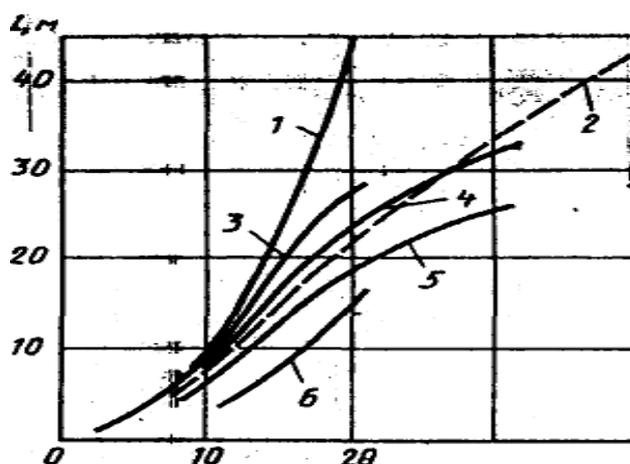


Рисунок 2.2. Зависимости дальности отбрасывания снега от окружной скорости ротора

Дальность отбрасывания снега ротором является важнейшим показателем работы снегоочистителя влияющим на технологическую производительность машины. отбрасываться за пределы полосы аэродрома является важным параметром, в ряде случаев существенно применения машины и ее эксплуатационность, учитывающую число параллельных проходов оптимальном варианте снег должен сразу очищаемой дороги или взлетно-посадочные полосы для дорожных роторных снегоочистителей с дальностью отбрасывания снега  $l < 25 \dots 30 \text{ м}$  и  $\Theta = 46^\circ$  используют упрощенную.

Наиболее универсальной является формула, полученная на основе анализа внешней баллистики дисперсного тела, отброшенного под углом к горизонту при действии аэродинамического сопротивления:

$$l = 0,0859^2 \left( 1 - \frac{0,01069}{\sqrt[4]{0,001\rho_{\text{сн}}K_{\text{н}}}} \right),$$

где  $R_{\text{ф}}$  – среднестатистический радиус фрагмента снега, для наиболее вероятных условий работы снегоочистителя при  $\rho_{\text{сн}} = 250 \dots 450$  кг/м;  $R_{\text{ф}} = 0,0154 \dots 0,035$  м (большим значениям  $\rho_{\text{сн}}$  соответствует меньшие значения радиуса  $R_{\text{ф}}$ );

$$l = 0,085 \cdot 18^2 \left( 1 - \frac{0,0106 \cdot 18}{\sqrt[4]{0,001 \cdot 300 \cdot 0,3}} \right) = 18 \text{ м}.$$

Следует отметить, что скорость выброса снега из метательного аппарата снегоочистителя не всегда тождественна окружной скорости ротора метательный аппарат. Снижение скорости выброса  $v$  сравнению со скоростью  $v_p$  особенно заметно у снегоочистителей совмещенного действия и в этом случае может составлять 50% вследствие резкого поворота отбрасываемого потока снега в направляющем аппарате (рисунок 2.2).

На дальность отбрасывания снега существенно влияет ветер. Отбрасывать снег следует преимущественно по направлению ветра, отбрасывать снег против ветра можно только при его скорости не более 5 м/с, иначе использование роторных снегоочистителей неэффективно. Дальность отбрасывания (м) с учетом скорости ветра определяется эмпирической зависимостью:

$$l_{\text{в}} = l(1 \pm 0,19v_{\text{в}}),$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость ветра, м/с.

$$l_{\text{в}} = 18 \cdot (1 + 0,1 \cdot 6) = 28,8 \text{ м}.$$

Увеличение дальности отбрасывания при использовании попутного поддува воздуха в метательном аппарате для снижения аэродинамического сопротивления на начальном участке траектории полета, снега также можно определить по эмпирической зависимости

$$\Delta l = 0,089 v_{\text{под}}^{0,9} \rho_{\text{сн}}^{-1,9},$$

где  $v_{\text{под}}$  – скорость воздушного потока при попутном поддува,  $v_{\text{под}} = 100$  м/с.

$$\Delta l = 0,08 \cdot 100^{0,9} \cdot 300^{-1,9} = 10 \text{ м}.$$

При работе шнекового и фрезерного питателя вырезаемые из забоя фрагменты снега формируют перед наружным краем винтовой лопасти спиралевидную призму волочения. Винтовая лопасть отделяет от забоя стружку снега толщиной  $h$ . В горизонтальной плоскости скорость резания снега определяется геометрической суммой поступательной скорости

снегоочистителя  $v_{ш}$  и осевой скорости перемещения снега винтовой лопастью  $v_{ш}$  Угол подъема нагруженного края винтовой лопасти питателя:

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{t_{п}}{2\pi R_{п}},$$

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{0,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,25} = 17,4^\circ.$$

Мощность (кВт) привода лопастного ротора метательного аппарата:

$$N_p = K_{зап} (N_1 + N_2 + N_3) / \eta_p,$$

$$N_1 = 1,36 \cdot 10^{-3} \frac{\omega^2 R^2 \Pi_{тех}}{g} \left[ 1 + a_v^2 - 0,5 a_v^2 (1 - K_1^{-2}) \right].$$

где  $\Pi_{тех}$  – техническая производительность снегоочистителя, т/ч;  $K_1$  – относительная длина лопасти,  $K_1 = R/g$ .

$$N_1 = 1,36 \cdot 10^{-3} \frac{4,44^2 \cdot 0,43^2 \cdot 500}{10} \left[ 1 + 0,95^2 - 0,5 \cdot 0,95^2 (1 - 0,8^{-2}) \right] = 3,4 \text{ кВт}.$$

Мощность (кВт), затрачиваемая на преодоление сил трения снега о неподвижный кожух:

$$N_2 = \frac{\omega^2 R^2 \Pi_{тех} \operatorname{tg} \delta}{100g} \frac{1 - c_x^{-3}}{1 - c_x^{-2}},$$

$$N_2 = \frac{4,44^2 \cdot 0,43^2 \cdot 500 \cdot 0,6}{100 \cdot 10} \cdot \frac{1 - 0,92^{-3}}{1 - 0,92^{-2}} = 4,7 \text{ кВт}.$$

Силу трения винтовой лопасти о поверхность снежного массива принимают равной нулю.

Мощность (кВт) привода шнекового питателя:

$$N_{п} = a \Pi_{тех} + N_0,$$

где  $a$  – эмпирический коэффициент, возрастающий с увеличением плотности снега, при  $\rho_{сн} = 350 \dots 450 \text{ кг/м}^3$ ,  $a = 0,0147 \dots 0,0257 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$ ;  $N_0$  – потери мощности, обратно пропорциональные частоте вращения шнека, при  $n_{п} = 300 \dots 500 \text{ об/мин}$  ( $5 \dots 8,33 \text{ об/с}$ )  $N_0 = 5,1 \dots 3,3 \text{ кВт}$ .

$$N_{п} = 0,02 \cdot 500 + 3,7 = 13,7 \text{ кВт}.$$

Мощность привода лопастного ротора (кВт)

$$N_p = 2,72 \cdot 10^{-3} \omega^2 R^2 \Pi_{тех} K / g,$$

$$N_p = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot 44,4^2 \cdot 0,43^2 \cdot 500 \cdot 1,05 / 10 = 5,21 \text{ кВт}.$$

Техническая производительность (т/ч) роторного снегоочистителя:

$$\Pi_{тех} = 3,6 \text{ВН} \vartheta_{м} \rho_{сн},$$

где  $H$  – толщина снежного покрова, м.

$$\Pi_{тех} = 3,6 \cdot 2,84 \cdot 0,8 \cdot 0,14 \cdot 400 = 458 \text{ т/ч}.$$

Ширину захвата рабочего органа роторного снегоочистителя принимают больше ширины базовой машины на  $0,15 \dots 0,2 \text{ м}$  в каждую сторону.

КПД снегоочистителей позволяет оценить эффективность выполнения рабочими органами операций отделения снега от массива, транспортирования его к лопастному ротору и сообщения снегу кинетической энергии.

Внутренний КПД:

$$\eta_1 = 2,72 \cdot 10^{-3} \Pi_{\text{тех}} \omega^2 R^2 / (g N_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}}),$$

где  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя привода рабочих органов или установочная мощность двигателя базовой машины, кВт; – КПД трансмиссии привода рабочих органов,  $\eta_{\text{тр}} = 0,9$ .

$$\eta_1 = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot 458 \cdot 44,4^2 \cdot 0,43^2 / (10 \cdot 108 \cdot 0,9) = 0,68.$$

Внутренний КПД позволяет оценить потери энергии внутри рабочего органа между приводом и направляющим патрубком метательного аппарата. Для современных снегоочистителей с одним двигателем на базе гусеничных тракторов  $\eta_1 = 0,5 \dots 0,6$ , на базе автомобилей,  $\eta_1 = 0,65 \dots 0,75$ , для критерием оценки общей эффективности рабочих органов, включая операцию отбрасывания снега, является внешний КПД:

$$\eta_2 = 2,72 \cdot 10^{-3} \Pi_{\text{тех}} l / (N_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}}),$$

где  $l$  – действительная средняя дальность отбрасывания снега ротором, м.

$$\eta_2 = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot 458 \cdot 28,8 / (108 \cdot 0,9) = 0,37.$$

При малой дальности отбрасывания наибольшее влияние на величину оказывают потери энергии на резание снега и транспортирование его к метательному аппарату. При большом значении определяющее влияние оказывает аэродинамическое сопротивление. Для средней дальности отбрасывания снега внешний КПД современных роторных снегоочистителей =  $0,33 \dots 0,43$ . Внешний КПД позволяет в первом приближении обосновать выбор рационального режима работы снегоочистителя – скорости машины (м/с):

$$\vartheta_m = 102 N_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}} \eta_2 / (l v n \rho_{\text{сн}}),$$

$$\vartheta_m = 102 \cdot 108 \cdot 0,9 \cdot 0,37 / (28,8 \cdot 2,84 \cdot 0,8 \cdot 400) = 0,14 \text{ м/с}.$$

Уменьшение дальности отбрасывания снега до пределов, допускаемых технологическими условиями работы снегоочистителя, позволяет при той же мощности двигателя существенно повысить его производительность и снизить удельную энергоёмкость.

## 1.3 Расчет рамы трактора Т-130

### 1.3.1 Определение усилий в звеньях рамы трактора Т-130

Определим неизвестные по следующей последовательности. Из рассмотрения равновесия всей системы в целом относительно оси у можно записать уравнение:

$$P_z L_1 + P_x h - P_{yn} \sin \alpha L_2 - P_{ym} \sin \alpha L_2 = 0,$$

Откуда

$$P_{ym} + P_{yn} = \frac{P_z L_1 + P_x h}{L_2 \sin \alpha}.$$

Учитывая, что цилиндры связаны между собой гидравлически и такая связь обеспечивает равенство усилий, воспринимаемых каждым из цилиндров, можно записать:

$$P_{ym} = P_{yn} = \frac{P_z L_1 + P_x h}{2 L_2 \sin \alpha},$$

где  $L_1$  – расстояние от оси хвостовой части рамы до точки приложения результирующей сил сопротивления, м;  $h$  – расстояние от земли до оси шаровой пяты, м;  $L_2$  – расстояние от хвостовой части рамы до оси крепления гидроцилиндров подъема, м.

$$P_{ym} = P_{yn} = \frac{55 \cdot 4,9 + 180 \cdot 0,45}{2 \cdot 4,1 \cdot \sin 42^\circ} = 64 \text{ кН}.$$

Из уравнения моментов относительно осей:

$$P_z b_1 + P_y h - R_{az} b_3 - P_y \sin \alpha \cdot b_2 - P_y \sin \alpha \cdot b_4 = 0.$$

Найдем

$$P_{az} = \frac{P_z b_1 + P_y h - P_y \sin \alpha (b_2 - b_1)}{b_3},$$

где  $b_1$  – расстояние от оси продольного толкающего бруса до точки приложения результирующей сил сопротивления, м;  $b_2$  – расстояние от оси продольного толкающего бруса до точки крепления гидроцилиндра подъема роторного снегоочистителя, м;  $b_3$  – расстояние между осями продольных толкающих брусьев, м;  $b_4$  – расстояние от оси продольного толкающего бруса до точки крепления второго (противоположного) гидроцилиндра подъема роторного снегоочистителя, м.

$$P_{az} = \frac{55 \cdot 1,295 + 115 \cdot 0,45 - 64 \cdot \sin 42^\circ (0,85 - 2,82)}{3,64} = 57 \text{ кН}.$$

Из уравнения моментов относительно оси  $x_1$  имеем:

$$P_z (b_3 - b_1) - P_y h - P_{cz} b_3 - P_y \sin \alpha (b_3 - b_4) - P_y \sin \alpha (b_3 - b_2) = 0,$$

Найдем

$$P_{cz} = \frac{P_z (b_3 - b_1) + P_y h - P_y \sin \alpha (2b_3 - b_4 - b_2)}{b_3},$$

$$P_{az} = \frac{55(3,64 - 1,295) + 115 \cdot 0,45 - 64 \sin 42^\circ (2 \cdot 3,64 - 2,82 - 0,85)}{3,64} = -21 \text{кН}.$$

Составив уравнения моментов сначала относительно оси  $x$ , затем относительно оси  $z$ , определим реакции  $R_{ax}$  и  $R_{cx}$  в опоре  $A$ :

$$P_y L_1 - P_y b_1 + R_{ax} b_3 - P_y \cos \alpha \cdot b_2 - P_y \cos \alpha \cdot b_4 = 0,$$

Откуда

$$P_{ax} = \frac{P_z b_1 - P_y L_1 + P_y \cos \alpha (b_2 + b_4)}{b_3},$$

И в опоре  $C$ :

$$P_y L_1 + P_x (b_3 - b_1) + P_y \cos \alpha (b_3 - b_4) + P_y \cos \alpha (b_3 - b_2) - R_{cx} b_3,$$

Откуда

$$P_{cz} = \frac{P_y L_1 + P_x (b_3 - b_1) + P_y \cos \alpha (2b_3 - b_2 - b_4)}{b_3},$$

$$P_{cz} = \frac{115 \cdot 4,9 + 180(3,64 - 1,295) + 64 \cdot \cos 42^\circ (2 \cdot 3,64 - 0,85 - 2,82)}{3,64} = 318 \text{кН}.$$

Рассмотрим равновесие системы «роторный снегоочиститель с подкосами». Проведем ось  $O_1 - O_2$  через точки крепления подкосов и составим уравнение относительно этой оси:

$$P_2 L_1 + P_x \cos \theta \cdot h + P_y \sin \theta \cdot h - R_{oz} L_2 = 0,$$

Откуда

$$P_{oz} = \frac{P_z L_1 + P_x \cos \theta \cdot h + P_y \sin \theta \cdot h}{L_2},$$

$$P_{oz} = \frac{55 \cdot 2,82 + 180 \cdot \cos 27^\circ \cdot 0,45 + 115 \cdot \sin 27^\circ \cdot 0,45}{2,2} = 114 \text{кН}.$$

Аналогично из суммы моментов относительно оси  $x_1 - x_1$ :

$$P_z (b_3 - b_1) - P_y h - 0,5 R_{oz} b_3 - R_{dz} b_3 = 0,$$

Получим:

$$R_{dz} = \frac{P_z (b_3 - b_1) - P_y h - 0,5 R_{oz} b_3}{b_3},$$

$$R_{dz} = \frac{55(3,64 - 1,295) - 115 \cdot 0,45 - 0,5 \cdot 114 \cdot 3,64}{3,64} = -36 \text{кН}.$$

А относительно  $x - x$ :

$$P_z b_1 - P_y h - 0,5 R_{oz} b_3 - R_{bz} b_3 = 0,$$

Откуда

$$R_{bz} = \frac{P_z b_1 + P_y h - 0,5 R_{oz} b_3}{b_3},$$

$$R_{bz} = \frac{55 \cdot 1,295 + 115 \cdot 0,45 - 0,5 \cdot 114 \cdot 3,64}{3,64} = -23 \text{кН}.$$

Учтя сказанное ранее о работе подкосов в горизонтальной плоскости, расчетную схему роторного снегоочистителя с подкосами в этой плоскости представим в виде схемы, приведенной на рисунок 2.3.

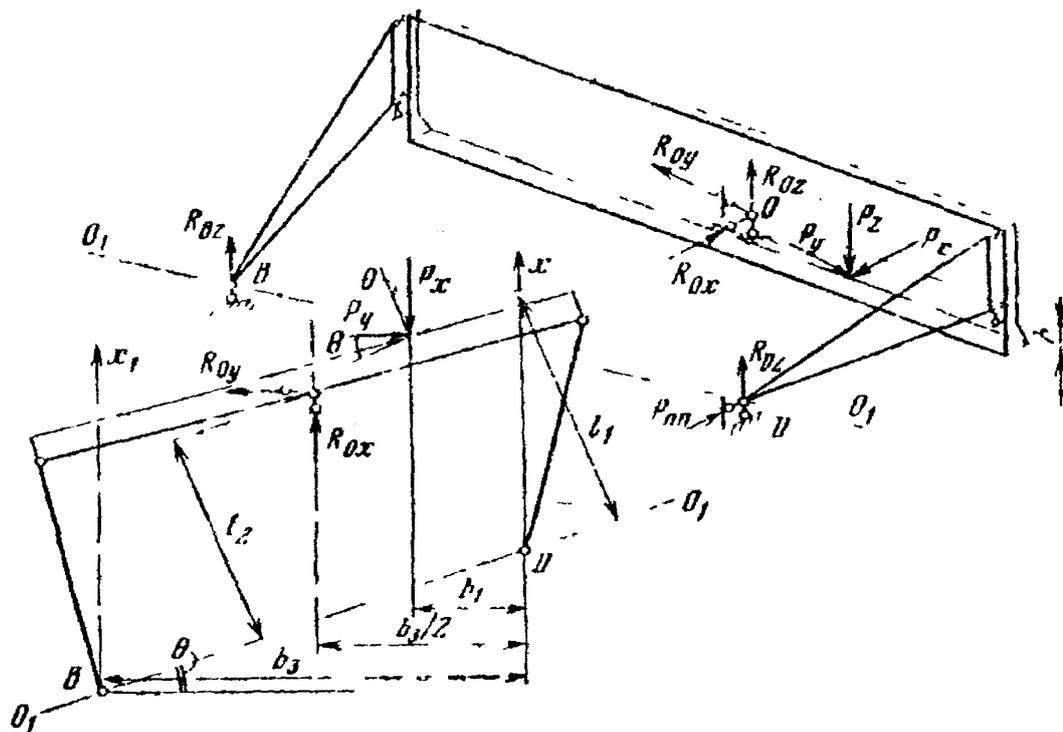


Рисунок 2.3. Расчётная схема «отвал с подкосами»

Усилие в подкосе найдем из уравнения моментов относительно шарнира

O:

$$P_y(l_3 - l_1) + P_x(b_3/2 - b_1) P_{nn}b_5 = 0,$$

Откуда

$$P_{nn} = \frac{P_x(b_3/2 - b_1) + P_y(l_3 - l_1)}{b_3},$$

$$P_{nn} = \frac{180(3,64/2 - 1,295) + 115(4,5 - 4,9)}{2,4} = 20 \text{ кН}.$$

Составляющие реакции в шарнире O определяем из проекции действующих усилий на оси x и y:

$$R_{ox} = P_x - P_{nn} \cos \varphi,$$

$$R_{ox} = 180 - 20 \cdot \cos 9^\circ = 160 \text{ кН};$$

$$R_{oy} = P_y + P_{nn} \sin \varphi,$$

$$R_{oy} = 115 + 20 \sin 9^\circ = 120 \text{ кН}.$$

Таким образом, неизвестными остались боковая реакция в опоре C и усилия в шарнирах, крепящих подкосы к роторному снегоочистителю (рисунок 2.4).

$$R_{cy} = P_y = 115 \text{ кН}.$$

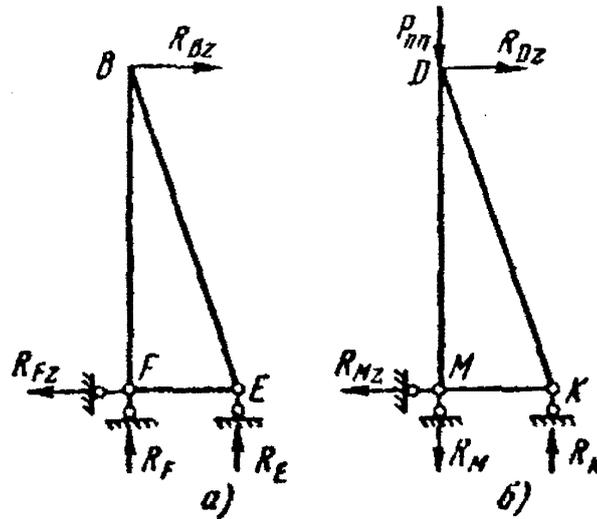


Рисунок 2.4. Расчетные схемы подкосов.

Для определения усилий в шарнирах крепления подкосов к роторному снегоочистителю рассмотрим их равновесие в плоскости подкосов. Считая, что один из шарниров будет играть роль одиночного опорного стержня, их схемы можно представить (рисунок 2.5).

Решение схем дает:

$$R_E = R_F = R_{BZ}l / h;$$

$$R_{FL} = R_{BZ};$$

$$R_K = R_{DZ}l / h;$$

$$R_M = (R_{DZ}l - P_{mn}h) / h;$$

$$R_{MZ} = R_{DZ};$$

$$\text{где } l = BF = DM,$$

$$h = FE = MK.$$

$$R_E = -R_F = -23 \cdot 2,1 / 0,715 = -68 \text{ кН};$$

$$R_F = -R_E = -68 \text{ кН};$$

$$R_{FZ} = R_{BZ} = -23 \text{ кН};$$

$$R_K = -36 \cdot 2,1 / 0,715 = -106 \text{ кН};$$

$$R_M = (36 \cdot 2,1 + 20 \cdot 0,715) / 0,715 = -126 \text{ кН};$$

$$R_{MZ} = R_{DZ} = -36 \text{ кН}.$$

Следует отметить, что для отдельных расчетных положений составляющие нагрузок на роторный снегоочиститель могут менять свое направление.

Строим эпюры изгибающих моментов в вертикальной и боковой плоскостях.

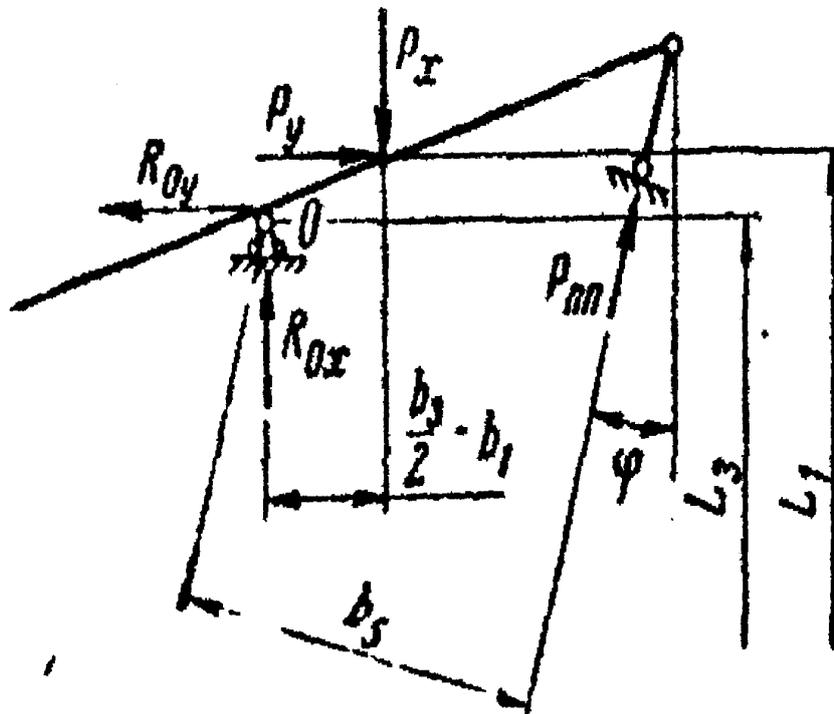


Рисунок 2.5. Схема сил в отвале с подкосом

### 1.3.2 Определение геометрических характеристик рамы

Как видно из построенных эпюр, наибольшие нагрузки возникают в месте крепления подкосов к раме и у вершины рамы.

Сечения имеют следующие характеристики:

$$F_{1-1} = 2,84 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2; \quad F_{2-2} = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2;$$

Момент инерции относительно осей  $x-x$ :

$$J_{x-x 1-1} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4; \quad J_{x-x 2-2} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4;$$

Момент инерции относительно оси  $z-z$ :

$$J_{z-z 1-1} = 2,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4; \quad J_{z-z 2-2} = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4;$$

Моменты сопротивления:

$$W_{x-x 1-1} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \quad W_{x-x 2-2} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \quad W_{z-z 1-1} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$W_{z-z 2-2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Материал брусьев – сталь 09Г2С с пределом текучести  $\sigma_m = 320$  МПа. Коэффициент запаса прочности:  $n = 1,4$ . Определим максимальное напряжение в сечениях 1–1 и 2–2 по формулам:

$$\sigma_{max} = \sigma_N + \sigma_Z + \sigma_X;$$

$$\text{где } \sigma_N = N/F;$$

$$\sigma_Z = M_Z / W_Z;$$

$$\sigma_X = W_X / W_X,$$

где  $N$ ,  $M_X$ ,  $M_Z$  – сжимающие усилия и изгибающие моменты 1 – 1 и 2 – 2.

$$\sigma_{\max 1-1} = \frac{43000}{2,84 \cdot 10^{-2}} + \frac{14700}{1,9 \cdot 10^{-3}} + \frac{58000}{2,1 \cdot 10^{-3}} = 106,5 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\max 2-2} = \frac{73000}{2,4 \cdot 10^{-2}} + \frac{18300}{1,8 \cdot 10^{-3}} + \frac{33000}{1,66 \cdot 10^{-3}} = 127 \text{ МПа}.$$

Определяем запас прочности по пределу текучести в сечении 2—2, как наиболее нагруженном:  $n = \sigma_T / \sigma_{2-2} = 220 / 127 = 1,6 > 1,4$ .

Полученный запас прочности допустим в расчете при продольном напряжении роторного снегоочистителя трактора.

Принятое сечение брусьев удовлетворяет условиям прочности.

Сталь не склонна к тепловой хрупкости и не разупрочняется в результате длительного старения.

Ударная вязкость после старения при повышенных температурах также снижается незначительно.

## 1.4 Организация технического обслуживания тракторов

Особенностью современных дорожно-строительных машин является сложность конструкции и высокая мощность, которые будут расти в связи с возрастающим развитием техники. На сложных машинах увеличивается вероятность возникновения неисправностей и отказов в работе, усложняется процесс их выявления и устранения, соответственно возрастают затраты труда, средств и времени на устранение неисправностей.

Для обеспечения надежности и работоспособности машин ГОСТ 18322 – 78 введена система планово – предупредительного технического обслуживания и ремонта машин, которая предусматривает комплекс организационно–технических мероприятий, направленных на повышение надежности и долговечности машин, улучшение качества, сокращение сроков и снижение стоимости ремонта.

Сущность этой системы заключается в том, что техническое обслуживание выполняется в принудительном порядке через определенные периоды эксплуатации машин по заранее установленным объемам, а ремонт выполняется по потребности.

Система технического обслуживания и ремонта включает пять основных подсистем: планирование, организацию, технологию, материально–техническое обеспечение и исполнителей.

Для поддержания работоспособности машин разрабатывается комплекс организационных, технических и технологических мероприятий, заключающийся в общем понятии – техническая эксплуатация машин. В техническую эксплуатацию машины включаются: обкатка машин после получения их с завода–изготовителя или из капитального ремонта, техническое

обслуживание, включая все виды технического обслуживания, диагностирование, ремонт, хранение.

### **1.5 Техническое обслуживание**

Техническое обслуживание предусматривает поддержание машин в работоспособном состоянии, при снижении интенсивности их изнашивания и предупреждения отказов. Основными видами работ по техническому обслуживанию являются очистка и мойка машин, контрольно–осмотровые, крепежные регулировочные и смазочно–заправочные работы, включая диагностирование.

Своевременное и качественное выполнение работ по техническому обслуживанию машин позволяет поддерживать их длительное время в работоспособном состоянии. Однако в результате постепенного износа отдельных элементов машины или машины в целом наступает такой момент, когда работоспособность их невозможно поддерживать техническим обслуживанием, тогда требуется другое техническое мероприятие – ремонт.

### **1.6 Ремонт машин**

Ремонт машины – это комплекс работ по восстановлению работоспособности машин, нарушенной в процессе эксплуатации.

Техническое обслуживание и ремонт составляют основу механической эксплуатации машин. Комплекс мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту машин, проводимые в плановом порядке, объединяют в единую планоно – предупредительную систему (ППС).

В настоящее время для дорожно–строительных машин установлены следующие виды технического обслуживания и ремонта: ежесменное техническое обслуживание (ЕО); техническое обслуживание №1 (ТО – 1); техническое обслуживание №2 (ТО – 2); техническое обслуживание №3 (ТО – 3); сезонное техническое обслуживание (СТО); два вида ремонта – текущий (Т) и капитальный (К).

### **1.7 Ежесменное техническое обслуживание**

Ежесменное техническое обслуживание (ЕО), выполняемое после окончания или перед началом работы (рабочей смены), должно обеспечивать снижение интенсивности износа, выявление и предупреждение отказов и неисправностей путем своевременного выполнения контрольно – диагностических, смазочных и заправочных работ.

В состав ежесменного технического обслуживания (ЕО) входят работы по проведению контрольного осмотра и проверке исправности действия

двигателя, привода, ходовой части, рабочих органов, тормозов, органов управления, приборов освещения, сигнализации, а также по проведению операций по смазыванию механизмов машин.

### **1.8 Периодические технические обслуживания**

В состав работ по периодическому техническому обслуживанию (ТО – 1, ТО – 2, ТО – 3) в зависимости от сложности машин включаются все работы по ЕО, а также очистка, мойка, осмотр, проверка и контроль с применением средств технического диагностирования состояния сборочных единиц, узлов, агрегатов, включая двигатели или другие виды приводов, приборы, гидравлическую систему, передачи, ходовую часть и машины в целом, крепления, а в случае износа – замена деталей и сборочных единиц ( в зависимости от вида технического обслуживания), опробование действия механизмов, рабочего оборудования, привода и обкатка машины.

#### *Сезонное техническое обслуживание.*

Сезонное техническое обслуживание не предусматривается плановыми нормативами и сроки его проведения не зависят от расхода машиноресурсов, т.е. количества отработанных машиной часов или объема выполненных работ. Объем обязательных работ при данном виде обслуживания зависит только от типа и конструкции машин, условий их эксплуатации и хранения. Однако этот вид ТО должен приурочиваться к очередным периодическим ТО (ТО – 1, ТО – 2, ТО – 3) и осуществляется как ряд дополнительных к ним работ. Сроки и место проведения такого совмещенного обслуживания предусматриваются планом мероприятий по переводу парка машин на весеннее–летние или осеннее–зимние работы, составляемые дорожно–строительными организациями два раза в год.

В состав работ входят контрольно–диагностические работы, приемка, очистка, мойка, разборка, дефектовка, комплектовка, восстановление или замена изношенных деталей и сборочных единиц, сборка, регулировка, стендовые и ходовые испытания отремонтированных элементов, агрегатов машины в целом, а также окраска машин.

#### *Текущий ремонт.*

Текущий ремонт выполняют в процессе эксплуатации. При текущем ремонте выполняют частичную разборку двигателя с заменой быстроизнашиваемых деталей, притирку клапанов, очистку от нагара головки цилиндров и днищ поршней; полностью очищают систему смазки и охлаждения; регулируют топливную систему, гидроприводы и электрооборудование; в агрегатах трансмиссии и ходовой части производят регулировку натяжений цепей и приводных ремней, регулировку фрикционных и тормозных муфт; проверяют состояние звездочек и планок цепей питателей, регулируют натяжение гусеничных цепей, заменяют втулки, цепи, ремни, сальники, прокладки, манжеты и другие мелкие детали; в случае

необходимости правят, заваривают отдельные детали металлоконструкций, капоты, арматуру. Текущим ремонтом должна быть обеспечена надежная работа машины в течении межремонтного периода. Текущий ремонт выполняют в стационарных и полевых условиях.

#### *Капитальный ремонт.*

Капитальный ремонт проводят с целью восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей и регулировкой их. Ресурс – наработка изделия до предельного состояния, оговоренного в технической документации. Восстанавливают первоначальные посадки в сопряжениях. Капитальным ремонтом должен быть обеспечен срок службы машины до следующего планового капитального ремонта. Капитальный ремонт сложных машин (экскаваторов, самоходных скреперов, тракторов и т.д.) выполняют, как правило, на специализированных ремонтных заводах.

Капитальный ремонт машин средней сложности и простых можно выполнять в ремонтных мастерских дорожных организаций.

### **1.8.1 Методы ремонта тракторов**

Существенное влияние на сокращение сроков нахождения в ремонте и качества ремонта тракторов оказывают организационные формы проведения ремонтов.

В дорожных организациях ремонты тракторов могут осуществляться следующими методами: агрегатным, периодической замены комплектов агрегатов и достаточно-обменным капитальным ремонтом машин.

*Агрегатный метод* заключается в том, что снятые с ремонтируемой машины неисправные агрегаты заменяются новыми или заранее отремонтированными.

Разборочно-сборочные работы по снятию и установки агрегата производят в эксплуатационных условиях. Снятые с машины неисправные агрегаты ремонтируют в мастерских на производственно ремонтных базах или заводах. Для организации агрегатного метода ремонта в мастерской дорожной организации создается обратный фонд агрегатов за счет комплектования его из отремонтированных деталей списанных машин, а также новых запасных частей и агрегатов, получаемых с завода. Кроме того, дорожная организация должна заключать договоры на проведение капитальных ремонтов агрегатов и узлов с ремонтными предприятиями.

Оборотный фонд агрегатов подсчитывают в зависимости от количества однотипных машин, времени оборачиваемости агрегатов и продолжительность ремонта:

$$П = (1,05 \dots 1,1) \frac{A_M N_{OM} B_{об} T_n}{365 T_a},$$

где  $\Pi$  – потребное годовое количество агрегатов данного типа;  $(1,05 - 1,1)$  -коэффициент, учитывающий возможные отклонения во времени оборачиваемости агрегатов;  $A_M$  – количество одинаковых агрегатов на одной машине;  $N_{OM}$  – число однотипных машин в хозяйстве;  $V_{об}$  – время оборачиваемости агрегата (продолжительность нахождения в ремонте с момента сдачи до получения из ремонта, включая время на транспортирование), дней;  $T_n$  – планируемое время работы машин в году, ч;  $T_a$  – срок службы агрегата или узла до очередного ремонта, ч.

Применение агрегатного метода ремонта позволяет: сократить сроки ремонта машин, повысить коэффициент их технической готовности, уменьшить трудоемкость ремонта, устранить сезонность в ремонте улучшить качество и снизить себестоимость ремонта.

*Метод периодической замены комплектов агрегатов.* В процессе эксплуатации однотипных дорожных машин детали одной и той же номенклатуры изнашиваются при определенных условиях работы почти одинаково через равные периоды времени. Исходя из условий одинакового износа однотипных деталей, машину конструктивно расчленяют на определенное количество ремонтных единиц, состоящих из нескольких узлов и деталей. Ремонтные единицы с одинаковыми сроками службы группируют в ремонтные комплекты. Например, трактор Т – 130 может быть расчленен на три комплекта: в первый (К-1) входят катки и натяжные колеса; во второй (К-2) -двигатель, радиатор, муфты поворота, муфта сцепления, тележки с натяжным устройством, катками, натяжными колесами и гусеница в сборе; в третий (К-3) -корпус заднего моста с муфтой поворота, муфтой сцепления и коробкой передач, бортовой редуктор, механизмы управления, рессоры и кабина.

Срок службы ремонтных комплектов устанавливается кратным сроку службы наименее стойкого комплекта. Срок службы комплекта К-1-1500 ч, К-2-3000 ч, К-3-6000 ч.

Ремонт трактора путем замены комплектов производится после выполнения машиной определенного числа машино-часов. Установлены четыре плановых ремонта: Р-1, Р-2, Р-3, Р-4. В объем плановых ремонтов входит замена ремонтных комплектов, регулировка и испытание машины в целом. Ремонт Р-1 производится через 1500 ч работы машины и заключается в замене комплекта К-1. Ремонт Р-2 выполняется через 3000 ч работы. При этом заменяются комплекты К-1 и К-2. Ремонт Р-3, при котором заменяется комплект К-1, производится через 4500 ч работы машины, а ремонт Р-4 – через 6000 ч работы. При ремонте Р-4 заменяются все три комплекта (К-1, К-2, К-3).

Комплекты заменяют принудительно по истечении определенного количества часов работы. Разборочно-сборочные работы по снятию и установке ремонтных комплектов производят в эксплуатационных условиях, а ремонт комплектов выполняют на ремонтных заводах или в центральных ремонтных мастерских. Снятие и установку на машину ремонтных комплектов, отправку их на ремонтные предприятия, получение отремонтированных комплектов,

регулировку и испытания машин при ремонте осуществляют силами дорожных организаций, эксплуатирующих машины. Для проведения этих работ организуют шефмонтажные летучки, в обязанность бригад которых входит замена и транспортировка комплектов отремонтированных агрегатов с ремонтных предприятий к месту эксплуатации машин. При таком методе устраняются простои машин, вызванные транспортировкой их на ремонтные предприятия, снижается себестоимость и улучшается качество ремонта. По отчетным данным при таком методе продолжительность капитального ремонта трактора на базе трактора Т – 130 составляет 5-7 дней вместо 30 дней в заводских условиях.

*Доставочно-обменный метод капитального ремонта машин.* Сущность его заключается в том, что машины, требующие капитального ремонта, заменяются в эксплуатационных хозяйствах заранее отремонтированными на ремонтном заводе или центральных ремонтных мастерских машинами из обменного фонда. Отремонтированные машины доставляют в дорожные хозяйства в основном непосредственно на участок строительства дороги, а требующие ремонта на ремонтные предприятия по графику транспортными средствами ремонтного предприятия. При таком методе требующую ремонта машину не снимают с объекта до тех пор, пока прибывшая с ремонтного предприятия отремонтированная машина не будет полностью подготовлена к работе и опробована перед началом эксплуатации. Ремонт машин таким образом позволяет осуществлять дорожно-строительные работы без перерыва.

Доставочно-обменный метод капитального ремонта машин является наиболее экономичным из всех применяемых методов ремонта. Например, средний экономический эффект от внедрения доставочно-обменного метода ремонта машин при готовой мощности предприятия 100 капитальных ремонтов тракторов составил 3000 руб. на каждый ремонт по сравнению с методом периодической замены комплектов агрегатов.

Кроме экономической целесообразности, этот метод имеет и другие преимущества:

- все ремонтные работы, включая демонтажно-монтажные, выполняются на одном ремонтном предприятии, вследствие чего создаются условия для повышения производительности труда и увеличения выпуска продукции, а шефмонтажные летучки полностью освобождаются от выполнения демонтажно-монтажных работ в полевых условиях;

- сокращение времени пребывания машин в ремонте, ожидание ремонта и отправки повышает коэффициент готовности машинного парка.

В настоящее время проводится большая работа по организации агрегатно-доставочного ремонта, при котором доставку отремонтированных агрегатов, их замену и транспортировку производят ремонтные заводы, центральные ремонтные мастерские и производственные ремонтные базы.

*Ремонтные мастерские дорожных организаций.* В зависимости от объема и характера выполняемых работ в дорожных организациях существуют следующие типы предприятий по обслуживанию и ремонту дорожных машин:

а) мастерские дорожных ремонтно-строительных участков (ДРСУ) и линейных управлений автомобильных дорог. Эти мастерские в основном предназначены для проведения технического обслуживания и текущего ремонта простых дорожных машин, закрепленных за участком. Производственная программа ремонтов составляет от 100 до 200 тыс. руб. в год. Мастерские могут иметь отделения: разборочно-сборочное, слесарно-механическое, сварочное. В состав мастерской входит также склад материалов, запасных частей и инструментов;

б) мастерские дорожных ремонтно-строительных управлений, карьеров и производственно ремонтные базы (ПРБ) с передвижными ремонтными средствами. Эти мастерские предназначены для проведения ТО и текущего ремонта простых и средней сложности машин, находящихся в распоряжении дорожной организации, и капитального ремонта простых машин при наличии оборотного фонда агрегатов. Передвижные ремонтные средства предназначаются для ТО, текущих и аварийных ремонтов а также для транспортирования узлов и агрегатов на ремонтные предприятия и с ремонтных предприятий к месту эксплуатации машин. Производственная программа ремонтов может составлять до 1 млн. руб. в год. В состав мастерской входят: разборочно-сборочный, слесарно-механический, кузнечно-термический, сварочный участки; участок по ремонту электрооборудования; склад масел и красок; склад запасных частей и инструментов. Мастерские должны иметь оборотный фонд узлов и агрегатов;

в) центральные ремонтные мастерские (ЦРМ) производственных управлений автомобильных дорог при базах механизации с объемом работ от 200 до 400 капитальных ремонтов в год. Центральные ремонтные мастерские предназначены для выполнения текущего ремонта сложных дорожных машин, капитального ремонта простых и средней сложности машин. Кроме того, мастерские ремонтируют сменные комплекты, агрегаты, изготавливают поковки и металлоконструкции. В своем составе имеют передвижные ремонтные средства для осуществления агрегатного метода ремонта машин в подведомственных дорожных организациях. Производственная программа ремонтов может составлять до 20 млн. руб. в год. В состав ЦРМ входят участки: разборочно-сборочный, слесарно-механический, кузнечно-термический, медницкий, сварочно-наплавочный, по ремонту навесного оборудования, гидро- и пневмосистем, электрооборудования, мойки и очистки деталей, контрольно-сортировочный, реставрации деталей, окраски машин и агрегатов и др. Кроме того мастерская имеет: профилакторий, испытательную станцию, инструментально-раздаточную кладовую, склады материалов и запасных частей, административно-бытовые помещения.

## 1.9 Расчет рамы трактора Т-130 с роторным снегоочистителем в системе автоматизированного проектирования АПМ WinMachine

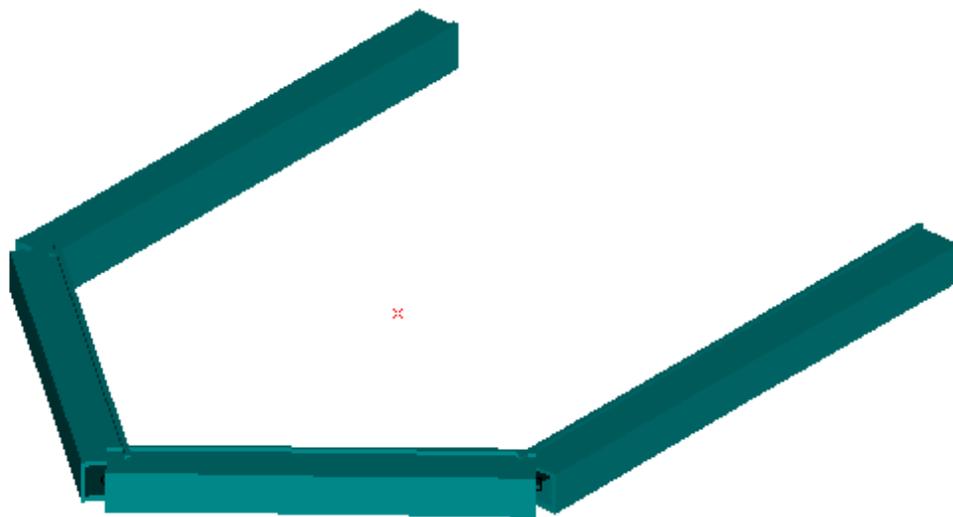


Рисунок 2.7. Модель рамы трактора

Рама (рисунок 2.7, 2.8) выполнена из стали 09Г2С, имеющей следующие характеристики: плотность  $7800 \text{ кг/м}^3$ ; модуль Юнга  $210000 \text{ МПа}$ ; коэффициент Пуассона  $0.300$ ; предел текучести –  $320 \text{ МПа}$ .

Поперечное сечение рамы трактора (рисунок 2.9) имеет следующие параметры:

Площадь  $29788.51 \text{ мм}^2$ ;

Центр масс:  $X=138,460$ ;  $Y=-66.180 \text{ мм}^2$ ;

Момент инерции

относительно оси  $X$   $267153716.35 \text{ мм}^4$ ;

относительно оси  $Y$   $313252277.69 \text{ мм}^4$ ;

полярный  $580405994.03 \text{ мм}^4$ .

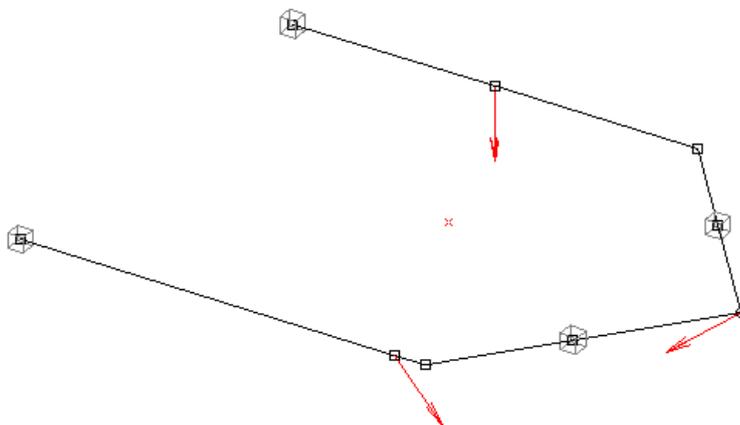


Рисунок 2.8. Расчетная схема рамы трактора

Нагрузки на узлы конечно-элементной модели, согласно расчетной схеме, указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Нагрузки на узлы

N	Тип	Номер узла	Проекции			Модуль
			на x	на y	на z	
0	сила, Н	1	160000.00	120000.00	-114000.00	230208.60
1	сила, Н	7	0.00	0.00	-23000.00	23000.00
2	сила, Н	8	-20000.00	0.00	-23000.00	30479.50

Угол наклона главных центральных осей -0.00 град

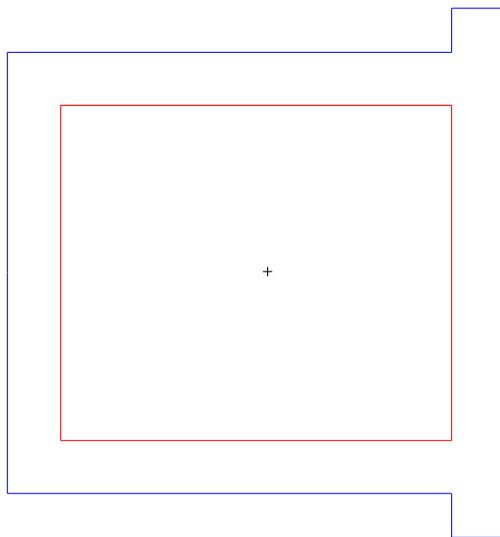


Рисунок 2.9. Поперечное сечение рамы трактора в носовой части

Результаты расчетов на статическую прочность приведены в таблице 2.2. Общая масса конструкции 1577.06 кг. Эпюра максимального изгибающего момента в плоскости XY [Нхм] показана на рис.4:  $M_{MAX}=51,2$  кНхм. Эпюра максимального изгибающего момента в плоскости XZ [Нхм] показана на рис.5:  $M_{MAX}=250$  кНхм. Максимальное перемещение 10.36 мм (рис.6). Максимальное напряжение 119.6 МПа. Распределение полей напряжений в опасном сечении оси показано на рисунке 2.10.

Таблица 2.2.

Перемещения узлов

N	Линейное перемещение [мм]			Угловое перемещение [Град]		
	x	y	z	x	y	z
0	0	10.3	0	0	0.00484	0
1	-0.206	9.96	-1.42	0.00012	-0.103	0.0109
2	-0.0111	10.1	0.54	-0.0126	-0.00301	0.00639
3	-0.0814	10.1	0	-0.0164	-0.0578	0

4	0	0	0	0	0.0148	0
5	0.0882	9.62	0.483	0.00382	-0.00982	-0.123
6	-0.72	10.3	0	0.0114	-0.0611	0
7	-0.00556	10.3	0.231	-0.00629	0.0132	0.00319
8	0.0807	9.01	0.513	0.00352	-0.00452	-0.156

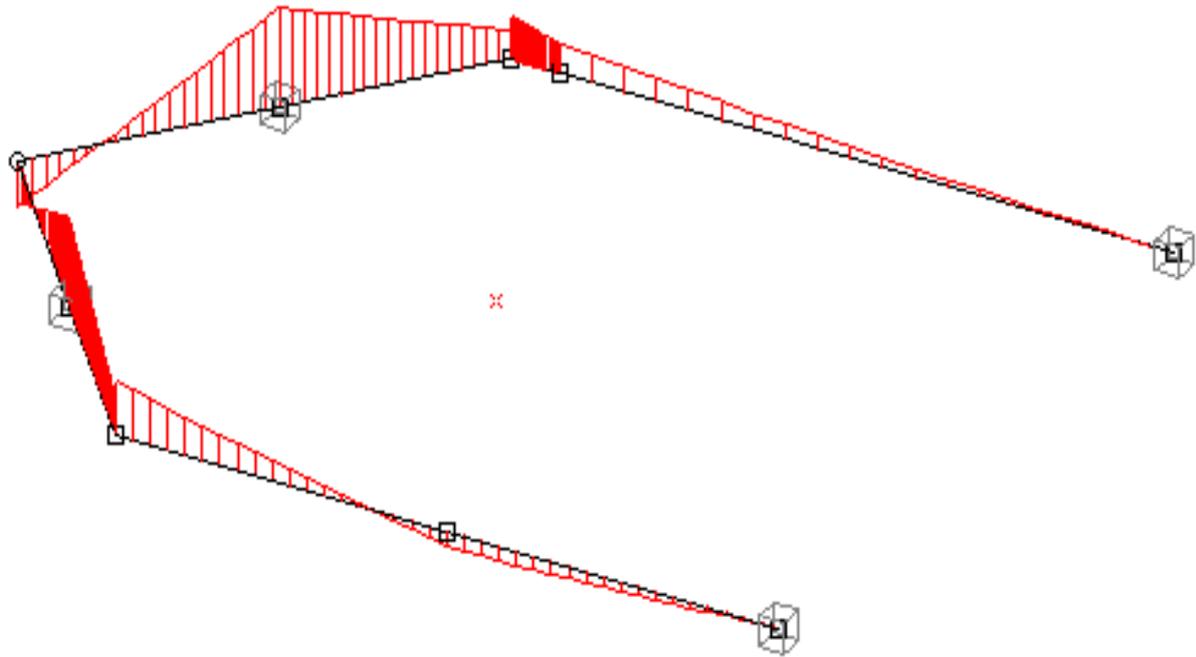


Рисунок 2.10. Эпюра изгибающего момента в плоскости XY

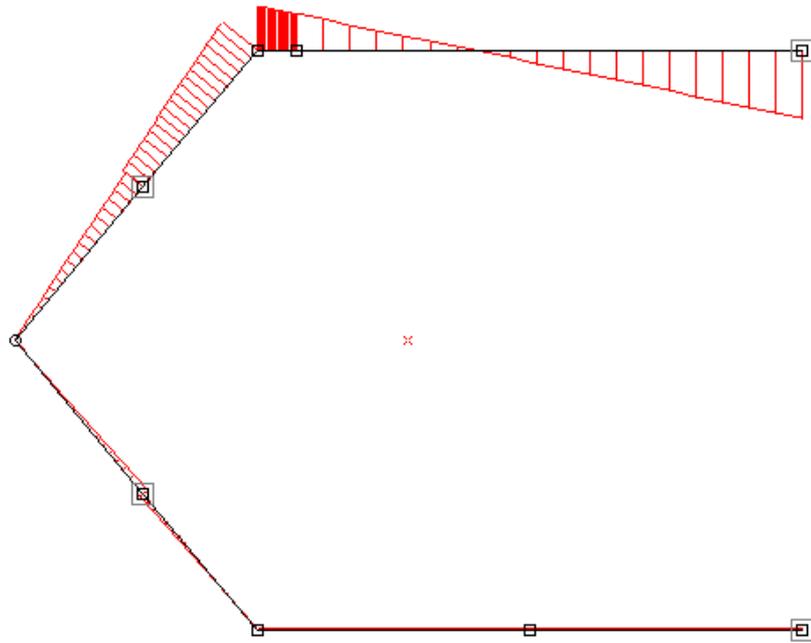


Рисунок 2.11. Эпюра изгибающего момента в плоскости XZ

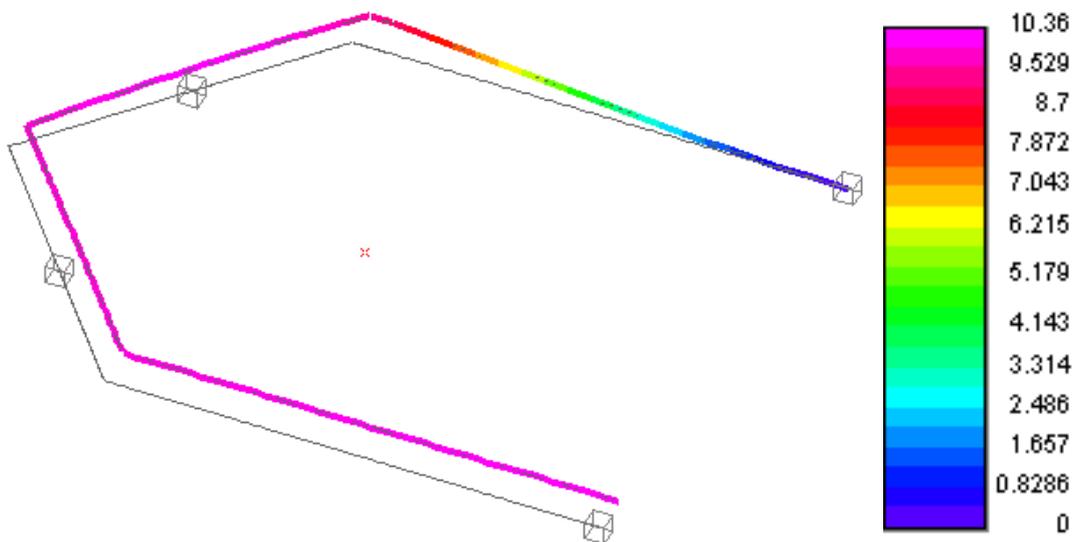


Рисунок 2.12. Карта перемещений, мм (масштабный коэффициент x30)

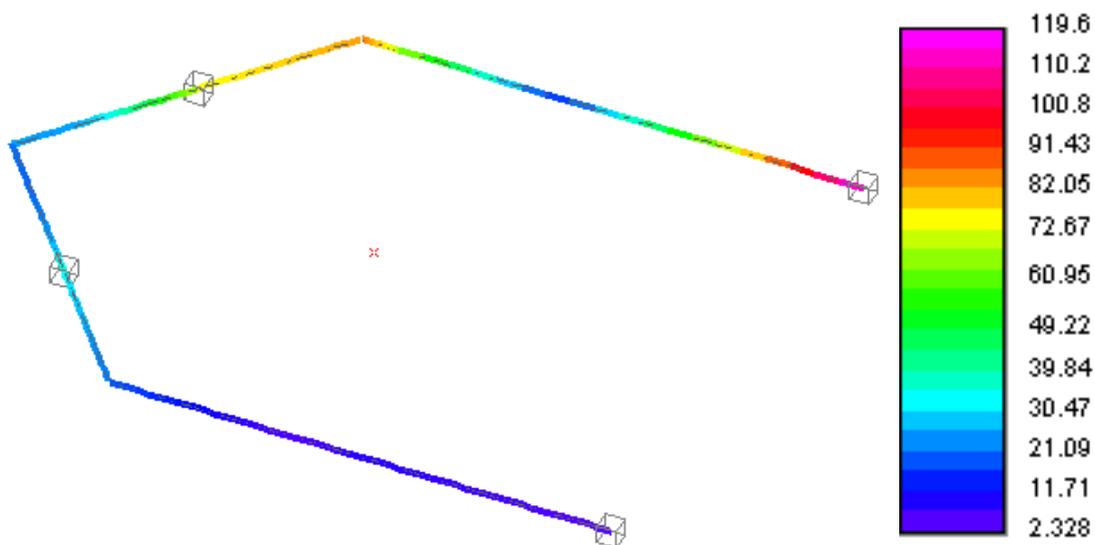


Рисунок 2.13. Карта напряжений, МПа

Таблица 2.3.  
Эквивалентное напряжение в раме трактора

N	Название	Узлы	Экв. напряжение
0	Rod 9	1,3	34.7
1	Rod 14	3,2	32.4
2	Rod 15	4,8	120
3	Rod 16	6,5	83.7
4	Rod 17	1,6	68.7
5	Rod 20	0,7	6.33
6	Rod 21	7,2	17.1
7	Rod 22	8,5	87.3

Таблица 2.4.  
Реакции в опорах

N	Узел	Сила [Н]			Момент [Н*м]		
		x	y	z	x	y	z
1	0	20478.2 304	0.0000	6995.60	2122.4919	-0.0000	-2160.6102
2	3	0.0000	-0.0000	83175.5	0.0000	0.0000	-35228.583
3	4	-160478	-120000	-1435.5	-642.1238	0.0000	245643.723
4	6	0.0000	0.0000	97526.3	0.0000	-0.0000	12838.7625

Запас прочности по пределу текучести:

$$n_T = [\sigma_T] / \sigma_{MAX},$$

где  $[\sigma_T]$  –предел текучести, для стали Ст3пс  $[\sigma_T] = 245$  МПа;

$$n_T = 245 / 120 = 2,04 > [n_T] = 1,4.$$

Условие прочности выполняется.

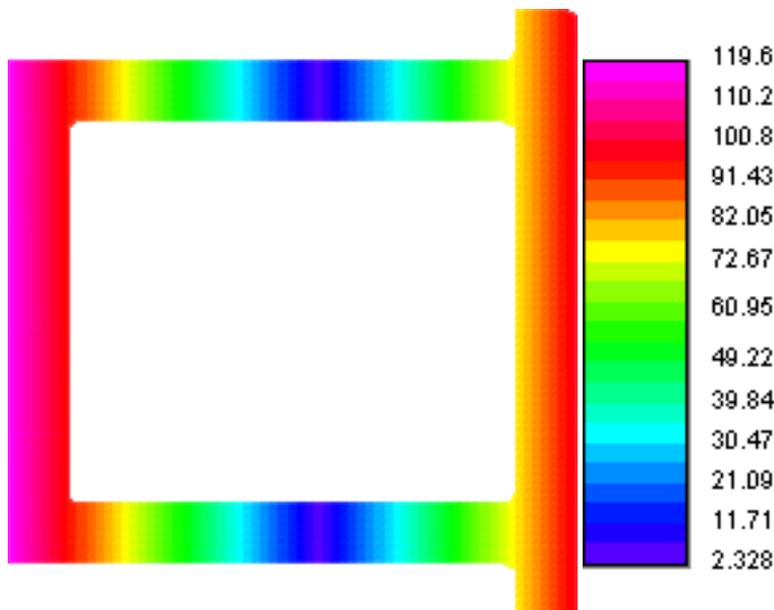


Рисунок 2.14. Распределение напряжений по поперечному сечению оси

## 1.10 Разработка системы управления рабочими органами трактора Т-

### 1.10.1 Аппаратура разрабатываемой системы

Разрабатываемая система состоит из следующих устройств:

- 1) Автоматической стабилизации угла наклона роторного снегоочистителя в широком диапазоне рабочих уклонов;
- 2) Контроля режима двигателя по нагрузке (оборотам).

Оба эти устройства связаны между собой таким образом, что при работе двигателя трактора в зоне оптимальных (по производительности) оборотов работает автомат стабилизации, обеспечивающий планирование продольного профиля обрабатываемой поверхности.

В случае возрастания усилия на рабочем органе до величины, вызывающей недопустимое снижение оборотов двигателя, прибор контроля отключает автомат стабилизации, одновременно подавая командный сигнал на автоматическое выглубление роторного снегоочистителя. Работа автомата стабилизации восстанавливается после увеличения оборотов двигателя до оптимальных.

В систему входит также датчик величины оборотов, при которых должно осуществляться выглубление роторного снегоочистителя вне зависимости от команды автомата стабилизации.

В аппаратуру входят: датчик углового перемещения ДУП-Р с поворотным устройством, датчик числа оборотов дизеля ДУС-ТГ, пульт управления ДБ-П, блок управления БУП-1, блок перегрузки БП (рисунок 2.15), реверсивный золотник с электрическим управлением ЗСУ-5, обратный клапан КО-36/70 и предохранительный клапан КП-70 (см. рисунок 2.16).

Датчик ДУП устанавливается в защитном кожухе на толкающем брусе трактора, датчик ДУС-ТГ закрепляется на специальной кронштейне и кинематически соединяется с приводом работомера.

Блок управления БУП-1 помещается в кабине тракториста и служит для дистанционного задания требуемого положения роторного снегоочистителя. Пульт управления помещается там же и служит для переключения управления рабочим органом с автоматического на дистанционное и обратно.

Реверсивные золотники и предохранительный клапан размещаются на специальной кронштейне, прикрепленном к задней стенке корпуса бортовых фрикционов трактора.

Обратный клапан устанавливается на реверсивных гидрозолотниках в нижних трубопроводах цилиндров и служит для уменьшения скорости опускания роторного снегоочистителя.

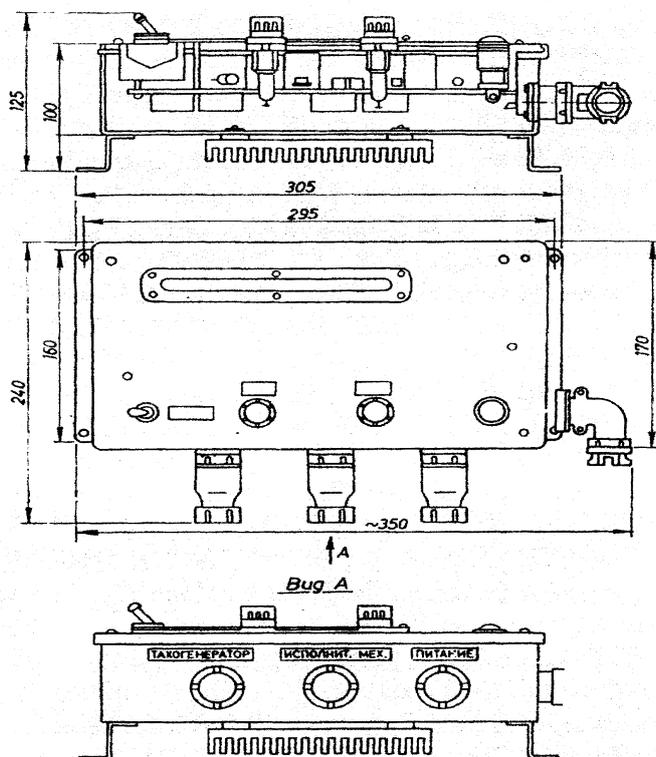
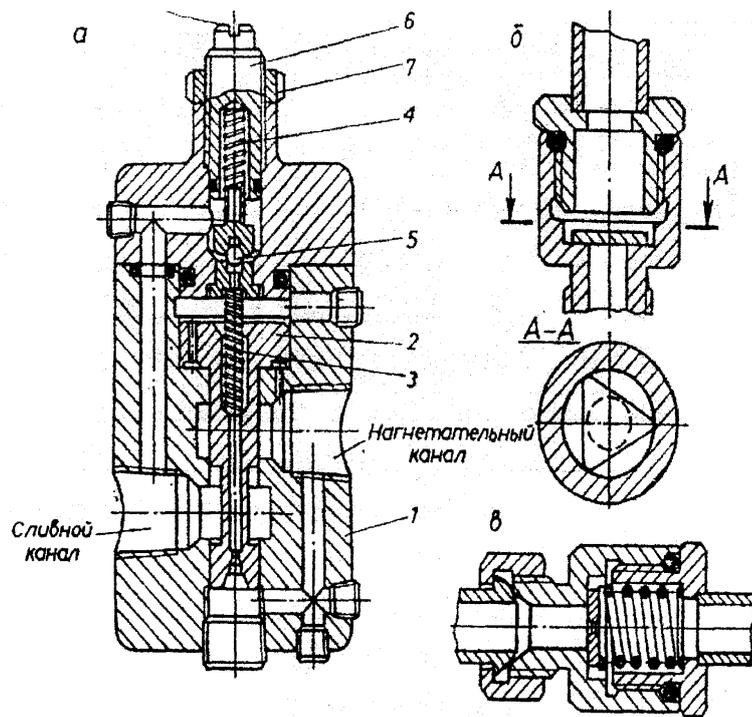


Рисунок 2.15. Блок перегрузки разрабатываемой системы.



а – предохранительный клапан: 1 – корпус; 2 – золотник; 3 и 4 – пружины; 5 – шарик (предохранительный клапан); 6 – регулировочный винт; 7 – гайка; б – обратный клапан; в – обратный клапан с дросселем.

Рисунок 2.16. Клапаны

### 1.10.2 Разработка схемы автоматической стабилизации угла наклона роторного снегоочистителя

Электрическая схема представлена на рисунок 2.17. В схеме применены: мультивибратор, собранный на транзисторах П16 ( $T5$  и  $T6$ ), включающий реле  $P2$  (типа РЭС-9); преобразователь постоянного напряжения для питания цепей смещения в схеме, состоящий из генератора переменного тока на транзисторах П25 ( $T9$  и  $T10$ ); выпрямители на полупроводниковых диодах  $D11$  и  $D12$ ; трансформатор  $TP$ .

Релейный элемент схемы из унифицированной системы логических элементов электроаппаратуры обладает релейной характеристикой «вход-выход» и предназначен для преобразования плавно изменяющегося входного напряжения, пропорционального оборотам коленчатого вала двигателя, в дискретный выходной сигнал установленного уровня.

Релейный элемент построен на основе двухкаскадного усилителя постоянного тока с положительной обратной связью. Обратная связь создается сопротивлением  $R3$  через делитель  $R9, R10, R12$ . За счет введения обратной связи достигается лавинообразный процесс нарастания выходного сигнала при увеличении входного сигнала до определенного значения.

Напряжение срабатывания релейного элемента регулируется в широких пределах изменением входного сопротивления  $R1$ .

Коэффициент возврата элемента может устанавливаться в пределах 0,88 – 0,9 потенциометром  $R10$ .

Двухкаскадный усилитель мощности собран на транзисторах: П16 ( $T3$ ) – первый каскад и П25 ( $T4$ ) – второй каскад.

В коллектор транзистора  $T4$  в качестве нагрузки включены реле типа РЭС-9 ( $P1$ ).

Телефонный ключ  $KL$  и кнопка «автомат» включены в схему по тому же принципу.

*Работа схемы.* Питание схемы осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12В.

При работающем двигателе трактора тахогенератор  $TГ$  вырабатывает напряжение, пропорциональное числу оборотов коленчатого вала двигателя. При максимальном числе оборотов дизеля отрицательный потенциал с тахогенератора  $TГ$  поступает на базу транзистора  $T1$  релейного элемента, который открывается. При этом на базу транзистора  $T4$  усилителя мощности поступает положительный потенциал и транзистор закрывается, реле  $P1$  обесточивается (отпускание и срабатывание реле  $P1$  регулируется в широких пределах сопротивлением  $R1$ ).

Автоматическая стабилизация углового положения толкающего бруса трактора осуществляется при включении кнопки КУ «автомат».

Напряжение в диагонали моста соответствует величине отклонения маятника от положения, заданного потенциометром «задатчика».

При малом (в пределах порога чувствительности) отклонении маятника н. о. контакты  $1P_2$ , реле  $P2$  разомкнуто, сигнал на базы транзисторов не подается. При больших отклонениях маятника реле  $P2$  срабатывает, контакт  $1P_2$  закрывается.

Отрицательный потенциал подается на базы транзисторов, которые открываются, электромагнит  $ЭМ1$  или  $ЭМ2$  срабатывает, перемещая плунжер, включающий гидропривод рабочего органа. Перемещение рабочего органа вверх или вниз зависит от знака напряжения в диагонали измерительного моста, т. е. от направления перемещения маятника датчика ДУП.

При уменьшении рассогласования до величины, при которой напряжение становится равным порогу отпускания реле  $PП$ , контакты его размыкаются, цепь базы транзисторов разрывается, ток эмиттера падает и гидропривод выключается.

При замкнутом состоянии  $1P_1$ , электромагнит 3 срабатывает, перемещая плунжер, включающий гидропривод рабочего органа.

При срабатывании реле  $1P_1$  или  $1P_2$ , электромагнит  $ЭМ1$  или  $ЭМ2$  срабатывает, в реверсивном золотнике происходит перераспределение жидкости для выравнивания той или иной части роторного снегоочистителя.

При повышении нагрузки на рабочий орган трактора обороты дизеля падают, и «при их уменьшении ниже величины, установленной потенциометром  $R1$ , реле  $P1$  срабатывает, его н.з. контакт  $IP1$  размыкается и питание к н.о. контактам  $PP_{II}$  или  $PP_{II}$  не подводится, т. е. отключается угловая стабилизация. Одновременно н. о. контакт  $IP2$  размыкается и питание поступает через мультивибратор.

Реле  $P2$  мультивибратора срабатывает с определенной частотой, регулируемой сопротивлениями  $R16$  и  $R19$ , включая или отключая н. о. контакт  $2P1$ .

Отрицательный потенциал с определенной частотой поступает на базы транзисторов  $T11$  и  $T12$ , открывая их. Электромагниты  $ЭМ1$  и  $ЭМ3$  реверсивных золотников включают гидропривод на подъем рабочего органа.

Для того чтобы предотвратить включение опускания роторного снегоочистителя с помощью ключа  $K$  во время перегрузки двигателя, цепи управления соответствующих транзисторов заблокированы контактами реле  $P1$ .

При восстановлении номинальных оборотов двигателя в результате снижения нагрузки на рабочем органе схема возвращается в исходное состояние: замыкается контакт  $IP1$  и восстанавливается работа узла стабилизации углового положения толкающего бруса.

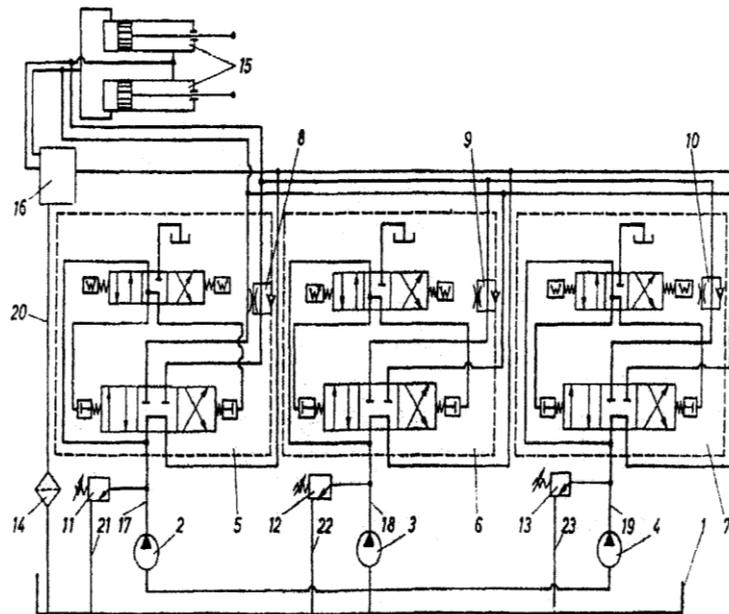
### 1.10.3 Гидравлическая схема и ее работа

Гидросхема разрабатываемой системы изображена на рисунке 2.18. Рассмотрим устройство реверсивного золотника с электрогидравлическим управлением.

*Реверсивный золотник* с электромагнитным управлением включается в гидравлическую систему трактора для автоматического управления гидроприводом роторного снегоочистителя.

Золотник (см. рисунок 2.19) трехпозиционный состоит из корпуса 1, плунжера 2, шайб 3, фланцев 5, сальниковых уплотнений 8, пружин 4 и электромагнитов постоянного тока 7.

Плунжер 2 перемещается в крайнее положение во время подачи питания на катушку электромагнита 7, который крепится на фланце 5 и в котором смонтированы сальниковые уплотнения. Просачивающееся масло из камер фланцев отводится через резьбовые отверстия, расположенные перед сальниковыми уплотнениями. С помощью пружин 4 плунжер устанавливается в среднее положение из любого крайнего при отсутствии питания в обмотках (выключении) электромагнитов. Точность установки обеспечивается отсутствием влияния одной пружины на другую, так как ход пружины ограничивается шайбой 3. Крепится золотник к трактору с помощью трех болтов М10. Для подсоединения золотника к гидравлической системе трактора служат резьбовые отверстия.



7 – бак; 2, 3 и 4 – насосы; 5, 6 и 7 – реверсивные золотники с электрогидравлическим управлением; 8, 9 и 10 – обратные клапаны с дросселем;

17, 12 и 13 – предохранительные клапаны; 14 – фильтр; 15 – гидроцилиндры подъема роторного снегоочистителя; 16 – гидрораспределитель ручного управления; 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 – трубопроводы.

Рисунок 2.18. Гидросхема разрабатываемой системы

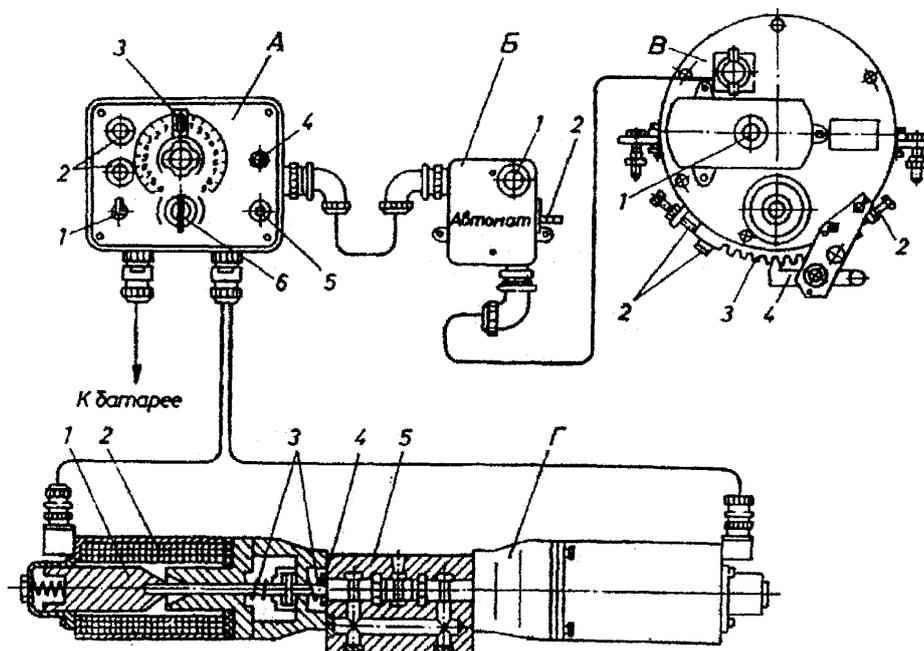
Предохранительный клапан предназначен для предохранения системы от перегрузки. Обратный клапан устанавливается на реверсивных золотниках и служит для уменьшения скорости опускания роторного снегоочистителя.

*Работа гидросхемы.* Если отсутствует электрический сигнал от маятникового датчика и датчика оборотов, золотники 5, 6 и 7 находятся в среднем положении, при этом рабочая жидкость, нагнетаемая насосами 2, 3, 4 по магистралям 17, 18, 19 и каналам золотников 5, 6, 7, через распределитель 16 по магистрали 20 сливается в бак 1.

*Работа схемы.* Питание схемы осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12В.

При работающем двигателе трактора тахогенератор *ТГ* вырабатывает напряжение, пропорциональное числу оборотов коленчатого вала двигателя. При максимальном числе оборотов дизеля отрицательный потенциал с тахогенератора *ТГ* поступает на базу транзистора *Т1* релейного элемента, который открывается. При этом на базу транзистора *Т4* усилителя мощности поступает положительный потенциал и транзистор закрывается, реле

$P1$  обесточивается (отпускание и срабатывание реле  $P1$  регулируется в широких пределах сопротивлением  $R1$ ).



А – блок управления; Б – пульт управления; В – датчик углового положения;

Г- реверсивный золотник.

Рисунок 2.19. Аппаратура разрабатываемой системы

При подаче электрического сигнала через блок стабилизации от маятникового датчика на правый или левый электромагнит золотник 5 перемещается, рабочая жидкость от насоса 2 по магистрали 17 и каналам золотника 5 подается в соответствующие полости рабочих цилиндров 15, а рабочая жидкость от насосов 3 и 4 по магистралям 18 и 19 через каналы золотников 6, 7 и распределитель 16 по магистрали 20 сливается в бак 1. Обратные клапаны с дросселем КО-36/70, установленные в трубопроводах нижних полостей гидроцилиндров, уменьшают скорость опускания роторного снегоочистителя.

При подаче электрического сигнала от датчика оборотов двигателя рабочая жидкость от трех насосов через золотники 5,6, 7 поступает к нижним полостям цилиндров 15.

Если максимальное давление в гидросистеме превышено, предохранительные клапаны 11, 12,13 срабатывают и рабочая жидкость от насосов 2,3, 4 по магистралям 21, 22,23 сливается в бак 1.

Ручное управление гидроприводом роторного снегоочистителя можно производить с помощью распределителя 16.

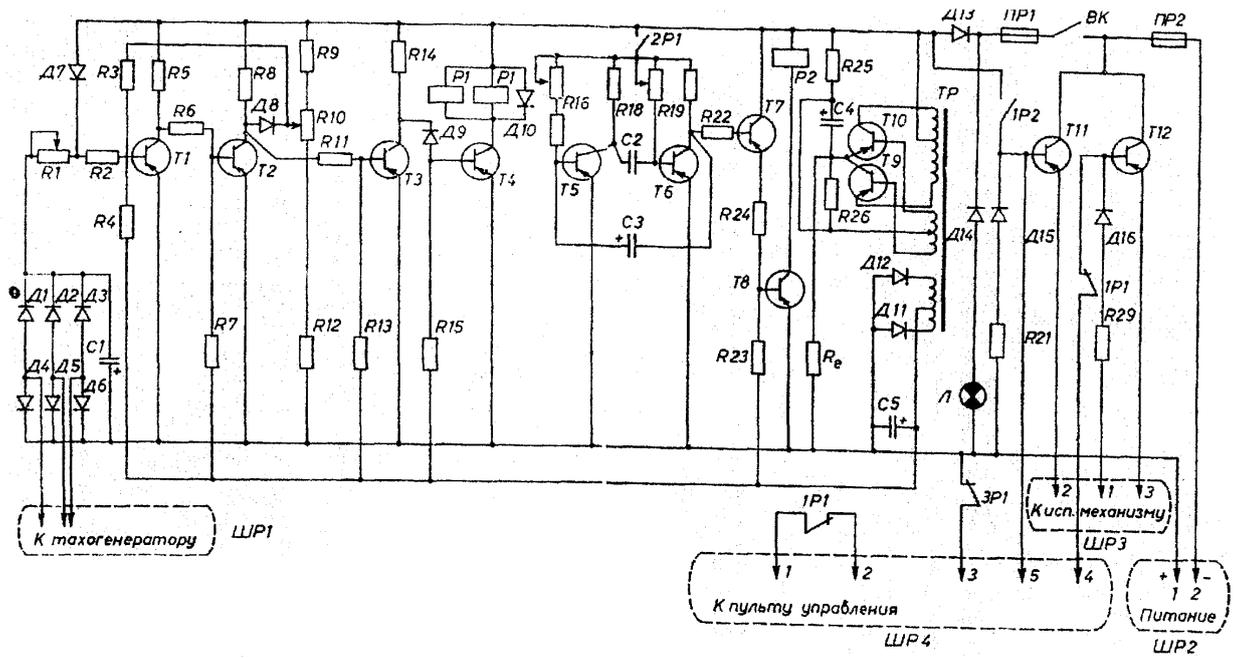


Рисунок 2.17. Электрическая схема разрабатываемой системы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе спроектирован роторный снегоочиститель на базе трактора Т – 130 со следующими техническими параметрами:

- мощность двигателя 134,6 кВт;
- номинальное тяговое усилие 121 кН;
- производительность роторного снегоочистителя  $107 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ;
- высота снегоочистителя 2700 мм.

С точки зрения производственной безопасности спроектированный трактор удовлетворяет виброизоляции сиденья бульдозера.

Все выше перечисленный фактор положительно влияют на состояние оператора, что способствует увеличению производительности, улучшению качества работ, а также меньшей утомляемости оператора.

Экономическое обоснование выявило перспективность производства роторного снегоочистителя на базе трактора Т – 130. Спроектированная машина по ряду технических показателей превосходит существующие аналоги.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

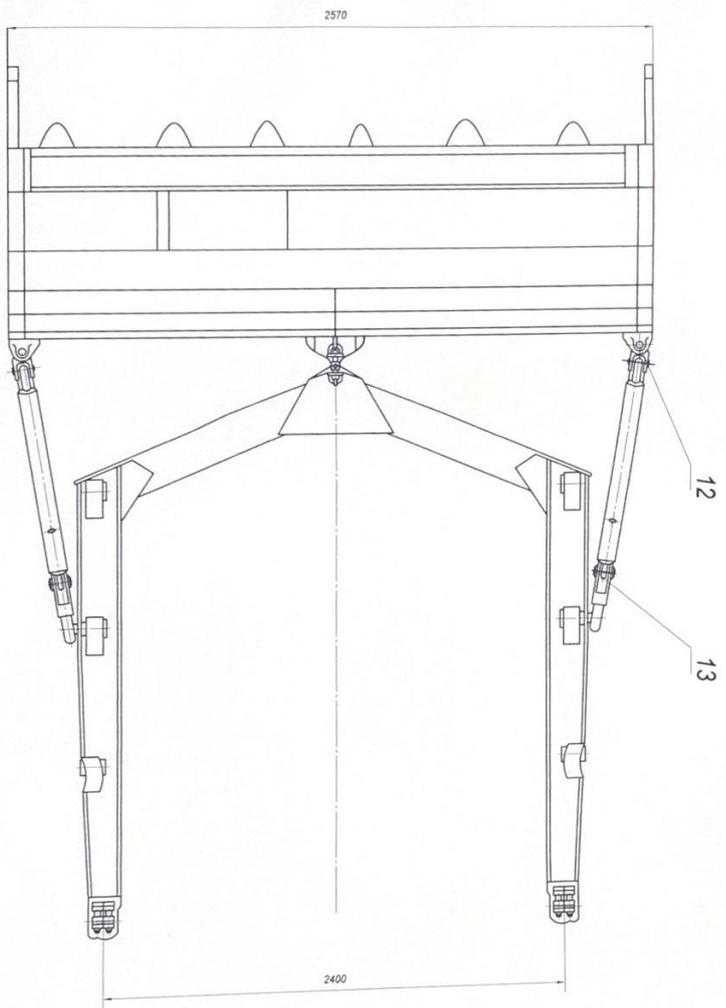
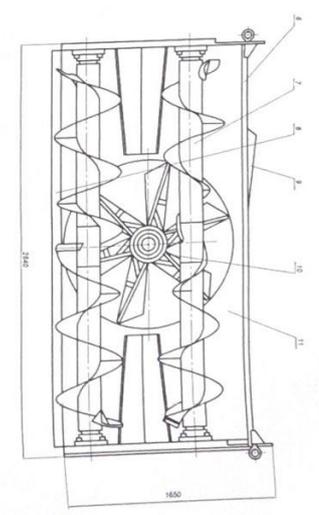
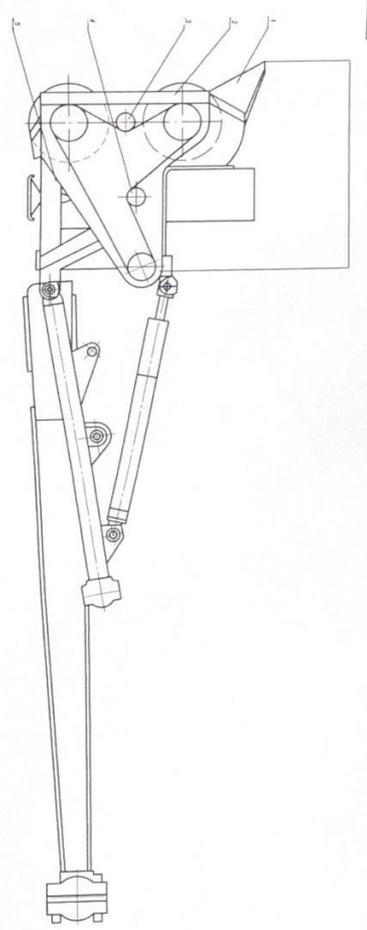
1. Проектирование машин для земляных работ. Богатырев А.М. М.: Высш. Шк. 1985 г, 298 с.
2. Хархута Н.Я., Капустин М.И. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет. Л., «Машиностроение», 1976 г.
3. Шмаков А.Т. Бульдозеры, скреперы, грейдеры в дорожном строительстве – М.:Транзит, 1991 г.
4. Абрамов Н.Н. Курсовое и дипломное проектирование по дорожно-строительным машинам. М., «Высш. школа», 1972 г.
5. Васильев А.А. Дорожно-строительные машины. Справочник. М., «Машиностроение», 1972 г.
6. Баловнев В.И., Ермилов А.Б. Дорожно-строительные машины и комплексы.
7. Методические указания по экономике. Для выполнения дипломных проектов, 1999 г.
8. Рабочие органы землеройных машин. Забегалов Г.В. – М.: Высш. Шк., 1986 г., 302.
9. Технике – экономическое обоснование дипломных проектов / под ред. В. И. Беклешова. – М.: Высш. Шк., 1991 г.



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ДР.ПТМ.15.21.05. 000	Сборочный чертеж	1	
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	ДР.ПТМ.15.21.05. 01	Рама	1	
		2	ДР.ПТМ.15.21.05. 02	Отвал	1	
		3	ДР.ПТМ.15.21.05. 03	Рама	2	
		4	ДР.ПТМ.15.21.05. 04	Раскос	2	
		5	ДР.ПТМ.15.21.05. 05	Проушина	6	
		6	ДР.ПТМ.15.21.05. 06	Проушина	2	
		7	ДР.ПТМ.15.21.05. 07	Средний нож	1	
		8	ДР.ПТМ.15.21.05. 08	Боковой нож	2	
				<u>Детали</u>		
		9	ДР.ПТМ.15.21.05. 001	Палец	8	
		10	ДР.ПТМ.15.21.05. 002	Штифт	8	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		11		Болт М30х20-011		
				ГОСТ7789-80	16	
		12		Болт М50х20-011		
				ГОСТ7789-80	14	
		13		Болт М90х45-011		
				ГОСТ7789-80	4	

ДР.ПТМ.15.21.05.000 СБ				
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Выполнил		Тулеуов А.К.		15.05
Проверил		Камзанов Н.С.		15.05
Н. контроль		Козбагаров Р.		16.05
Утв.		Машеков С.А.		20.05
Бульдозерное оборудование				
Литер.	Лист	Листов		
0	1	1		
КазНИТУ, кафедра «ТТ»				





### Технические требования

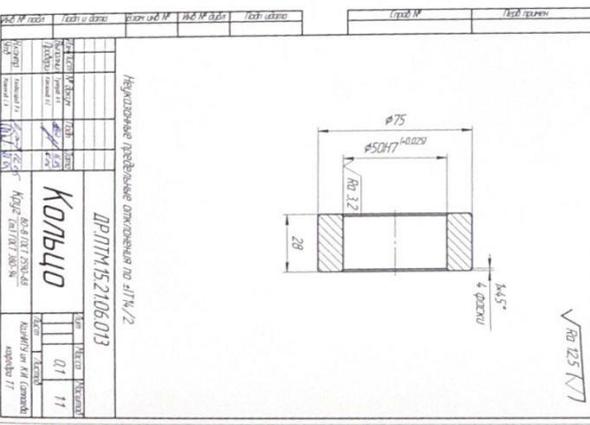
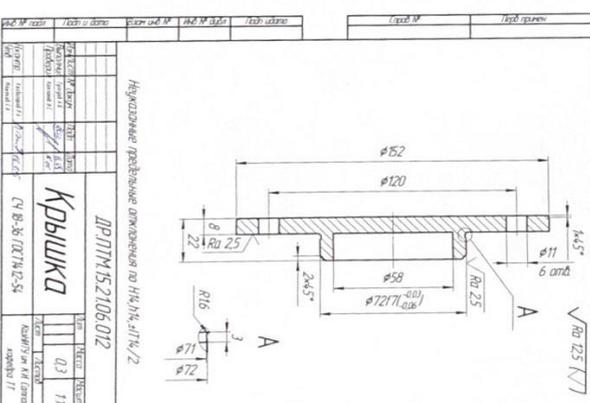
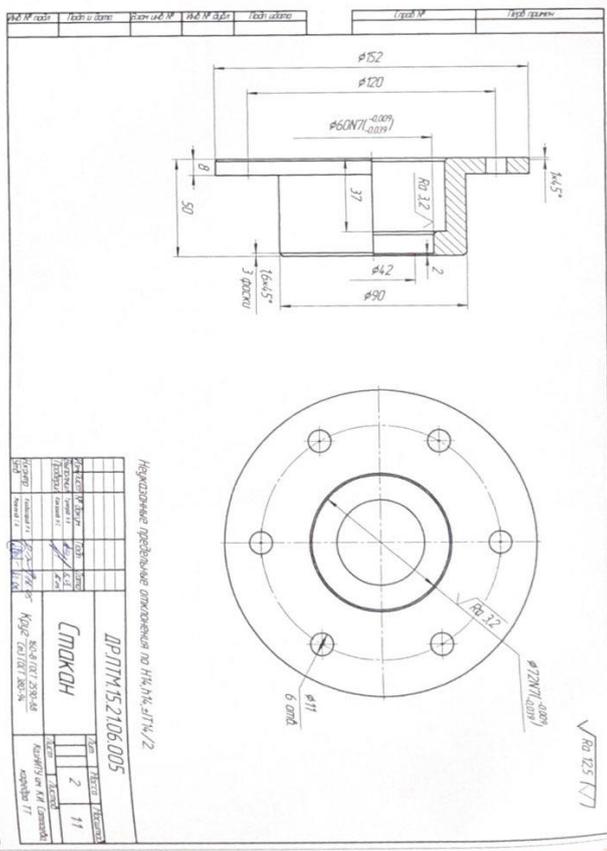
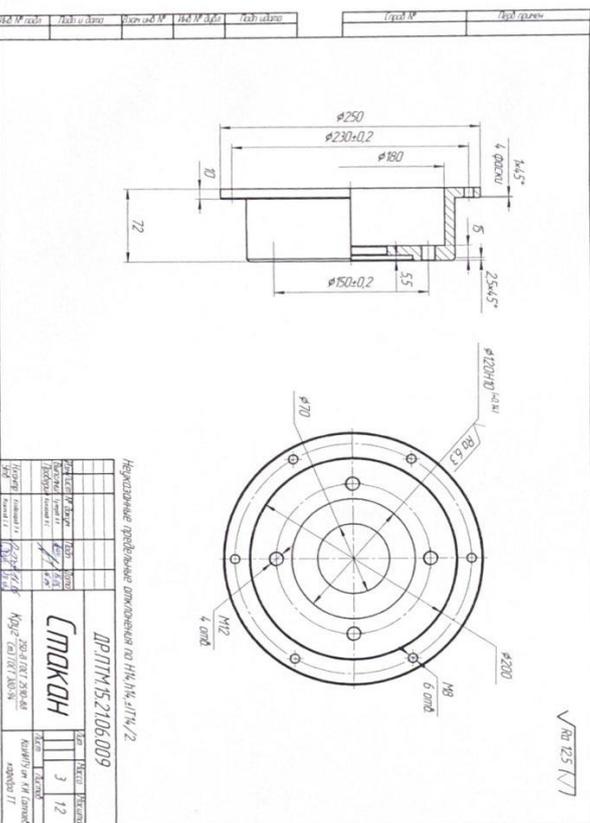
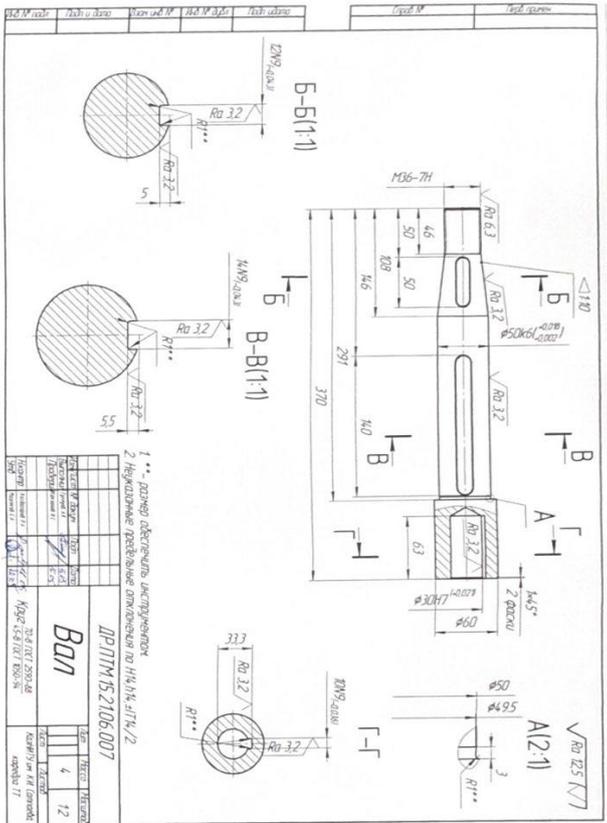
- 1. Размеры для справок
- 2. Несогласованность отверстий на кронштейнах не более 0,5 мм
- 3. При сборке в среде инертного газа допускается уменьшение качества швов на 10%
- 4. Допускается наличие сварочных брызг между ребрами на угловых позициях

ДРПМ 15.2105.000.01

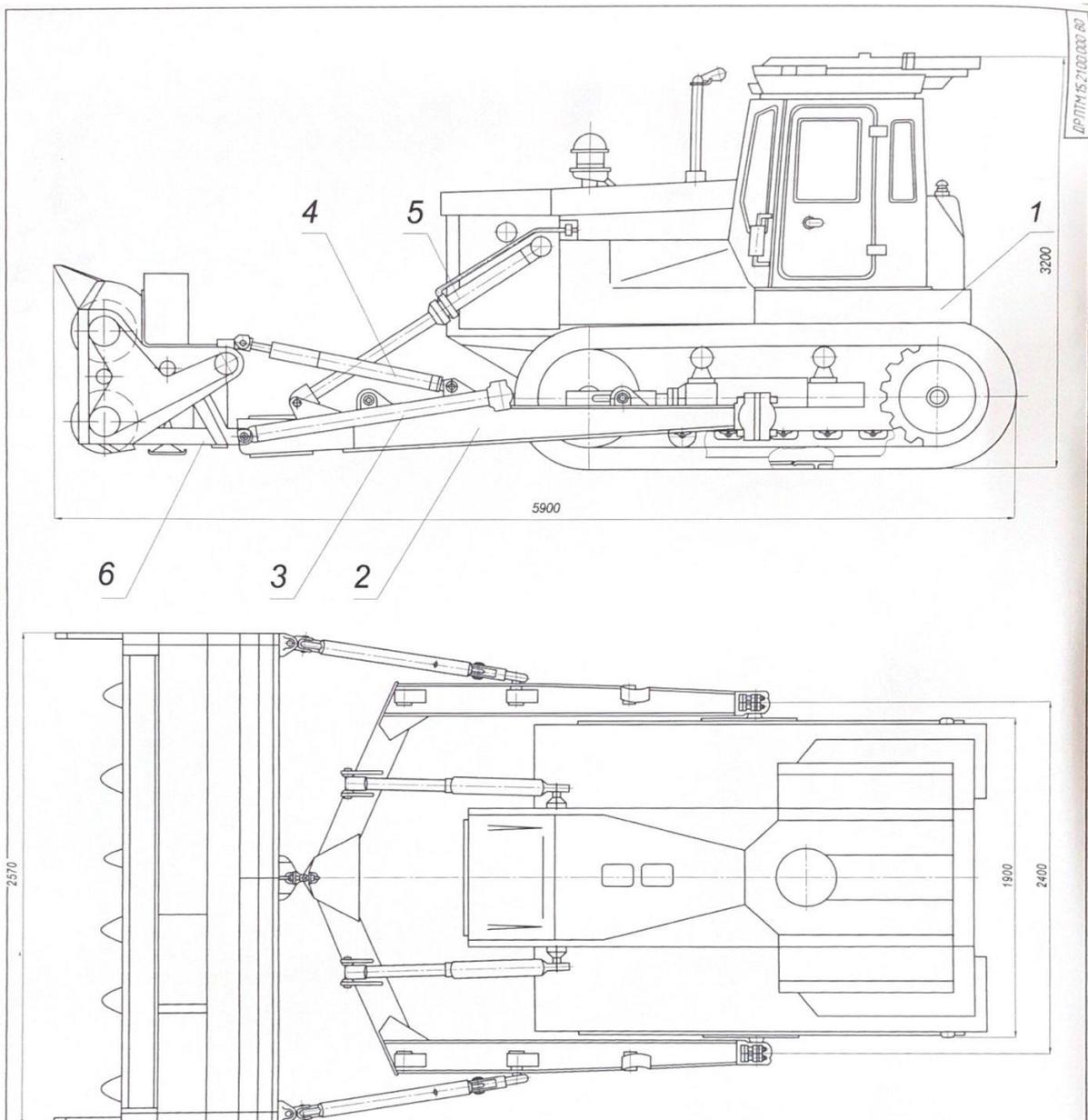
№	Изм.	Дата	Исполн.	Провер.	Содержание
1	1				Разработка конструкции деталей конструкции
2	2				Изменения
3	3				Изменения
4	4				Изменения
5	5				Изменения
6	6				Изменения
7	7				Изменения
8	8				Изменения
9	9				Изменения
10	10				Изменения
11	11				Изменения
12	12				Изменения
13	13				Изменения
14	14				Изменения
15	15				Изменения
16	16				Изменения
17	17				Изменения

Судя по МП ГИИ  
Корпус 17





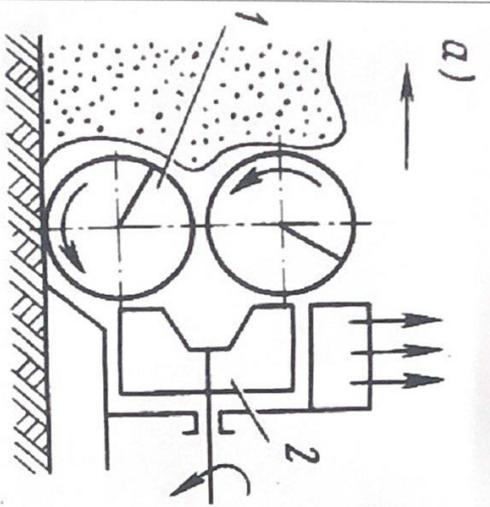




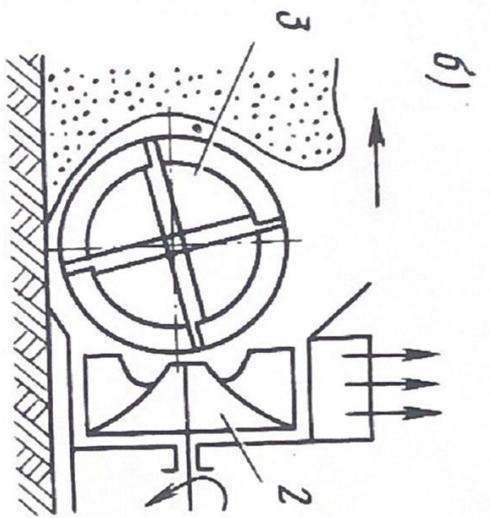
*Техническая характеристика*

Мощность двигателя 134,6 кВт;  
 Скорость подъема роторного снегоочистителя 0,2 м/с;  
 Средняя скорость перемещения:  
 транспортная 12,5 км/ч;  
 рабочая 0,5 м/с;  
 Масса машины 19,200 т;  
 Масса оборудования 395кг

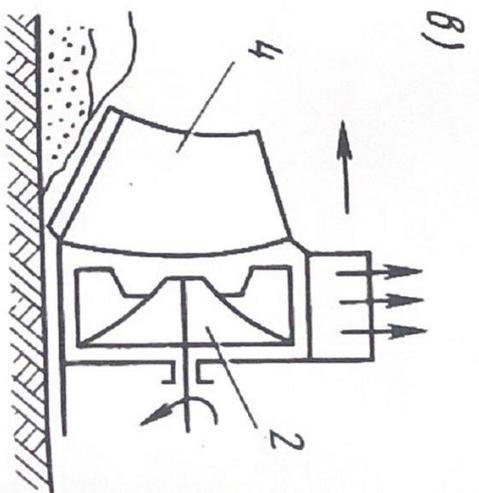
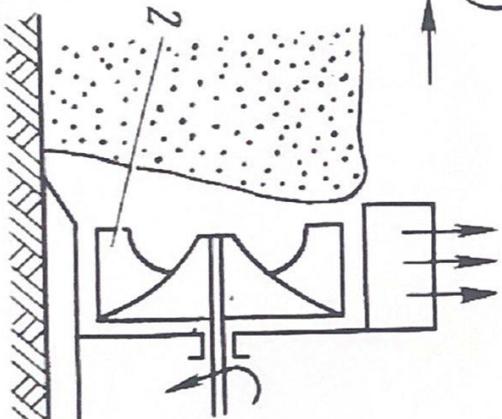
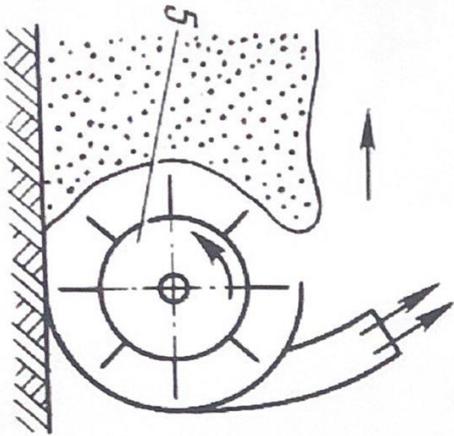
				ДР-ПТМ.15.2100.000 В0		
Созд.	Исп.	Исп.	Исп.	Роторный снегоочиститель на базе прототипа Т130	Масса	Масса
Составитель	Проектировщик	Проверенный	Исполнитель		19200	395
Составитель	Проектировщик	Проверенный	Исполнитель	Иллюстрация	Автоматизация и КИМ (См. приложение 7)	



2)



а)



Вид работы: Липовичная работа  
 Тема: Разработка съемного надежного оборудования для уборки снега в труднодоступных местах  
 Руководитель: Турецкий А.К.  
 Машинный: 58071300 - Транспорты  
 специальность: Транспорты  
 кафедра: Транспорты механика  
 Текст: Канзачной НС

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу  
(наименование вида работы)  
Тулеуов Алмас Кайратулы  
(Ф.И.О. обучающегося)  
5B071300 - Транспорт, транспортная техника и технологии  
(шифр и наименование специальности)

На тему: Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах

Выполнено:

- а) графическая часть на \_\_\_\_\_ листах
- б) пояснительная записка на \_\_\_\_\_ страницах

## ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

По рецензируемой работе имеются следующие замечания:

1. В пояснительной записке присутствуют не все ссылки на источники информации.
2. Не аккуратное оформление таблиц.

## Оценка работы

Несмотря на замечание, полагаю, что дипломная работа заслуживает оценки «хорошо» (88 баллов), а ее автор, Тулеуов Алмас Кайратулы, заслуживает присвоения квалификации бакалавра по специальности 5B071300- «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Рецензент

Директор ТОО «Алматы-Достык Экспресс»

(подпись, уч. степень, звание)

С. Бекетов

(подпись) Ф.И.О.

«17» мая 2019г.

**Отзыв научного руководителя**

*Дипломная работа*

(вид работы)

*Тулеуов Алмас Кайратулы*

(ф.и.о. студента)

*5B071300- Транспорт, транспортная техника и технологии*

(шифр и наименование специальности)

**Тема:** *Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах*

*Тулеуов Алмас Кайратулы, в процессе выполнения дипломной работы в полной мере использовал знания, полученные в университете. Работа выполнена в соответствии с заданием кафедры.*

*В работе необходимые расчеты были выполнены в полном объеме, все чертежи выполнены в соответствии с требованиями ГОСТа. Кроме того, были проведены и обследованы патентные поиски сменных навесных оборудования бульдозеров для уборки снега. Предлагаемая конструкция повысит эффективность работы. В связи с этим были сделаны подробные расчеты.*

*Представленная на защиту дипломная работа показывает уровень подготовки автора Тулеуова А.К. В связи с этим Тулеуов А.К. заслуживает присвоение академической степени «бакалавр» по специальности 5B071300- «Транспорт, транспортная техника и технологии» и его работу рекомендую к публичной защите.*

**Научный руководитель**

**Магистр технических наук, лектор**  
(должность, научная степень)

  
(подпись)

**Н.С. Камзанов**  
Ф. И. О.

**«17» мая 2019г.**

## Отчет подobia



Университет:	Satbayev University
Название:	Разработка сменного навесного оборудования бульдозера для уборки снега в труднодоступных местах
Автор:	Тулєуов Алмас Кайратулы
Координатор:	Нурбол Камзанов
Дата отчета:	2019-05-17 09:08:01
Коэффициент подobia № 1: ?	<b>16,3%</b>
Коэффициент подobia № 2: ?	<b>5,5%</b>
Длина фразы для коэффициента подobia № 2: ?	<b>25</b>
Количество слов:	7 540
Число знаков:	55 483
Адреса пропущенные при проверке:	.
Количество завершенных проверок: ?	64

**К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста,**