

**Міністерство освіти і науки Україна**  
**Вінницький національний аграрний університет**

**Інженерно-технологічний факультет**

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ  
Завідувач кафедри агроінженерії та  
технічного сервісу, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ І.В. Гунько  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему «УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗВАНТАЖУВАЧА**  
**АВТОМОБІЛЯ-САМОСКИДА»**

**ДП.208.9-2.001.00 ПЗ**

Виконав: студент групи АІ- 42ст  
\_\_\_\_\_ Мельник В.В.  
Керівник: д.т.н., проф.  
\_\_\_\_\_ Веселовська Н.Р.

2022 р.

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний аграрний університет

Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри АІ та ТС, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ І.В. Гунько  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт

студенту \_\_\_\_\_ Мельнику Віталію Вікторовичу  
на тему Удосконалення конструкції розвантажувача автомобіля-самоскида  
затверджену наказом № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2022 р.

Термін подання дипломного проєкту на кафедру для попереднього захисту \_\_\_\_\_ 2022 р .

Вихідні дані до дипломного проєкту: схема.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ.

1. Аналіз відомих технічних рішень.
2. Конструкторський розділ.
3. Технологічна частина

Висновки.

Список використаної літератури.

Додатки.

---

Перелік графічного матеріалу:

- 1 Аналіз існуючих конструкцій .
2. Складальне креслення .
3. Розрахункова схема. 3D модель.

Завдання видано

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ В.В.Мельник  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Н.Р.Веселовська Н.Р., д.т.н., професор  
(підпис)

## АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті проводиться удосконалення конструкції гідравлічного привода для розвантаження автомобілів-самоскидів. У першому розділі проводиться аналіз варіантів конструкторського виконання пристосування та вибір з них найбільш оптимального.

У конструкторській частині проводиться розрахунок гідравлічної схеми.

У технологічній частині розроблено маршрут механічної обробки і креслення заготовки кришки, а також розраховано припуски на механічну обробку та режими різання.

Робота включає в собі 6 таблиць та 12 рисунків.

## ANNOTATION

In this diploma paper is to the development of a hydraulic drive of for unloading dump trucks. The first section analyzes the implementation of adaptation options for of the design and selection are the most appropriate.

In the design of the hydraulic circuit is calculated.

In the technological route of the developed machining billet covers and drawings, as well as calculated allowances for machining and cutting conditions.

The work includes a 6 tables and 12 figures.

# ЗМІСТ

## ВСТУП

### 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз відомих конструкцій приводів розвантажувачів автомобіля-самоскида

1.2 Спосіб розвантаження кузова вантажного автомобіля без перекидання кузова

1.3 Автомобілі-самоскиди . Основні компоновальні схеми сучасних автомобілів-самоскидів

### 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Розробка конструкції приводу автомобіля-самоскида

2.2 Вибір схеми гідроприводу

2.3 Розрахунок параметрів та вибір гідронасоса

2.4 Розрахунок втрат тиску в гідро лініях та підбір гідроліній

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вихідні дані

3.2 Розробка маршруту механічної обробки

3.3 Розрахунок режимів різання

### ВИСНОВКИ

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

### ДОДАТКИ

## ВСТУП

Одним із найважливіших завдань сучасного машинобудування являється прискорення науково-технічного прогресу. Велика роль у вирішенні цієї задачі належить галузям промисловості, які створюють сучасні гідравлічні приводи.

Застосування гідравлічного приводу дозволяє створювати прогресивні конструкції машин, розширювати можливості автоматизації виробництва. Масштаби застосування гідравлічних приводів безперервно зростають.

Витрати на обслуговування і ремонт пристроїв цілком окупається економічним ефектом їх застосування.

В нинішній час гідроприводи широко застосовують в багатьох галузях техніки: в метало-ріжучих верстатах, автоматах і агрегатах; в ковальсько-пресовому обладнанні; у водному транспорті; в шахтарському і гірничорудному обладнанні; в транспортних машинах; в дорожніх і підйомно-завантажувальних машинах; в авіаційній і ракетній техніці; в сільськогосподарських машинах; в радіолокаційній техніці; в маніпуляторах.

Широке застосування гідроприводів в багатьох галузях техніки обумовлюється тим, що вони мають значні переваги перед електроприводами і механічними передачами аналогічного призначення. Це такі переваги, як можливість плавного безступеневого регулювання, порівняно широкий діапазон регулювання, швидкодія і висока точність відпрацювання сигналів, високий коефіцієнт підсилення потужності, передачі великих потужностей при малих габаритних розмірах і масі гідромашин, простота перетворення одного виду руху в інший, надійне обмеження в заданих границях величин навантажень, які виникають в елементах машини, простота захисту обладнання від недопустимих навантажень.

Метою даного дипломного проекту є розробити привід розвантажувача автомобіля-самоскида.

Завданням роботи є проаналізувати варіанти розвантажувачів автомобілів-самоскидів та обрати найбільш оптимальний. Далі виконати його складальне креслення та провести низку проєктних розрахунків.

## 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

### 1.1 Аналіз відомих конструкцій приводів розвантажувачів автомобіля-самоскида

Автомобіль-самоскид це спеціалізований вантажний автомобіль, призначений для масових перевезень насипних (навалювальних) вантажів. До появи самоскидів ці вантажі, як і інші, перевозили на універсальних бортових автомобілях загальнотранспортного призначення з дерев'яною платформою. Навантаження й розвантаження здійснювалася вручну лопатами або вилами, що вимагало великих витрат сил і часу, до того ж дерев'яні платформи швидко зношувалися. Поступово з розвитком конструкцій вантажних автомобілів з'явилися різні варіанти схем саморозвантажних автомобілів, додаткових пристосувань, пристроїв і механізмів, призначених для розвантаження кузовів вантажних автомобілів[1].

### 1.2 Спосіб розвантаження кузова вантажного автомобіля без перекидання кузова

Механізація навантажувально-розвантажувальних робіт прискорює процеси навантаження і розвантаження, скорочуючи час простою автомобілів, покращує б умови праці і підвищує його продуктивність, знижує собівартість робіт і потреба в робочій силі.

Засоби механізації повинні бути вибрані так, що био ні давали найбільший ефект.

Вибір засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт залежить від характеру вантажу (навалювальний, тарноупаковочний, наливний), його фізичних властивостей, розміру і характеру вантажообігу, типу рухомого складу. Можна виділити наступні основні групи механізмів для вантажно-розвантажувальних робіт [1]:стаціонарні;пересувні;монтовані на автомобілі.

Застосовується також найпростіша механізація робіт, полегшує працю при ручній вантаження і розвантаження вантажів.

Нижче наводяться приклади деяких конструкцій, що використовуються для розвантаження вантажних автомобілів з бортовим кузовом.

На рисунку 1.1 показаний поздовжній автомобілеперекидач з підйомом автомобіля від ручної або електричної талі.

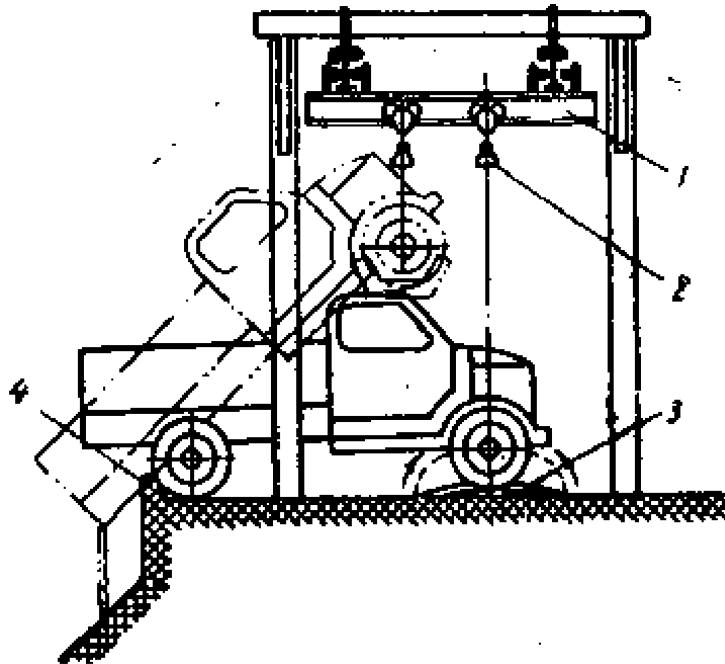


Рисунок 1.1- Поздовжній автомобілеперекидач з підйомом автомобіля від ручної або електричної талі.

Він складається з підвісної кран-балки 1, обладнаної пересувним електротельфером 2, підхоплення 3 для передніх коліс, напольного бруса 4 задніх коліс для точної установки автомобіля по відношенню до зсипні буртом.

Найбільший кут підйому автомобіля зазвичай не перевищує 30-35°, до появи течі палива і масла з агрегатів. Повний час розвантаження-3-4 хв.

На рисунку 1.2 показаний пересувний електромеханічний поздовжній автомобілеперекидач.



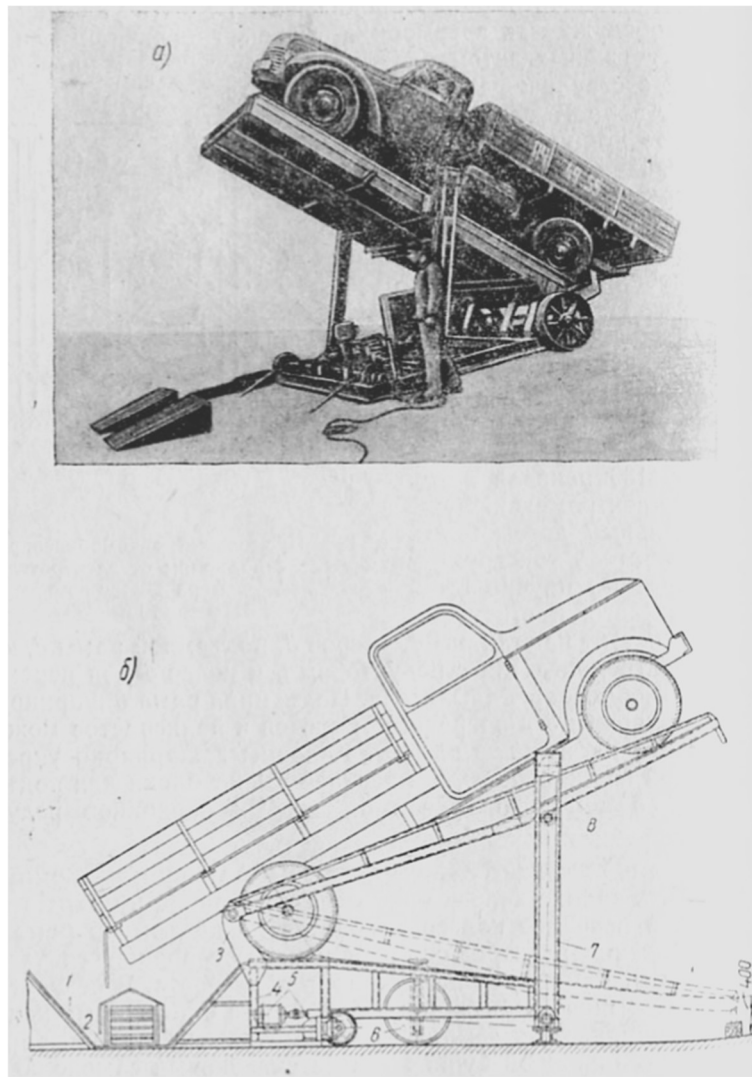


Рисунок 1.2-пересувний електромеханічний поздовжній автомобіліперекидач.

На рисунку 1.3 показані варіанти автомобіліперекидачів з механічним приводом проїзного типу (розвантаження з боку одного з бічних бортів) і тупикового типу (розвантаження через задній борт).

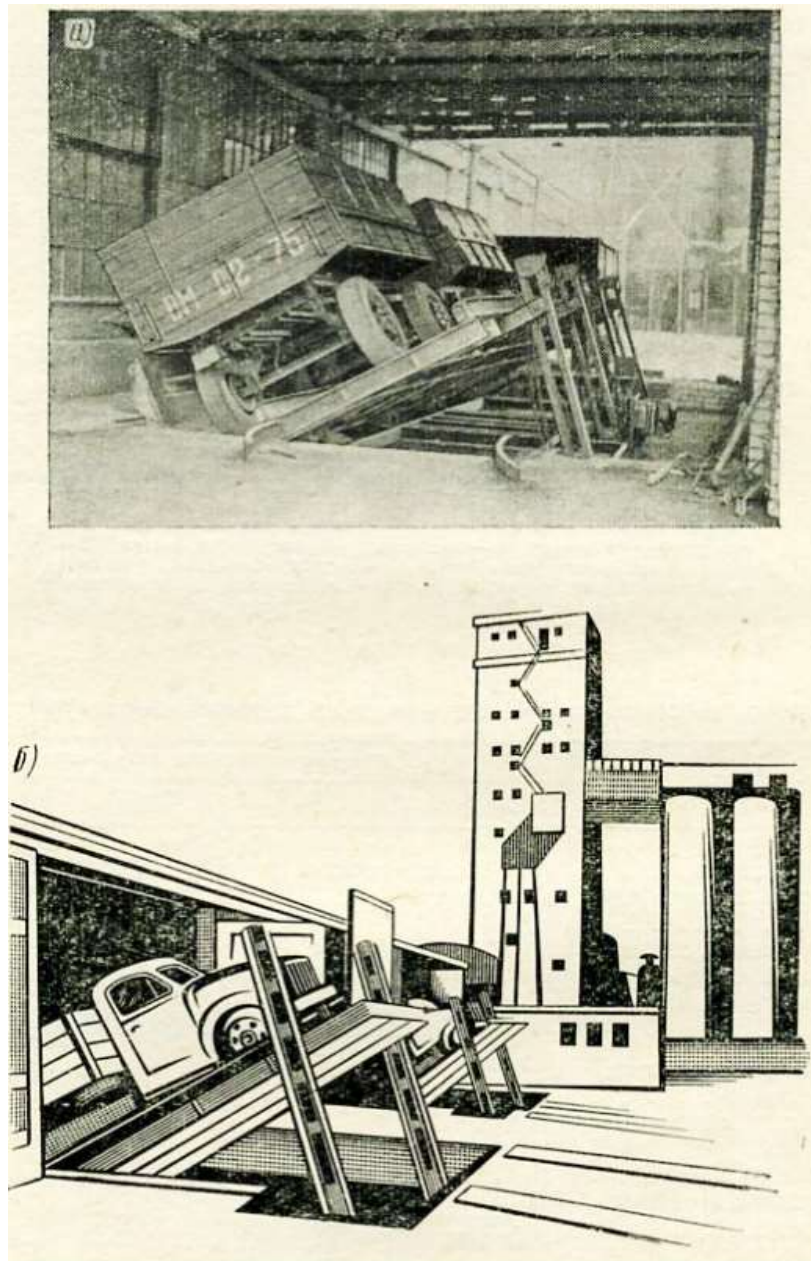


Рисунок 1.3- Варіанти автомобілеперекидачів з механічним приводом проїзного типу і тупикового типу

При бічному розвантаженні з'являється можливість розвантажити одночасно автомобіль і причіп або напівпричіп.

1.3 Автомобілі-самоскиди . Основні компоновальні схеми сучасних автомобілів-самоскидів

Автомобіль-самоскид є спеціалізованим вантажним автомобілем і призначений для масових перевезень насипних (навалювальних), напіврідких і

скельних вантажів, а також вантажів, які не вимагають обережності при перевезенні[2].

Автомобілі - самоскиди набули поширення одночасно з появою вантажних автомобілів, їх конструкції розвивалися паралельно. Існує велика кількість конструктивних схем саморозвантажних пристроїв, що мають різні джерела енергії, напрям звалювання вантажу, що використовують причіпний склад тощо. Автомобілі-самоскиди використовуються при наступних видах перевезень вантажів [1]: вивіз породи, руди, вугілля та ін.. при відкритих гірничих розробках, вивіз каменю і щебню при скельних розробках, вивіз ґрунту при кар'єрних земляних розробках, підвіз піску, гравію, глини, вапна, вугілля та інших сипучих матеріалів до складів, будівельним ділянкам і дорожнім роботам, підвіз рідкого бетону, асфальту і будівельних розчинів на будівельних і дорожніх роботах, перевезення сільськогосподарських вантажів.

Класифікація автомобілів-самоскидів:

1. За призначенням.
2. За компонованням.
3. Орієнтація звалювання вантажу.
4. За типом кузова.
5. За формою поперечного перерізу кузова.
6. За формою поздовжнього перерізу кузова.
7. За типом використовуваного шасі.

До особливостей автомобілів-самоскидів слід віднести: наявність пристрою для перекидання кузова, наявність специфічного по конструкції кузова, база коротше, рама коротше (поліпшення маневреності), наявність надрамника, менший об'єм кузова і вантажопідйомність, більше передаточне число головної передачі (підвищення тягових якостей), питома потужність: 5 - 8 кВт/т- сільськогосподарські, будівельні, 4 - 5 кВт/т- кар'єрні.

Необхідність використання надрамника в конструкції самоскида пояснюється наступними обставинами: більш важкі дорожньо - експлуатаційні умови роботи, великі динамічні навантаження при навантаженні-

розвантаженні, надрамник рівномірно розподіляє навантаження на скороченому ділянці рами за кабіною, надрамник служить буфером при випадкових підскоках і перекося рами, підвищується жорсткість рами при випадковому відриві одного з лонжеронів рами при розвантаженні, надрамник є базовим місцем закріплення перекидного пристрою.

Найбільшого поширення отримали автомобілі-самоскиди, виконані за схемами 1а і 1б (рис. 1.4) з розвантаженням назад.

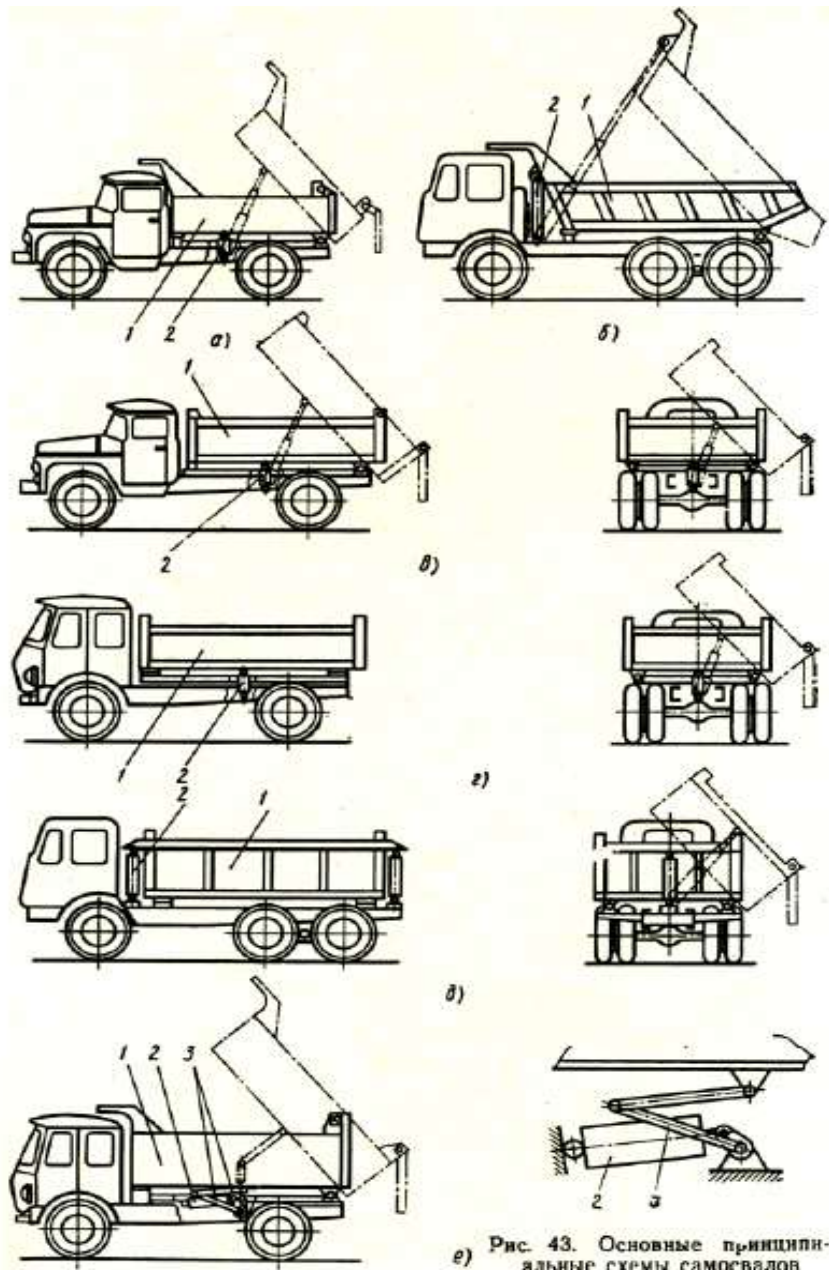


Рисунок 1.4 -Компоновочні схеми автомобілів-самоскидів

1-перекидаючий кузов, 2-гідроциліндр, 3-важільний механізм

Переваги розташування гідроциліндра під підлогою кузова: менша кількість рухливих секцій гідроциліндра; менший робочий хід гідроциліндра; - можливість зміни кута перекидання кузова шляхом переміщення місця розташування гідроциліндра; можливість забезпечення тристоронньої розвантаження.

До недоліків відносяться велика власна маса гідроциліндра, можливість зменшення дорожнього просвіту, зосереджене навантаження на днищі кузова.

Принцип дії гравітаційного самоскида, тобто з використанням сили тяжіння, також простий (рис. 1.5).

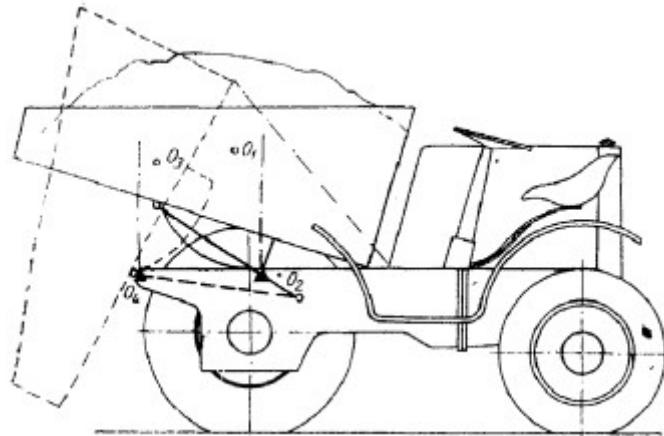


Рисунок 1.5- Принцип дії гравітаційного самоскида

Відомі наступні типи самоскидів з ручним приводом механізмів перекидання кузова: лебідочно-блокові; лебідочно-важільні; лебідочно-вагонетні; зубчасто-секторні; домкратно-гвинтові.

На рисунку 1.6 показаний ручний перекидаючий механізм зубчасто-секторного типу.

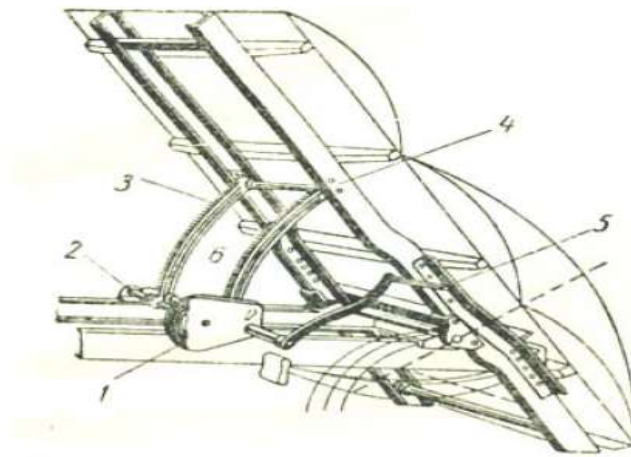


Рисунок 1.6-Ручний зубчато-секторний механізм перекидаючого типу  
1-лебідка, 2-приводна шестерня, 3-зубчасті рейки, 4-шарнір, 5-ручка  
лебідки.

Великого поширення набули конструкції самоскидів, в яких використовується двигун як джерело енергії для підйому кузова.

Привід механізму підйому може бути механічним, пневматичним, електромеханічним, гідравлічним, комбінованим [3].

Механічні самоскиди за конструкцією аналогічні самоскидам з ручним приводом, але для роботи механізмів крутний момент підводиться від двигуна.

Приклад такої конструкції наведено на рисунку 1.7.

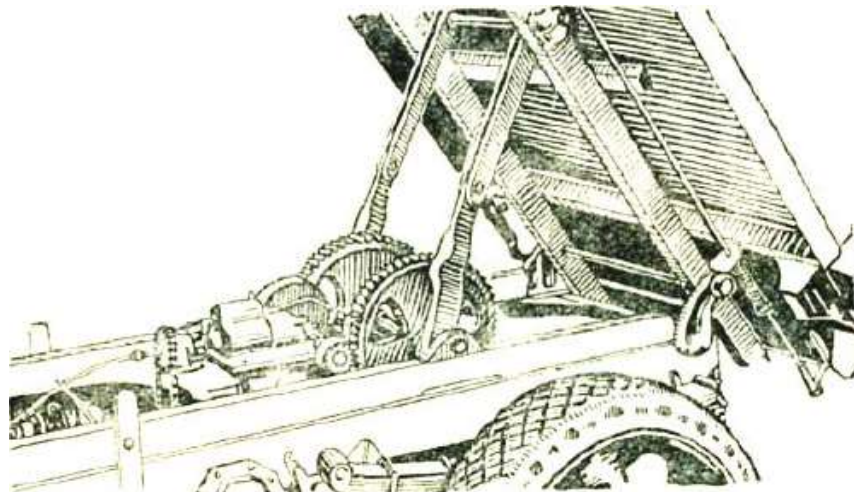


Рисунок 1.7-Важільно-механічний самоскидний механізм

Від двигуна крутний момент за допомогою ланцюгової передачі через черв'ячну пару і циліндричні шестерні передається до двох зубчастим секторам, що обертається на валу і пов'язаним з шарнірними важелями підйому кузова.

Оригінальна конструкція (рис. 1.8), в якій для підйому кузова використовуються оболонки, наповнювані відпрацьованими газами двигуна. При підвищенні тиску кузов перекидається, при зниженні-опускається. Конструкція дозволяє вести розвантаження на три сторони. Недоліком такого пристрою є невисока надійність і порівняно невелике розвиваюче зусилля. Електромеханічні самоскидні установки на автомобілі встановлюється генератор, який живить електромотор, встановлений на причепі. Електромотор приводить в дію механізм підйому кузова.

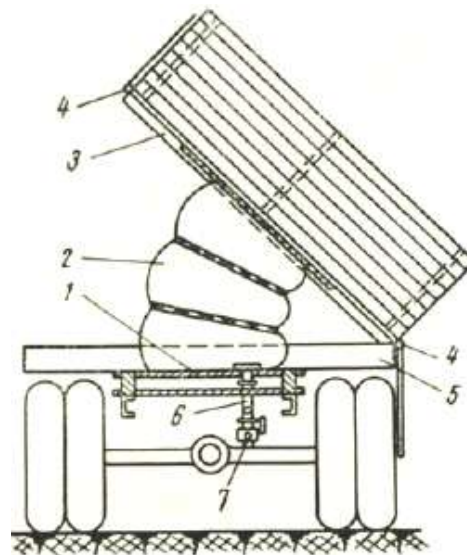


Рисунок 1.8- Пневмопідіймач з гнучкими оболонками 1 - опорна майданчик; 2 - гнучкі оболонки; 3 - кузов, 4 - шарнірно прикінцеві пристрої; 5 - посилюючі елементи кузова; 6 - трубопроводи; 7 - пристрої подачі газів.

В даний час найбільшого поширення отримали автомобілі-самоскиди з гідравлічним механізмом підйому кузова. У таких конструкціях підйом-опускання кузова здійснюється під дією одного або декількох гідроциліндрів поршневого або телескопічного типу. Тиск масла в гідросистемі створює

гідронасос з приводом від коробки відбору потужності автомобіля.

Розрахункова схема такого механізму наведена на рисунку 1.9.

Рівняння моментів відносно точки  $O_2$ :  $G l_1 - Q l_2 = 0 \Rightarrow Q = G l_1 / l_2$ . Тиск масла в циліндрі також визначається діленням зусилля на штоку  $Q$  на площу циліндра  $F$ :  $p = F Q C$  зміною кута підйому кузова  $\beta$  змінюються кут нахилу циліндрів  $\alpha$  і плечі дії сил. У результаті для кожного кута підйому кузова зусилля на штоках і тиск в циліндрах підйомника будуть різні.

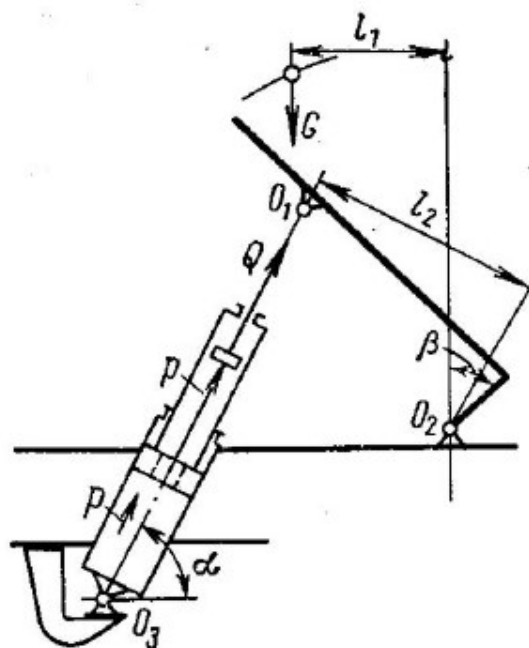


Рис. 1.9 – Розрахункова схема механізму з телескопічним гідропідйомником

Сила  $Q$  на штоку телескопічного гідроциліндра в міру підйому кузова падає. Тиск у циліндрі змінюється за більш складного закону. На початку підйому тиск менше і знижується в міру висування всіх рухомих секцій. У міру зупинки зовнішніх секцій тиск спочатку зростає стрибкоподібно (через меншої площі), потім знову починає знижуватися. Останньою висувається секція, що має найменший діаметр.



## 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розробка конструкції приводу розвантажувача автомобіля-самоскида

Розглянувши різні типи механізмів розвантаження я зробила висновок, що найефективнішим та найзручнішим механізмом для автомобіля-самоскида на даний час є привід з телескопічним гідроциліндром. Тому в своїй бакалаврській дипломній роботі я удосконалюватиму гідравлічний підйомний механізм автомобіля-самоскида КамАЗ-55111. Гідроциліндри у механізмі підйому кузова є основними силовими елементами [5]. Телескопічні гідроциліндри мають великий робочий хід, розвивають значні зусилля на підйомі при малих габаритах і масі.

Необхідно тільки забезпечити їх стійкість і захист від бруду.

Розглянемо схему підйому платформи автомобіля-самоскида: 1 - масляний бак; 2 – масляний насос; 3- коробка відбору потужності; 4, 8, 9 - пневмокамери; 5-запобіжний клапан гідросистеми; 6,10,11 – електропневмоклапани; 7-кран управління; 12- перемикач підйому та опускання платформи; 13 - вимикач коробки відбору потужності; 14 - сигналізатор вмикання коробки відбору потужності; 15 - джерело струму напругою 24В; 16 - запобіжник; 17 - гідроциліндр; 18 - клапан обмеження платформи; 19 - запобіжний клапан фільтра; 20 - фільтр; I- опускання платформи; II - підйом платформи.

При підйомі та опусканні платформи автомобіля-самоскида КамАЗ-55111 (рис. 2.1) потрібно включити коробку відбору потужності. Для цього потрібно включити зчеплення і поставити вимикач 13 в положення «Увімкнено» (при цьому загориться сигналізатор 14). Струм через біметалевий запобіжник 16 надходить до обмотки електро - пневмоклапана 6, магнітопровід якого, переміщується, відкриває клапан. Повітря з ресивера поступає в порожнину пневмокамери 4 коробки відбору потужності.

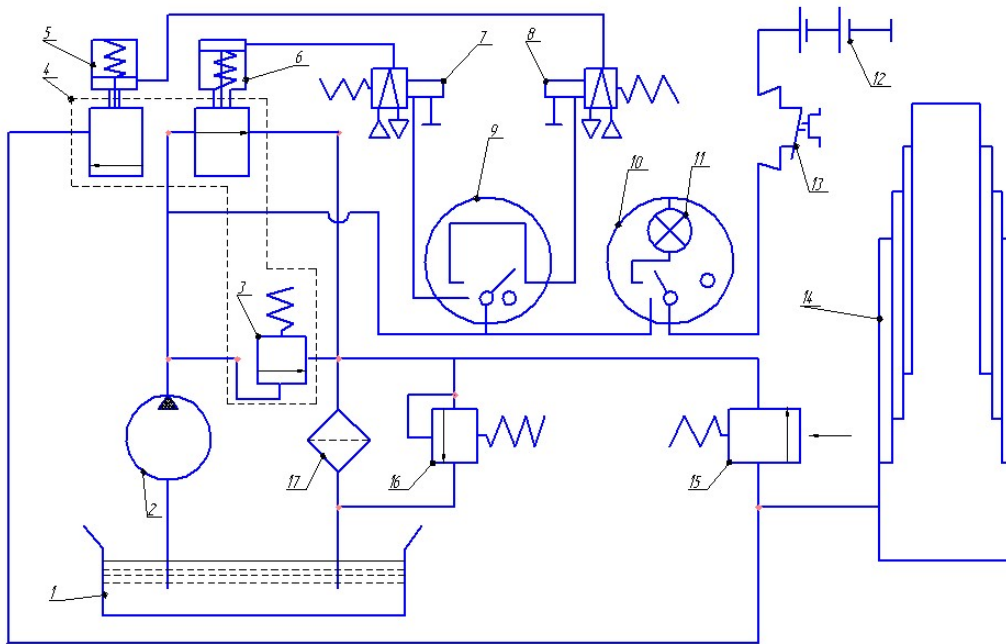


Рис. 2.1 . Схема механізму підйому платформи автомобіля-самоскида КамАЗ-55111

Слід зазначити, що опускання платформи можливо як при працюючому насосі, так і при відключеному, тобто вимикач встановлено в положення "Вимкнено". Принцип роботи механізму підйому та опускання платформи автомобіля-самоскида КамАЗ-55102 аналогічний принципу роботи механізму підйому та опускання платформи КамАЗ-55111. По закінченні роботи механізму підйому платформи причепа необхідно вимкнути перемикач , при цьому згасне сигналізатор. Слід враховувати, що можлива тільки почергова робота гідроциліндра тягача і причепа.

## 2.2 Вибір схеми гідроприводу

Багатоступінчасті телескопічні гідроциліндри можна розраховувати по наближеному методу, при якому дві сусідні ділянки різного перетину замінюють одним з еквівалентним моментом інерції (рис. 2.2).

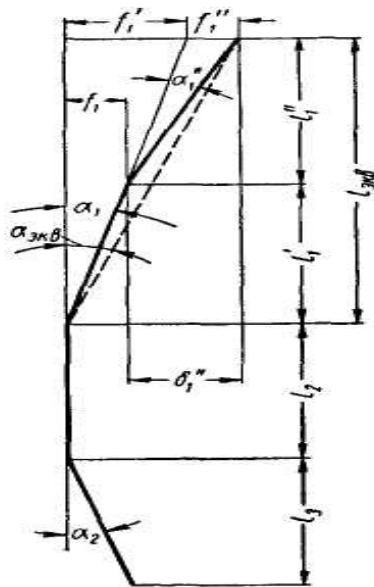


Рис. 2.2. Розрахункова схема багатоступінчастого телескопічного гідроциліндра

Згинальні моменти в будь-якому перетині гідроциліндра визначаються за формулою

$$M = P(y_0 + y') = P \times y,$$

де  $y_0$  —початковий прогин;

$y'$  —додатковий прогин від дії сили;

$y$  —повний прогин.

Повний прогин для різних ділянок дорівнює:

$$y_1 = A_1 \cos k_1 x_1 + B_1 \sin k_1 x_1; \quad (2.1)$$

$$y_2 = A_2 \cos k_2 x_2 + B_2 \sin k_2 x_2; \quad (2.2)$$

$$y_3 = A_3 \cos k_3 x_3 + B_3 \sin k_3 x_3; \quad (2.3)$$

$$k = \sqrt{\frac{P}{EJ}} = 0,00069 \sqrt{\frac{P}{J}}; \quad (2.4)$$

$$A_1 = m_1; \quad (2.5)$$

$$A_2 = \frac{\left(1 + \frac{k_3 t_2}{k_2 t_3}\right) \left(\frac{m_1 k_1}{S_1} + \alpha_1\right) + \frac{1}{C_2} \left(\frac{m_3 k_3}{S_3} + \alpha_3\right)}{\frac{k_1}{t_1} \left(1 + \frac{k_3 t_2}{k_2 t_3}\right) + \left(\frac{k_3}{t_3} - t_2 k_2\right)}; \quad (2.6)$$

$$A_3 = A_2 C_2 + B_2 S_2;$$

$$B_1 = \frac{A_2}{S_1} - \frac{m_1}{t_1}; \quad (2.7)$$

$$B_2 = \frac{k_1}{t_1} \left( \frac{A_2}{t_1} - \frac{m_1}{S_1} \right) - \frac{\alpha_1}{k_2}; \quad (2.8)$$

$$B_3 = \frac{m_3}{S_3} - \frac{A_3}{t_3},$$

де  $m_1$  и  $m_3$  — ексцентриситети прикладання навантаження:

$$S = \sin kl; \quad (2.9)$$

$$C = \cos kl; \quad (2.10)$$

$$t = \operatorname{tg} kl. \quad (2.11)$$

Місця найбільшого прогину для кожної ділянки визначаються з рівнянь:

$$x_1 = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B_1}{A_1}}{k_1}; \quad (2.12)$$

$$x_2 = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B_2}{A_2}}{k_2}; \quad (2.13)$$

$$x_3 = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B_3}{A_3}}{k_3}; \quad (2.14)$$

Параметри еквівалентної ділянки визначаються за формулами:

$$J_9 = \frac{l_1' + l_1''}{\frac{l_1'}{J_1'} + \frac{l_1''}{J_1''}}; \quad (2.15)$$

$$l_9 = l_1' + l_1'';$$

$$\alpha_9 \approx \operatorname{tg} \alpha_9 = \alpha_1' + \frac{\alpha_1'' l_1''}{l_9}.$$

Формула (3.15) приймається при:

$$\frac{J_1'}{J_1''} = 0,3 \div 3,0$$

Таблиця 2.1- Діаметри ділянок циліндра

Діаметр	I ділянка		II ділянка		III ділянка	
	$D_1$	$d_1$	$D_2$	$d_2$	$D_3$	$d_3$
Зовнішній	56	-	75	-	95	-
Внутрішній	-	65	-	88	-	112

Загальна довжина циліндра:  $L = 3400$  мм.

Розрахункові довжини ділянок:  $l_1 = 1100$  мм;  $l_2 = 1140$  мм;  $l_3 = 1160$  мм.

Осьові моменти інерції перетинів ділянок:  $J = 1080$  см<sup>4</sup>;  $J_2 = 5093$  см<sup>4</sup>;  $J_3 = 16\,770$  см<sup>4</sup>.

Осьові моменти опору поперечних перетинів ділянок:

$$W_1 = 144$$
 см<sup>3</sup>;  $W_2 = 372$  см<sup>3</sup>;  $W_3 = 899$  см<sup>3</sup>.

Площі поперечних перетинів ділянок:

$$F_1 = 87,92$$
 см<sup>2</sup>;  $F_2 = 117,75$  см<sup>2</sup>;  $F_3 = 149,15$  см<sup>2</sup>

Зазори в сполученнях ступенів:

$$\Delta_2 = 0,145$$
 см,  $\Delta_3 = 0,185$  см.

Бази заделок:

$$a_2 = 16$$
 см;  $a_3 = 20$  см.

Кути перекосу в радіанах

$$\alpha_1 = \frac{\Delta_2}{a_2}; \alpha_1 = \frac{0,145}{16} = 0,0094;$$

$$\alpha_2 = \frac{\Delta_3}{a_3} = \frac{0,185}{20} = 0,0095.$$

Максимальне навантаження на гідроциліндр становить 430 кН.  
Ексцентриситету прикладення навантаження немає.

$$m_1 = 0; m_3 = 0.$$

Повний прогин для різних ділянок дорівнює:

$$k_1 = 0,00069 \sqrt{\frac{P}{J_1}} = 0,00069 \sqrt{\frac{430}{1080}} = 0,00043;$$

$$k_2 = 0,00069 \sqrt{\frac{P}{J_2}} = 0,00069 \sqrt{\frac{430}{5093}} = 0,00022;$$

$$k_3 = 0,00069 \sqrt{\frac{P}{J_3}} = 0,00069 \sqrt{\frac{430}{16770}} = 0,00011;$$

$$k_1 l_1 = 0,00043 \times 110 = 0,0473;$$

$$k_2 l_2 = 0,00022 \times 114 = 0,0250;$$

$$k_3 l_3 = 0,00011 \times 116 = 0,0127.$$

Згідно рівнянням (2.9)-(2.11):

$$S_1 = \sin k_1 l_1 = \sin 0,0473 = 0,59;$$

$$S_3 = \sin k_3 l_3 = \sin 0,0127 = 0,156$$

$$C_2 = \cos k_2 l_2 = \cos 0,0250 = 0,97;$$

$$S_2 = \sin k_2 l_2 = 0,0250$$

$$t_1 = \operatorname{tg} k_1 l_1 = \operatorname{tg} 0,0473 = 0,73;$$

$$t_2 = \operatorname{tg} k_2 l_2 = \operatorname{tg} 0,0250 = 0,25;$$

$$t_3 = \operatorname{tg} k_3 l_3 = \operatorname{tg} 0,0127 = 0,16.$$

З виразу (2.5):

$$A_1 = m_1 = 0.$$

З виразу (2.6):

$$A_2 = \frac{\left(1 + \frac{0,00011 \times 0,25}{0,00022 \times 0,16}\right) \times 0,094 + \frac{1}{0,97} \times 0,0095}{\frac{0,00043}{0,73} \left(1 + \frac{0,00011 \times 0,25}{0,00022 \times 0,16}\right) + \left(\frac{0,00011}{0,16} - 0,25 \times 0,00022\right)} = 112,5$$

З виразу (2.7):

$$B_1 = \frac{A_2}{S_1} - \frac{m_1}{t_1} = \frac{112,5}{0,59} = 190,6.$$

По формулі (2.8):

$$B_2 = \frac{k_1}{k_2} \left( \frac{A_2}{t_2} - \frac{m_1}{S_1} \right) - \frac{\alpha_1}{k_2} = \frac{0,00043 \times 112,5}{0,00022 \times 0,59} - \frac{0,0094}{0,00022} = 87$$

$$B_3 = \frac{m_3}{S_3} - \frac{A_3}{t_3} = \frac{0}{0,156} - \frac{1,34}{0,16} = -665,6;$$

$$A_3 = A_2 C_2 + B_2 S_2 = 112,5 \times 0,97 - 87 \times 0,0250 = 106,9$$

Відстань до місця найбільшого прогину:

$$x = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B}{A}}{k};$$

$$x_1 = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B_1}{A_1}}{k_1} = \frac{\operatorname{arctg} \frac{190,6}{0}}{0,00043} = \frac{1,57}{0,00043} = 12,09 \text{ см};$$

$$x_2 = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B_2}{A_2}}{k_2} = \frac{\operatorname{arctg} \frac{87}{112,5}}{0,00022} = \frac{1,30}{0,00022} = 5909 \text{ см};$$

$$x_3 = \frac{\operatorname{arctg} \frac{B_3}{A_3}}{k_3} = \frac{\operatorname{arctg} \frac{-665,6}{106,9}}{0,00011} = -\frac{1,41}{0,00011} = -1454 \text{ см};$$

Визначаємо найбільший прогин для кожної ділянки з рівнянь:

1-ша ділянка  $x_1 > e_1$

$$y_{1\max} = \delta_1 = A_2 = 112,5 \text{ см}$$

2-га ділянка  $x_2 < 0$

$$y_{2\max} = \delta_1 = A_2 = 112,5 \text{ см}$$

3-тя ділянка  $x_3 < 0$

$$y_{3\max} = \delta_2 = A_3 = 106,9 \text{ см}$$

Напруження в окремих ділянках циліндра визначаються за формулами:

1-ша ділянка

$$\sigma_1 = \frac{P \times y_{1\max}}{W_1} + \frac{P}{F_1} = \frac{430 \times 112,6}{144} + \frac{430}{87} = 6,7 \text{ МПа}$$

2-га ділянка

$$\sigma_2 = \frac{P \times y_{2\max}}{W_2} + \frac{P}{F_2} = \frac{112,6 \times 430}{372} + \frac{430}{117} = 13,1 \text{ МПа}$$

3-тя ділянка

$$\sigma_3 = \frac{P \times y_{3\max}}{W_3} + \frac{P}{F_3} = \frac{112,6 \times 430}{899} + \frac{430}{149} = 5,5 \text{ МПа}$$

Матеріал для виготовлення гідроциліндрів – сталь 45 с межею текучості  $\sigma_T = 360$  МПа.

Запасміцності:

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma};$$

1-ша ділянка

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{\sigma_1} = \frac{360}{6,7} = 53,7$$

2-га ділянка

$$n_2 = \frac{\sigma_T}{\sigma_2} = \frac{360}{13,1} = 27,5$$

3-тя ділянка

$$n_3 = \frac{\sigma_T}{\sigma_3} = \frac{360}{5,5} = 65,4$$

### 2.3 Розрахунок параметрів та вибір гідронасоса

Насос є складовою і невід'ємною частиною всякої гідросистеми (рис.2.3). Він перетворює механічну енергію двигуна трактора в енергію потоку рідини.



Тому насос по відношенню до інших гідроагрегатів називають джерелом енергії в гідросистемі [7].

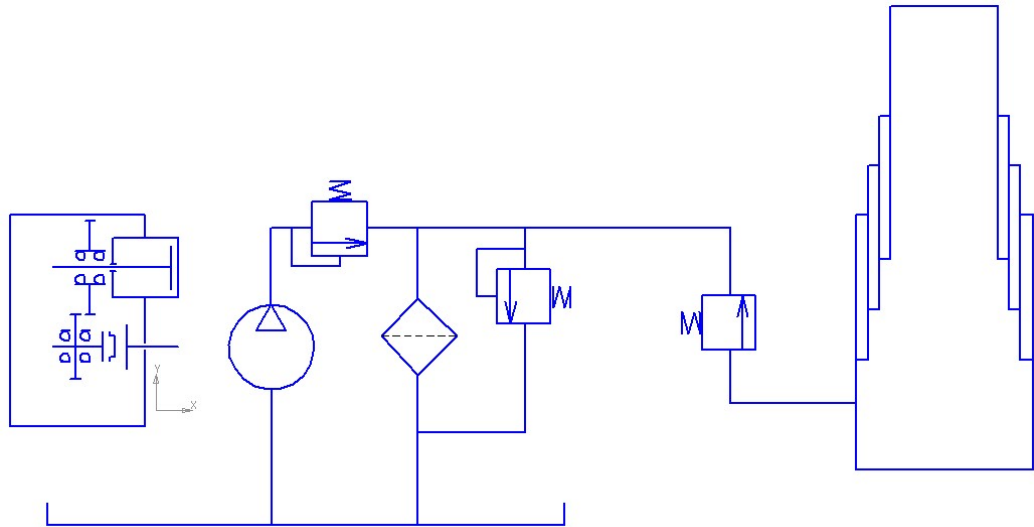


Рис. 2.3. Гідравлічна схема привода розвантажувача автомобіля-самоскида

Встановлюємо розрахункову подачу насоса  $Q_{H\text{ роз}}$  для режиму руху циліндра з максимальною швидкістю:

$$Q = q \cdot \frac{n}{1000} = 31,5 \cdot \frac{1920}{1000} = 36(\text{л/хв})$$

За даними галузевих каталогів [1] з урахуванням параметрів вибраного тиску  $p_{1p}$  і розрахункової подачі насоса  $Q_{H\text{ теор}}$  вибираємо насос аксіально-поршневий з похилим блоком нерегульований «Гідронасос НШ 32-Л-2», параметри занесено в таблицю 2.2. Для конструкції будь-якого гідроапарата характерна наявність запірно-регулюючого елемента, яким є рухлива деталь (клапан, золотник, кран), при переміщенні частково чи повністю перекриває робочий прохідний перетин гідроапарата.

Клапаном називають гідроапарат, у якому величина відкриття робочого прохідного перетину (робочого вікна) змінюється під впливом потоку робочої рідини, що проходить через гідроапарат. Виходячи з визначення, клапан є автоматичним гідроапаратом, що не вимагає під час роботи якого-небудь зовнішнього впливу на його запірно-регулюючий елемент.

Таблиця 2.2- Параметри гідронасоса НШ 32-Л-2

Марка насоса		НШ 32-Л-2
Робочий об'єм, см <sup>3</sup>		31,5
Тиск на виході з насоса, МПа (кг/см <sup>2</sup> ):	номінальний	14(140)
	максимальний	16(160)
Тиск на вході в насос, МПа (кг/см <sup>2</sup> ):	номінальний	0.08(0.8)
	максимальний	0.12(1.2)
Частота обертання, об/хв	номінальна	1920
	максимальна	2400
	мінімальна	960
Номінальна об'ємна подача при номінальному режимі роботи, л/хв		55.6
Номінальна споживча потужність, кВт(к. с.)		15.4(32.4)
Початковий ККД, не менше	об'ємний	0.92
	повний	0.83
Маса, кг		6.8

Клапани тиску, призначені для регулювання тиску робочої рідини, підрозділяють по наступним ознаках: по призначенню — напірні, редуційні, різниці тисків і співвідношення тисків; по впливу потоку на запірно-регулюючий елемент – клапани прямої і непрямої дії.

Запобіжні клапани призначені для запобігання гідроприводів від тисків робочої рідини, що перевищують установлені. Запобіжний клапан вибирається в залежності від витрати мастила в л/хв. Для нашого випадку при  $Q_H = 36$  л/хв. Вибираємо запобіжний клапан непрямої дії типу БГ52-13 (табл.2.3).

Таблиця 2.3- Технічні характеристики клапана запобіжного типу «БГ52-13»

Номінальний тиск , МПа	5...20
Номінальна витрата, м <sup>3</sup> /с	0,58x10 <sup>-3</sup>
Мінімальний рекомендований витрата, м <sup>3</sup> /с	0,08x10 <sup>-3</sup>
Перепад тиску на клапані, МПа	0,5

Фільтром називають апарат для поділу рідких неоднорідних сумішей методом фільтрування. В основі методу фільтрування лежить процес, при якому рідину навмисно пропускають через пористе середовище чи поверхню з отворами чи щілинами. При цьому зважені частки затримуються пористим середовищем. Фільтр вибирається відповідно до витрати робочої рідини. Відповідно при  $Q_H = 32,4$  л/хв. вибираємо фільтр типу «ФМС-12». У даній гідросистемі фільтр розташований на лінії зливу. Тиск там незначне. Тому по каталогу вибираємо фільтр магнітно-сітчастий здвоєний ФМС-12 [8]. Фільтри такого типу призначені для очищення від домішок мінеральних масел в'язкістю до 600 мм<sup>2</sup>/с.

Таблиця 2.3 Характеристика фільтра «ФМС-12»

Найменший розмір затримуваних часток, мкм	5...10
Найбільший робочий тиск , МПа	0,6
Кількість магнітів	6
Діаметр магнітів, мм	55
Діаметр фільтруючого сітчастого елемента, мм	50
Кількість фільтруючих елементів	16
Вага фільтра, кг	4,65

Гідроємністю називають пристрій, призначений для утримування в ньому робочої рідини з метою використання її в процесі роботи гідроприводу. До гідроємностей відносяться гідробаки і гідроаккумулятори.

Гідробак – гідроємність, призначена для живлення об'ємного гідроприводу робочою рідиною. Гідробаки повинні також забезпечувати охолодження робочої рідини, видалення з неї повітря, осадження забруднень і температурну компенсацію зміни обсягу робочої рідини. Гідробаки можуть знаходитися під атмосферним і під надлишковим тиском. Загальні технічні вимоги до баків установлені ДСТ 16770-71.

При орієнтовних розрахунках стаціонарних гідроприводів з розімкненою циркуляцією номінальну місткість бака приймають числом рівній 120-180 подачам насоса, вираженим в  $\text{дм}^3/\text{с}$ , або 2-3 подачам насоса вираженим в  $\text{дм}^3/\text{хв}$ .

Обираємо бак, призначений для роботи під атмосферним тиском.

Вибраний насос НШ 32-Л-2, для якого  $Q = 36 \text{ л/хв}$ .

Місткість бака при цьому:

$$V_6 = 3V = 3 \cdot 12,99 = 38,97 \text{ л},$$

а округляючи його до стандартного значення об'єму по ГОСТ 12448-80 приймемо об'єм бака  $V_6 = 40 \text{ літрів}$ .

## 2.4 Розрахунок втрат тиску в гідролініях та підбір гідроліній

Гідравлічною лінією називають пристрій, призначений для проходження робочої рідини від одного елемента до іншого в процесі роботи гідроприводу. Конструктивно гідролінії являють собою трубопроводи, рукава, канали і з'єднання.

Розрахуємо втрати в трубопроводі швидкість нагнітання робочої рідини для якого  $V_H = 8 \text{ м/с}$ .

$$Q_H = \frac{V_H \cdot \pi \cdot d_H^2}{4} \Rightarrow d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot V_H}}; \quad (2.16)$$

$$d_H = \frac{4 \cdot 36}{3.14 \cdot 8} = 5,7 \approx 0.057(\text{м});$$

Приймаємо стандартне значення діаметру трубопроводу  $d_H=57$  мм. З

$$V_H = \frac{4Q_H}{\pi d_H^2};$$

ЦЬОГО  
ВИПЛИВАЄ  
ДІЙСНЕ  
ЗНАЧЕННЯ  
ШВИДКОСТІ:

$$V_H = \frac{4 \cdot 0,06 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 0.057^2} = 41,6(\text{м/с});$$

(2.17)

Для визначення режимів течії рідини визначається число Рейнольдса:

$$R_T = \frac{V_{сер} \cdot d_{мер}}{\nu};$$

$$R_T = \frac{8,31 \cdot 0,057}{0,06 \cdot 10^{-3}} = 7833;$$

(2.18)

Виходячи з умови, що  $R_T = 7833 > R_{e=2300}$  встановлюємо, що в даному трубопроводі турбулентний режим течії рідини.

Визначаємо коефіцієнт втрат тиску:

$$\lambda = \frac{0.31416}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0.31416}{\sqrt[4]{7833}} = 0.0334 \quad (2.19)$$

Втрати напору в трубопроводі:

$$\Delta h_i = \lambda \frac{l_i}{d_H} \cdot \frac{V_\partial^2}{2g}; \quad (2.20)$$

$l$  – довжина гідроліній.

$$\Delta h_1 = 0.0334 \cdot \frac{3}{0.057} \cdot \frac{8.31^2}{2 \cdot 9.8} = 12.5$$

Втрати тиску для такого трубопроводу:

$$\Delta P_i = \rho \cdot g \cdot h_i; \quad (2.21)$$

$$\Delta P_i = 980 \cdot 9.8 \cdot 7.663 = 73,595 \text{ Па}$$

Розрахуємо втрати тиску в трубопроводах зливу, для яких приймаємо  $V_3 = 2$  м/с.

$$Q_H = \frac{V_3 \cdot \pi \cdot d_3^2}{4} \Rightarrow d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot V_3}};$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.06 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 2}} = 0.06 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартне значення діаметру трубопроводу :

$$d_3^2 = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м.}$$

З цього випливає дійсне значення швидкості:

$$V_{pH} = \frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 0,06 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,06^2} = 1,8 (м/с).$$

Для визначення режимів течії рідини визначається число Рейнольдса:

$$Re = \frac{V_{pH} \cdot d_3}{\nu} = \frac{1,8 \cdot 0,06}{0,06 \cdot 10^{-3}} = 1800$$

Встановлюємо, що в даному трубопроводі турбулентний режим течії рідини.

Визначаємо коефіцієнт втрат тиску:

$$\lambda = \frac{0,31416}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,31416}{\sqrt[4]{1800}} = 0,04$$

Втрати напору в:

$$\Delta h_i = \lambda \cdot \frac{l_i}{d_H} \cdot \frac{V_{pH}^2}{2g}; \quad (2.22)$$

$$\Delta h_2 = 0,0414 \cdot \frac{3}{0,06} \cdot \frac{2,08^2}{2 \cdot 9,8} = 0,45$$

$$\Delta h_3 = \Delta h_4 = \Delta h_5 = \Delta h_6 = 0,0414 \cdot \frac{3,5}{0,06} \cdot \frac{2,08^2}{2 \cdot 9,8} = 0,531 \quad (2.23)$$

Втрати тиску для трубопроводів:

$$\Delta P_i = \rho \cdot g \cdot h_i \quad (2.24)$$

$$\Delta P_2 = 980 \cdot 9,8 \cdot 0,45 = 4321,8 \text{ (Па)};$$

$$\Delta P_3 = \Delta P_4 = \Delta P_5 = \Delta P_6 = 980 \cdot 9,8 \cdot 0,531 = 5099,7 \text{ (Па)}.$$

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вхідні дані: робоче креслення – кришка, тип виробництва – дрібносерійне, спосіб виготовлення заготовки – лиття.

Деталь «кришка» є частиною гідроциліндра. Кріпиться деталь до корпусу за допомогою 4 болтів М12, які проходять через отвори деталі Ø16 мм.

Визначимо згідно методу виробництва заготовки допуск вилівка. Згідно ГОСТ 26645-85 визначаємо допустиме відхилення по розмірам вилівка. Маємо найбільший габаритний розмір Ø200, розрахунковий розмір Ø74Н8<sup>+0,04</sup>. При дрібно серійному виробництві заготовка буде виготовлятися в піщано-глинястих формах для яких клас розмірної точності від 7т до 11, тому ми приймаємо 10 [8]. Отже, допуск вилівка буде  $T_v = 3,2$

Згідно робочого креслення визначаємо допуск деталі для даного розміру:

$$T_d = 0,00 + 0,04 = 0,04.$$

Загальне уточнення:  $\varepsilon = T_v / T_d = 3,2 / 0,04 = 80$ .

Припустимо, що таке уточнення може бути досягнуто за 4 переходи механічної обробки. Приймаємо  $\varepsilon_1=6$ ,  $\varepsilon_2=4$ ,  $\varepsilon_3=2$ . Знайдемо уточнення яке має бути досягнуте на четвертому (останньому) переході:  $\varepsilon = \varepsilon_z / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 80 / 6 \cdot 4 \cdot 2 = 1,67$ . Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів:

$$T_1 = T_{заг} / \varepsilon_1 = 3,2 / 6 = 0,53 \text{ мм}$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,53 / 4 = 0,133 \text{ мм}$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,133 / 2 = 0,067 \text{ мм}$$

$$T_4 = T_3 / \varepsilon_4 = 0,067 / 1,67 = 0,04 \text{ мм}$$

Отримані розрахункові значення допусків технологічних розмірів, що мають бути забезпечені на першому і другому переходах, змінимо до найближчих нормативних значень. Таким чином, приймаємо остаточно:

$$T_1 = 0,63 \text{ (H13)}, T_2 = 0,16 \text{ (H10)}, T_3 = 0,063 \text{ (H8)}.$$

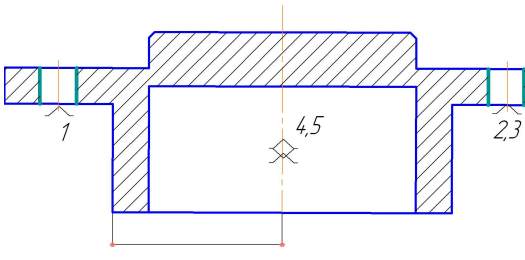
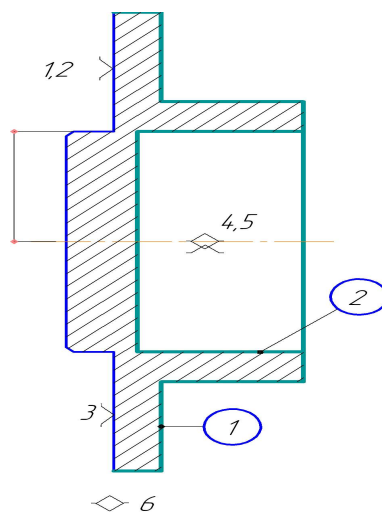
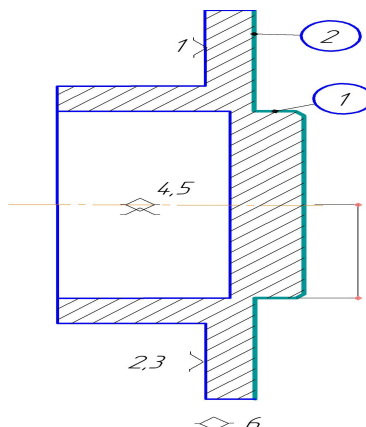
Способи механічної обробки: чорнове точіння; чистове точіння; тонке точіння; шліфування.



### 3.2 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 3.1 – Маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції	Схема базування і обробки	Тип і модель верстату
05	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <p>1) Вставити заготовку.                  2) Точити поверхню 1 попередньо, поверхню 2 – однократно.                  3) Точити поверхні 3,4 – попередньо.                  4) Точити поверхню 1 остаточно.                  5) Точити поверхню 3 остаточно.                  6) Розточити отвір 4 попередньо.                  7) Розточити отвір 4 остаточно.                  8) Зняти заготовку.</p>	 <p>The drawing shows a stepped shaft with the following dimensions: a top diameter of 17.0 mm, a total length of 94 mm, a top diameter of 30 mm for the first step, a diameter of 35 mm for the second step, and a diameter of 74 mm for the third step. A hole with a diameter of 4.5 mm is located in the middle section. Features are numbered: 1 (top surface), 2 (top edge), 3 (bottom edge), 4 (inner surface of the hole), and 6 (bottom surface). Surface finish symbols are present on surfaces 1, 3, and 6.</p>	
010	<p><u>Токарно-револьверн з ЧПК</u></p> <p>1) Вставити заготовку.                  2) Точити торець 1 однократно, точити поверхню 2 попередньо, точити торець 3 попередньо.                  3) Точити фаску 4 однократно, точити поверхні 2 і 3 попередньо.                  4) Точити поверхні 2 і 3 остаточно.                  5) Зняти заготовку.</p>	 <p>The drawing shows a stepped shaft with a diameter of 4.5 mm. Features are numbered: 1 (top surface), 2 (top edge), 3 (bottom edge), and 4 (inner surface of the hole). Surface finish symbols are present on surfaces 1, 2, and 3.</p>	

015	<p><u>Вертикально-свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Вставити заготовку.</li> <li>2) Центрувати 6 отворів.</li> <li>3) Свердлити 6 отворів однократно.</li> <li>4) Зняти заготовку.</li> </ol>		
020	<p><u>Шліфувальний</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Вставити заготовку.</li> <li>2) Шліфувати торець 1.</li> <li>3) Шліфувати отвір 2.</li> <li>4) Зняти заготовку.</li> </ol>		
25	<p><u>Шліфувальний</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Вставити заготовку.</li> <li>2) Шліфувати поверхні 1 і 2 остаточно.</li> <li>3) Зняти деталь.</li> </ol>		

На операції 005 маємо заготовку без оброблених поверхонь, тому призначаємо чорнові технологічні бази. Оскільки спочатку доцільно обробити плоскі поверхні (торці)  $\varnothing 170$  та  $\varnothing 94$  відповідно, то призначимо чорнову явну установчу базу на більшу за площиною поверхню ( $\varnothing 170$ ); чорнову напрямну

явну базу, як трьох кулачковий патрон, таким чином віднімемо 5 ступенів вільності та опорну уявну, що повністю знерухомить заготовку при обробці.

На операції 010 попередньо одержавши оброблені поверхні можемо використати їх за чистові бази. Плоску поверхню Ø94 як явну виконавчу базу та зовнішню циліндричну поверхню Ø94 як явну напрямну базу. Шостий ступінь вільності буде відсутній за рахунок сил тертя.

На операції 015 використовуємо попередньо одержані оброблені поверхні для закріплення заготовки, а саме торець зі опором циліндричної поверхні Ø94, як виконавчу базу та зовнішню циліндричну поверхню Ø74 - як напрямну базу.

На операції 020 використовуємо також оброблені раніше поверхні. Циліндричну поверхню Ø74, як явну напрямну базу; торець Ø170 як виконавчу базу.

Операція 025 по способу закріплення заготовки аналогічна операції 010. Остаточо обробляємо зовнішню циліндричну поверхню Ø 74 та торець.

Оскільки заготовка отримана виготовлення в піщано-глинистих формах, то відповідно маємо Rz=500 мкм, T=3200 мкм. При чорновому точінні приймаємо Rz=50 мкм, T=530мкм; при чистовому точінні Rz=20 мкм, T=130 мкм; при тонкому точінні Rz=10 мкм, T=67мкм; при шліфуванні Rz=6,3 мкм, T=40мкм.

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\text{ж}}d)^2 + (\Delta_{\text{ж}}l)^2},$$

де  $\Delta_{\text{ж}}=0,05$ ,  $d=94\text{мм}$ ,  $l=30\text{мм}$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,05 \cdot 94)^2 + (0,05 \cdot 30)^2} = 6,86 \text{ мм},$$

приймаємо  $\rho_{\text{жол}} = 7000 \text{ мкм}$

Таблиця 3.2 – Результат розрахунку на механічну обробку, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки ( отвір  $\varnothing 94H7^{(+0,04)}$  мм)

Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 94H7^{(+0,04)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск $2z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ мм	Допуск $T$ , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
	$Rz$	$h$	$\rho$	$\varepsilon_B$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (виливок)	500	600	7000	-	-	103,5	3200	101,3	104,5	-	-
Розточування чорнове	50	50	420	4,9	2·8100	96,7	530	98,17	98,7	2·8100	2·9435
Розточування чистове	20	25	21	0,25	2·520	95,74	130	95,61	95,74	2·520	2·720
Розточування тонке	10	18	0	0	2·75	94,89	67	95,82	95,89	2·75	2·105
Шліфування	6,3	10	0	0	2·75	94,04	40	94	94,04	2·75	2·88,5
Загальний припуск										2·8770	2·1034 8

При наступних переходах механічної обробки:

$$\rho_i = k \cdot \rho_{\text{аіє}}$$

після чорнового точіння  $\rho_1 = 0,06 \cdot 7000 = 420$  мкм

після чистового точіння  $\rho_2 = 0,05 \cdot 420 = 21$  мкм

після тонкого точіння  $\rho_3 = 0$  мкм

після шліфування  $\rho_4 = 0$  мкм

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись формулою:

$$2z_{\min_i} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{B_i}^2} \right)$$

$$\varepsilon_{\hat{a}} = \frac{CQ \cdot r^3}{EI_x},$$

$$\text{де } I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{30 \cdot 10^3}{12} = 7916,6$$

$$\varepsilon_B = \frac{0,03 \cdot 500 \cdot 80^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 7916,6} = 0,0049 \text{ мм} = 4,9 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск:

$$2z_{\min_i} = 2 \left( 50 + 50 + \sqrt{420^2 + 4.9^2} \right) = 2 \cdot 520 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min_i} = 2 \left( 20 + 25 + \sqrt{21^2 + 0.25^2} \right) = 2 \cdot 66 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min_i} = 2 \left( 10 + 18 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right) = 2 \cdot 28 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min_i} = 2 \left( 6.3 + 10 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right) = 2 \cdot 16.3 \text{ мкм}$$

Наступні розміри отримаємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримаємо:

$$d_{p4} = d_{\max 5} - 2z_{\min 4} = 94.04 - 0.15 = 93.89 \text{ мкм} = d_{\max 4}$$

$$d_{p3} = d_{\max 4} - 2z_{\min 3} = 95.89 - 0.15 = 95.74 \text{ мкм} = d_{\max 3}$$

$$d_{p2} = d_{\max 3} - 2z_{\min 2} = 95.74 - 1.04 = 94.7 \text{ мкм} = d_{\max 2}$$

$$d_{p1} = d_{\max 2} - 2z_{\min 1} = 98.7 - 16.2 = 82.5 \text{ мкм} = d_{\max 1}$$

Мінімальні граничні розміри знайдемо віднімаючи від максимального граничного розміру допуск:

$$d_{\min 4} = d_{\max 4} - T = 95.89 - 0.067 = 95.82 \text{ мкм}$$

$$d_{\min 3} = d_{\max 3} - T = 95.74 - 0.13 = 95.61 \text{ мкм}$$

$$d_{\min 2} = d_{\max 2} - T = 98.7 - 0.53 = 98.17 \text{ мкм}$$

$$d_{\min 1} = d_{\max 1} - T = 104.5 - 3.2 = 101.3 \text{ мкм}$$

Знайдемо граничні значення припусків:

$$2z_{\max 5} = d_{\min 5} - d_{\min 4} = 95 - 94.82 = 0.177 \text{ мм} = 2 \cdot 88.5 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 4} = d_{\min 4} - d_{\min 3} = 95.82 - 95.61 = 0.15 \text{ мм} = 2 \cdot 75 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 3} = d_{\min 3} - d_{\min 2} = 95.61 - 98.17 = 1.44 \text{ мм} = 2 \cdot 720 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 2} = d_{\min 2} - d_{\min 1} = 98.17 - 101.3 = 18.87 \text{ мм} = 2 \cdot 9435 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 5} = d_{\max 5} - d_{\max 4} = 94.04 - 93.89 = 0.15 \text{ мм} = 2 \cdot 75 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 4} = d_{\max 4} - d_{\max 3} = 93.89 - 95.74 = 0.15 \text{ мм} = 2 \cdot 75 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 3} = d_{\max 3} - d_{\max 2} = 95.74 - 94.7 = 1.04 \text{ мм} = 2 \cdot 520 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 2} = d_{\max 2} - d_{\max 1} = 94.7 - 82.5 = 16.2 \text{ мм} = 2 \cdot 8100 \text{ мкм}$$

Визначимо загальний припуск:

$$2z_{\min 2} + 2z_{\min 3} + 2z_{\min 4} + 2z_{\min 5} = 8100 + 520 + 75 + 75 = 2 \cdot 8770 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 2} + 2z_{\max 3} + 2z_{\max 4} + 2z_{\max 5} = 9435 + 720 + 105 + 88 = 2 \cdot 10348 \text{ мкм}$$

### 3.4 Розрахунок режимів різання

Вхідні дані:

- матеріал заготовки: сталь;
- умови обробки: чорнове та чистове точіння;
- діаметри заготовки:  $D_{\max} = 170$  мм,  $d_{\min} = 74$  мм;
- маса заготовки  $M_{\max} = 10$  кг (циліндрична).

Згідно призначаємо:

- матеріал ріжучої частини різця – ВК10;
- глибина різання  $t_{\text{ср}D=170} = 12$  мм,  $t_{\text{ср}d=74} = 5$  мм,  $t_{\text{ч}D=170} = t_{\text{ч}d=74} = 3$  мм;

- подачу  $S_{сгD=170} = 0,9$  мм/об,  $S_{сгd=74} = 0,4$  мм/об,  $S_{чD=170} = 0,5$  мм/об,  $S_{чd=74} = 1,5$  мм/об;
- стійкість інструменту  $T_{сг} = T_{ч} = 30$  хв;
- значення коефіцієнтів та показників степенів:  $C_{всг} = 340$ ,  $C_{вч} = 215$ ,  $m_{сг} = m_{ч} = 0,20$ ,  $x_{сг} = x_{ч} = 0,15$ ,  $y_{сг} = y_{ч} = 0,45$ ,  $K_{всг} = 1,0$ ,  $K_{вч} = 0,68$ .

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (3.1)$$

$$V = \frac{340}{30^{0.2} \cdot 12^{0.15} \cdot 0.9} \cdot 1.0 = 125 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{d=20} = \frac{340}{30^{0.2} \cdot 5^{0.15} \cdot 0.4^{0.45}} \cdot 1.0 = 204 \text{ (м/хв)}.$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$$

$$n_{D=170} = \frac{1000 \cdot 125}{3.14 \cdot 170} = 332 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_{d=74} = \frac{1000 \cdot 204}{3.14 \cdot 74} = 3247 \text{ (об/хв.)}.$$

Призначаємо:

- матеріал ріжучої частини різця – ВК10;
- глибина різання  $t_{сг} = t_{ч} = 0,125$  мм;
- подачу  $S_{сг} = S_{ч} = 0,09$  мм/об;
- стійкість інструменту  $T_{сг} = T_{ч} = 60$  хв;
- значення коефіцієнтів та показників степенів:  $C_{всг} = 350$ ,  $C_{вч} = 317$ ,  $m_{сг} = m_{ч} = 0,20$ ,  $x_{сг} = x_{ч} = 0,15$ ,  $y_{сг} = 0,35$ ,  $y_{ч} = 0,20$ ,  $K_{всг} = 1,0$ ,  $K_{вч} = 0,68$ .

Розраховуємо швидкість різання:

$$V_{D=170} = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 0.125^{0.15} \cdot 0.09^{0.35}} \cdot 1.0 = 200 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{d=74} = \frac{317}{60^{0.2} \cdot 0.125^{0.15} \cdot 0.09^{0.35}} \cdot 1.0 = 250 \text{ (м/хв.)};$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя:

$$n_{D=170} = \frac{1000 \cdot 200}{3.14 \cdot 170} = 531 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_{d=74} = \frac{1000 \cdot 250}{3.14 \cdot 74} = 3978 \text{ (об/хв.)}.$$

Розрахуємо максимальне значення складової сили різання  $P_{Zmax}$ :

$$P_{Zmax} = 10 \cdot C_p \cdot t_{max}^x \cdot S_{max}^y \cdot V_{max}^n \cdot K_p, \quad (3.2)$$

де  $C_p = 204$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ ,  $K_p = 1,0$ .

$$P_{Zmax} = 10 \cdot 204 \cdot 0.125^{1.0} \cdot 0.09^{0.75} \cdot 250^0 \cdot 1.0 = 236 \text{ (Н)}.$$

Розрахуємо потужність різання:

$$N_{PZmax} = \frac{P_{Zmax} \cdot V_{max}}{60 \cdot 1020}. \quad (3.3)$$

$$N_{PZmax} = \frac{236 \cdot 250}{60 \cdot 1020} = 0.96 \text{ (кВт)}.$$



## ВИСНОВКИ

Основною метою дипломного проекту є проектування гідроприводу автомобіля - самоскида та його вузлів. В результаті виконання даної бакалаврської роботи було набуто більш широких знань по конструкції і принципу роботи насосів, гідро-двигунів, апаратури керування та інших елементів приводів автомобілів самоскидів; принцип роботи гідроприводів в цілому; набуті навички по вмінню читати і складати найпростіші схеми приводів.

Виконано проектні розрахунки гідроприводу автомобіля-самоскида, досліджено його конструкцію та принцип роботи. Максимальне навантаження на гідроциліндр складає 430 кН, загальна довжина телескопічного гідроциліндра складає 3400 мм. При роботі над проектом широко використовувалась навчальна і довідкова література. Креслення виконані з використанням системи автоматизованого проектування КОМПАС-3D V17.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 283 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С., Мартишко В.М., Гуменюк Ю.О. Сільськогосподарські машини: Навчальний посібник. Київ : «Агроосвіта», 2017. 180 с.
3. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Довбуш А.Д. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування. Тернопіль, 2019. 72 с.
4. Севостьянов І.В. Процеси та обладнання для віброударного фільтрування вологих дисперсних середовищ : монографія. Вінниця : ВНАУ, 2021. 184 с. ISBN 978-966-949-795-6.
5. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 648 с.