

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри**

**Тракторів і автомобілів**

(назва кафедри)

Калінін Є.І.

(підпис)

(ПІБ)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**

**на тему «Підвищення експлуатаційних властивостей трактора під час  
виконання транспортних робіт»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

**Гарант освітньої програми**

К.т.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сівак І.М.  
(ПІБ)

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

д.т.н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Степанов О.В.  
(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Коренной Владислав Олександрович  
(ПІБ студента)

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**Тракторів і автомобілів**

**д.т.н., професор**

(науковий ступінь, вчене ваня) (підпис)

**Калінін Є.І.**

(ПБ)

“ ” 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**на виконання дипломного проекту бакалавра студенту**

**Коренной Владислав Олександрович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра на тему «Підвищення експлуатаційних властивостей трактора під час виконання транспортних робіт»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024 р. №2098 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 19.05.2025

(рік, місяць, число)

**Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра** Нормативно довідкова література.

**Характеристики тракторів.**

**Перелік питань які потрібно розробити**

**Вступ**

**1 Область застосування та обґрунтування підвищення експлуатаційних властивостей трактора за рахунок модернізації гальмівної системи;**

**1.1 Область застосування колісних тракторів тягового класу 2...5;**

**1.2 Експлуатаційні властивості колісних тракторів і шляхи їх підвищення;**

**1.3 Види гальмівних систем та класифікація гальмівних механізмів;**

**1.4 Висновки та завдання дипломного проекту**

**2 Визначення оціночних показників гальмівних властивостей колісного трактора;**

**2.1 Вихідні дані та нормативні показники;**

**2.2 Нормативний гальмівний шлях і гальмівна сила;**

**2.3 Передатне відношення гальмівного приводу;**

**2.4 Зусилля, моменти та робота гальмівного приводу і гальмівних механізмів;**

**2.5 Основні показники гальмівної системи трактора;**

**3 Проектування та розрахунок гальмівної системи, що модернізується трактора;**

**3.1 Загальна схема та принцип роботи модернізованої гальмівної системи трактора;**

**3.2 Проектування та розрахунок основних елементів конструкції;**

**3.2.1 Розрахунок штовхача головного гідроциліндра гальмівної системи;**

**3.2.2 Розрахунок пружини головного циліндра гальмівної системи;**

**3.2.3 Розрахунок болтового з'єднання кріплення кронштейна робочого циліндра гальмівної системи;**

**4 Технологічна карта обслуговування трактора;**

**4.1 Технічне обслуговування;**

**4.2 Щозмінне технічне обслуговування;**

- 4.3 Перше технічне обслуговування;
- 4.4 Друге технічне обслуговування;
- 4.5 Третє технічне обслуговування;
- 4.6 Сезонне обслуговування;
- 5 Безпека життєдіяльності при експлуатації тракторно-транспортного агрегату у складі трактор:
  - 5.1 Організація робіт з охорони праці на підприємстві;
  - 5.2 Характеристика небезпечних та шкідливих факторів, що супроводжують проектований процес, природні небезпечні фактори та заходи щодо їх усунення;
  - 5.3 Забезпечення осіб, які працюють на тракторно-транспортному агрегаті засобами індивідуального захисту;
  - 5.4 Можливі небезпечні ситуації під час експлуатації та обслуговування тракторно-транспортного агрегату. Технічні та організаційні заходи щодо їх усунення;
    - 5.4.1 Розрахунок ширини динамічного коридору;
    - 5.4.2 Розрахунок швидкості перекидання на повороті та поздовжньої стійкості під час роботи проектованого агрегата;
  - 5.5 Організація пожежної безпеки під час експлуатації тракторно-тракторного агрегата;

#### Висновки

#### Список використаних джерел

#### Перелік графічного матеріалу

---

1. Класифікація гальмівних механізмів.
  2. Схема керування гальмами колісного трактора.
  3. Графік гальмівного шляху
  4. Карта ТО.
  5. Економічна оцінка.
  6. Деталювання.
  7. Висновки
- 

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Степанов О.В.  
(прізвище та ініціали)

**Завдання прийняв до виконання**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Коренной В.О.  
(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

Загальний обсяг роботи становить 60 сторінку, що включають 15 рисунків, 6 таблиць, 22 літературних джерел, додаток.

У дипломному проєкті вирішується питання підвищення експлуатаційних властивостей трактора тягового класу 5 кН під час виконання транспортних робіт. Проведено огляд літературних джерел, на підставі якого встановлено, що безпечне виконання транспортних робіт на підвищених швидкостях руху неможливо без використання ефективної гальмівної системи енергонасиченого колісного трактора тягового класу 2...5. Визначено напрямок вирішення цього питання.

Проведено теоретичне обґрунтування доцільності модернізації гальмівної системи колісного трактора тягового класу 5 кН, заснованої на застосуванні гідروоб'ємного гальмівного приводу, з метою підвищення ефективності та надійності гальмівної системи трактора в цілому.

Проведено аналіз технічних рішень щодо розглянутої проблеми та розроблено конструкцію пристрою гідрооб'ємного гальмівного приводу трактора тягового класу 5 кН, а також проведено розрахунок її основних елементів.

Розроблено карту технічного обслуговування трактора тягового класу 5 кН з модернізованою гальмівною системою, а також розроблено заходи щодо безпеки життєдіяльності на транспортних роботах.

Виконано попередній розрахунок економічної ефективності проєктних рішень.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Область застосування та обґрунтування підвищення експлуатаційних властивостей трактора за рахунок модернізації гальмівної системи.....	10
1.1 Область застосування колісних тракторів тягового класу 2...5.....	10
1.2 Експлуатаційні властивості колісних тракторів і шляхи їх підвищення...	13
1.3 Види гальмівних систем та класифікація гальмівних механізмів.....	16
1.4 Висновки та завдання дипломного проекту.....	22
2 Визначення оціночних показників гальмівних властивостей колісного трактора.....	24
2.1 Вихідні дані та нормативні показники.....	24
2.2 Нормативний гальмівний шлях і гальмівна сила.....	27
2.3 Передатне відношення гальмівного привода.....	29
2.4 Зусилля, моменти та робота гальмівного приводу і гальмівних механізмів.	31
2.5 Основні показники гальмівної системи трактора.....	35
3 Проектування та розрахунок гальмівної системи, що модернізується трактора.....	39
3.1 Загальна схема та принцип роботи модернізованої гальмівної системи трактора.....	39
3.2 Проектування та розрахунок основних елементів конструкції.....	42
3.2.1 Розрахунок штовхача головного гідроциліндра гальмівної системи.....	43
3.2.2 Розрахунок пружини головного циліндра гальмівної системи.....	44
3.2.3 Розрахунок болтового з'єднання кріплення кронштейна робочого циліндра гальмівної системи.....	46
4 Технологічна карта обслуговування трактора.....	47
4.1 Технічне обслуговування.....	47
4.2 Щозмінне технічне обслуговування.....	48
4.3 Перше технічне обслуговування.....	48
4.4 Друге технічне обслуговування.....	48

4.5 Третє технічне обслуговування.....	49
4.6 Сезонне обслуговування.....	50
5 Безпека життєдіяльності при експлуатації тракторно-транспортного агрегату у складі трактор.....	51
5.1 Організація робіт з охорони праці на підприємстві.....	51
5.2 Характеристика небезпечних та шкідливих факторів, що супроводжують проєктований процес, природні небезпечні фактори та заходи щодо їх усунення.....	52
5.3 Забезпечення осіб, які працюють на тракторно-транспортному агрегаті засобами індивідуального захисту.....	52
5.4 Можливі небезпечні ситуації під час експлуатації та обслуговування тракторно-транспортного агрегату. Технічні та організаційні заходи щодо їх усунення.....	53
5.4.1 Розрахунок ширини динамічного коридору.....	53
5.4.2 Розрахунок швидкості перекидання на повороті та поздовжньої стійкості під час роботи проєктованого агрегата.....	54
5.5 Організація пожежної безпеки під час експлуатації тракторно-тракторного агрегата.....	57
ВИСНОВОК.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТОК.....	62

## ВСТУП

У сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва, коли механізація тих чи інших процесів має здійснюватися із застосуванням високоефективних технічних засобів та технологій, велика увага приділяється галузі тракторобудування.

Великий період у багатьох господарствах широко використовувався колісний трактор тягового класу 1.4, проте він не міг задовольнити всіх потреб виробників сільськогосподарської продукції.

Платоспроможність традиційних споживачів продукції, тобто. сільського господарства нашої країни та Східної Європи, впала майже до нуля, обсяги їх закупівель постійно скорочувалися. Через невисоку конкурентоспроможність тракторів вітчизняного виробництва, відсутність коштів на технічне переозброєння виробництва та розбудову системи продажів обсяги експорту також катастрофічно скорочувалися. Але в останні роки ведуться роботи з розширення номенклатури тракторів, що випускаються, зі створення універсально-просапних тракторів у тягових класах 0,2...2, 3 і 5, нових моделей гусеничних тракторів у тяговому класі 3 і промислових тракторів.

В даний час трактори широко використовуються в нашій країні в сільськогосподарському виробництві. Співвідношення ціни та якості, які дозволяє їм добре конкурувати з іншими виробниками сільськогосподарської техніки. Однак і вони мають низку не тільки переваг, але й недоліків, усунувши які можна значною мірою підвищити їхню ефективність.

Загалом створення нових та модернізація серійних машин – завдання як технічне, так і економічне. Оскільки трактори, що розробляються, повинні не тільки бути більш досконаліми за технічними характеристиками, а й забезпечувати більш високі економічні показники на всіх видах робіт у різних ґрунтово-кліматичних зонах, які характеризуються як різноманітністю

оброблюваних культур, так і питомими опорами ґрунтів обробці та розмірами ділянок.

В рамках дипломного проектування вирішується завдання модернізації гальмівної системи трактора тягового класу 5 для підвищення ефективності використання на транспортних роботах з двигуном потужністю 220 кВт. Зміна конструкції розроблюваного агрегату тягне у себе зміна економічного ефекту, характеру якого необхідно з'ясувати, тобто. вигідно робити ці зміни в конструкції чи ні. Відповідно до цього у дипломному проекті зроблено економічне обґрунтування проектного рішення.

Таким чином, метою даного дипломного проекту є підвищення експлуатаційних властивостей трактора тягового класу 5 кН під час виконання транспортних операцій за рахунок модернізації гальмівної системи.

# 1 ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАСУ 5 КН ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

## 1.1 Область застосування колісних тракторів тягового класу 2...5

Колісні трактори класу 2...5 в основному це трактори загального призначення, які використовують для виконання основних сільськогосподарських робіт, при вирощуванні сільськогосподарських культур (оранки, дискування, суцільної культивуації, боронування, посіву, збирання та транспортування). Ці трактори відрізняються малим дорожнім просвітом, підвищеною потужністю двигуна та наявністю переднього провідного мосту [6]. Виняток становлять трактори тягового класу 2, вони можуть виконувати операції основного обробітку ґрунту і виконувати операції універсально просапних тракторів.

Багато сільськогосподарських культур для отримання максимального врожаю вимагають дотримання агротермінів, але без широкозахватних агрегатів, проведення таких операцій як оранка, дискування, і суцільна культивуація, дуже складно провести в стислі агростроки, особливо навесні, коли йде на дні. У масштабах господарства це особливо відчувається, оскільки техніка необхідна ще й виконання інших технологічних операцій (транспортування і внесення добрив, посів, боронування сходів тощо.). Оскільки широкозахопні сільськогосподарські машини вимагають потужних енергонасичених тракторів, то господарствам доводиться купувати трактори 2...5 тягового класу [5].

Але трактори 2...5 тягового класу використовуються не тільки для основного обробітку ґрунту, а також для транспортування та внесення твердих і рідких органічних добрив [15]. Загалом вони працюють там, де потрібно виконати великий обсяг роботи за короткий період часу [6].

Оскільки трактори тягового класу 2...5 використовуються на основній обробці ґрунту та транспортних роботах, то при їх конструюванні особлива увага приділяється їх транспортним швидкостям та гальмівним якостям, а також збільшенню прохідності та зниженню переущільнення ґрунту.

Для збільшення прохідності і зниження переущільнення ґрунту найкраще використовувати гусеничні трактори, але в економічних умовах господарства все більше уваги звертають на колісні трактори через ряд переваг колісних рушіїв (колісні рушники не псує тверде покриття доріг, колісні трактори мають більшу транспортну швидкість, менші експлуатаційні витрати. Нині у багатьох господарствах питома вага колісних тракторів сягає 100%.

Останнім часом через нестачу фахівців середньої ланки та хорошого фінансування у багатьох господарствах енергонасичені трактори практично не працюють зі зчіпками, які збільшують ширину захоплення агрегату та дозволяють комбінувати декілька типів сільськогосподарських машин.

Все більшої популярності набувають енергонасичені трактори тягового класу 5 типу та його модифікації. Для них підходить майже весь комплекс сільськогосподарських машин, які раніше агрегувалися з тракторами Т-150 і Т-150К у гіршому випадку доводиться придбати нову сільськогосподарську машину або зробити переналаштування (плуги від старих тракторів не підходять до трактора нового покоління, оскільки останній має тільки триточки та може працювати за схемою «Колеса трактора – поза борозною», тим самим отримує можливість роботи з плугами від гусеничних тракторів).

Колісні енергонасичені трактори мають один недолік сильне ущільнення ґрунту на глибину до 1 метра. Проблема переущільнення ґрунту колісними тракторами загального призначення вирішується застосуванням комбінованих агрегатів, таких як РВК, АКШ тощо, встановлення широкопрофільних або здвоєних шин.

Застосування трактора особливо виправдане на легких піщаних і супіщаних (вільних від каміння) і торф'яно-болотних ґрунтах, оскільки

тяговий опір цих ґрунтів коливається в межах 25...45 кН/м<sup>2</sup>, навіть на такій енергоємній операції як оранка трактору Беларус-3 шириною захвату до 30 метрів, зі швидкостями 5-10 км/год.

Трактор обладнаний новою кабіною сучасного дизайну з покращеними умовами праці для оператора та з переднім ведучим мостом (ПВМ) виробництва мінського тракторного заводу. Сільськогосподарський енергонасичений колісний трактор тягового класу 5,0 з колісною формулою 4x4 призначений для виконання різних сільськогосподарських робіт з навісними, напівнавісними, причіпними машинами та знаряддями, вантажно-розвантажувальними засобами, для приводу стаціонарних сільськогосподарських машин, а також для транспортних. Більш міцна та комфортна кабіна циліндричної форми покращеного зовнішнього дизайну та інтер'єру.

Для поліпшення умов праці оператора передбачені: тоновані сферичні травмобезпечні стекла, сонцезахисна шторка, збільшений об'єм кабіни, зручніше розташування важелів бокового пульта та додаткового сидіння з відкидною спинкою, додаткове заднє вікно. Безрамкові двері та приклеєні лобові сферичні шибки забезпечують хорошу оглядовість.

Трактор обладнується реверсивним постом керування для тривалої роботи в режимі реверсу із сільськогосподарськими машинами, що навішуються на задній навісний пристрій. Облицювання та крила сучасного дизайну. На тракторі встановлений рядний шестициліндровий дизель з турбонаддувом, номінальною потужністю 300 к.с. при 2200 об/хв колінчастого валу.

## 1.2 Експлуатаційні властивості колісних тракторів та шляхи їх підвищення

Колісний трактор це складний, енергетичний та рухомий технічний засіб, що використовується для комплексної механізації в агропромисловому

комплексі (АПК), а також для внутрішніх перевезень сільськогосподарських вантажів. Відповідно до необхідних вимог, колісні трактори повинні мати певні експлуатаційні якості та властивості, що оцінюються науково обґрунтованими вимірювачами-показниками [19].

Властивість характеризує якусь одну сторону машини, виявлену у взаєминах з такою ж стороною іншої машини. Наприклад, стійкість на схилах трактора гірничої модифікації вища за стійкість трактора сільськогосподарської модифікації того ж класу [19].

Якість – це сукупність властивостей, що становлять таку визначеність машини, яка відрізняє її від іншої машини. Наприклад, внаслідок поєднання високих тягово-зчіпних властивостей трактора, виконаного за колісною формулою 4К4, з покращеною плавністю ходу та підвищеною енергонасиченістю його продуктивність при інших незмінних властивостях набагато вища за продуктивність трактора з колісною формулою 4К2 [19].

Підвищення та науково-практичне обґрунтування нових експлуатаційних властивостей колісних тракторів та їх вимірювачів, а також розуміння об'єктивного зв'язку між вимірювачами експлуатаційних властивостей та реальними експлуатаційними якостями машин має суттєве значення для вдосконалення структури машинно-тракторного парку, підвищення родючості ґрунту та врожаю рослин, збереження та збільшення обсягів продовольства та сиру.

Найважливішими експлуатаційними якостями, що вивчаються в теорії трактора і є сукупністю експлуатаційних властивостей, що характеризують його окремі сторони, є продуктивність, економічність і прохідність [19].

Основними показниками, що характеризують енергетичні властивості тракторів, є продуктивність та питома витрата палива сільськогосподарськими агрегатами, що становить значну частку експлуатаційних витрат у собівартості виконуваних робіт.

Продуктивність тракторів характеризується обсягом виконаної роботи за одиницю часу при дотриманні заданих умов технологічного процесу та безпеки, що може визначатися, наприклад, розміром обробленої площі, масою вантажу, що перевозиться, за одиницю часу і т.д.

Собівартість виконаних робіт залежить від таких показників: питомої витрати палива, мастильних матеріалів та їх вартості, витрат на заробітну плату водіїв, витрат на технічне обслуговування та ремонт, розмірів відрахувань на амортизацію.

Агротехнічні (агроекологічні) властивості пов'язані переважно з прохідністю і маневреністю тракторних агрегатів. Як показники для оцінки прохідності використовують тиск на ґрунт, буксування, агротехнічний та дорожній просвіт, тип та конструктивні особливості рушя, габаритні параметри тракторів. Загальнотехнічні властивості пов'язані переважно із забезпеченням зручності роботи та обслуговування, санітарно-гігієнічних умов та умов безпеки роботи водіїв. Вони оцінюються рядом показників: граничним рівнем шуму, вібрації, запиленості, загазованості та мікрокліматів у кабіні; легкістю обслуговування, готовністю до роботи тощо [10].

Безпека роботи оператора МТА оцінюється граничними кутами стійкості, критичними швидкостями руху та гальмівними якостями [4].

Загалом сучасні колісні трактори повинні відповідати широкому спектру експлуатаційних вимог, що базуються на науково обґрунтованих властивостях та показниках. До цих вимог відносяться, насамперед, забезпечення високої продуктивності, економічності та безпеки під час виконання всього комплексу сільськогосподарських робіт у найкращі агротехнічні терміни.

Продуктивність трактора, що працює в агрегаті з сільськогосподарськими машинами, залежить від їхньої ширини захоплення, потужності тракторного двигуна, тягового опору машин, середньої швидкості руху машинно-тракторного агрегату та інших факторів.

Продуктивність трактора при роботі на транспортних операціях безпосередньо пов'язана зі швидкістю та безпекою руху, де найбільша увага приділяється гальмівним властивостям та ефективності гальмівної системи трактора.

Крім того, продуктивність залежить від ступеня стомлюваності тракториста, яка, у свою чергу, залежить від плавності ходу трактора, захищеності кабіни від шуму, газів, пилу та температури навколишнього середовища, легкості управління та обслуговування, оглядовості кабіни, тобто так званих ергономічних властивостей тракторів, що характеризують умови праці тракториста та обслуговуючого персоналу.

Інтегральний показник продуктивності та економічності трактора – собівартість виконуваних сільськогосподарських робіт. Вимоги, спрямовані на забезпечення високої продуктивності, повинні виконуватись спільно з агротехнічними вимогами та вимогами безпеки руху [16]. Ці вимоги взаємопов'язані.

Для підвищення ефективності використання колісних тракторів при виконанні транспортних робіт найбільша увага приділяється гальмівним властивостям трактора та ефективності роботи гальмівної системи трактора, що забезпечує роботу на більш високих швидкостях з дотриманням вимог безпеки. Все це дозволяє підвищити продуктивність та паливну економічність за рахунок підвищення середньої швидкості руху тракторно-транспортного агрегату загалом [20].

### 1.3 Види гальмівних систем та класифікація гальмівних механізмів

Гальмівні системи призначені для зниження швидкості руху, підтримки постійної швидкості під час руху на спусках та утримання машини на стоянці. У гусеничних машинах і деяких колісних тракторах гальмівні системи також забезпечують гальмування гусениць, що відстають, або коліс при поворотах.

Розрізняють такі види гальмівних систем: робочу, необхідну регулювання швидкості руху машини та її плавної зупинки; стоянкову, яка слугує для утримання машини на ухилі; запасну, що спрацьовує при відмові робочої та її невід'ємною частиною (скомпонована з використанням загальних гальмівних механізмів і систем приводу); допоміжну, що використовується для гальмування на довгих пологих спусках (моторне гальмо, ретардер); аварійну, використовується зниження швидкості чи зупинки причепа у разі його обриву [15].

На сільськогосподарських тракторах найчастіше застосовуються робоча та стоянкова гальмівні системи.

Гальмівна система складається з гальмівного механізму та його приводу. Гальмівний механізм служить створення штучного опору руху трактора чи автомобіля. Найбільшого поширення набули фрикційні гальма, принцип дії яких заснований на використанні сил тертя між нерухомими і деталями, що обертаються. У барабанному гальмі сили тертя створюються на внутрішній, циліндричній поверхні обертання, в стрічковому - на зовнішній, а в дисковому - на бічних поверхнях диска, що обертається.

Колісні гальмівні механізми діють на маточину колеса, а трансмісійні – на один із валів трансмісії. Колісні гальма використовують у робочій гальмівній системі, трансмісійні – у стоянковій.

Гальмівний привід призначений для керування гальмівними механізмами при гальмуванні. За принципом дії гальмівні приводи поділяють на механічні, пневматичні та гідравлічні. Як правило, механічний привід гальм застосовують на всіх гальмах тракторів. Цей привід використовують і на гальмах стоянки, якими обладнані всі автомобілі і деякі трактори. На великовантажних лісовозних автомобілях та колісних тракторах великих класів тяги використовуються гальмівні механізми із пневмопідсилювачами.

До гальмівним системам пред'являються такі основні вимоги: створення необхідного гальмівного моменту та забезпечення стабільності у процесі

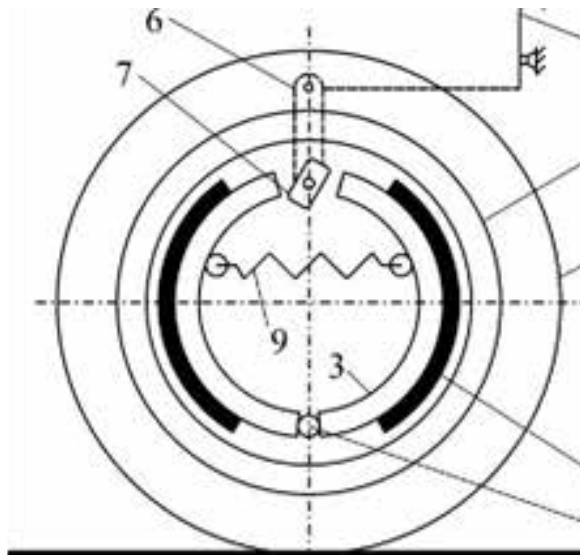
гальмування; плавність гальмування; правильний розподіл гальмівного моменту між окремими гальмами; збереження стійкості при гальмуванні машини; висока надійність та безвідмовність; зручність в управлінні та обслуговуванні; забезпечення пропорційності між зусиллям на педалі гальма та величиною гальмівного моменту.

Колодкові гальмівні механізми.

Колодкове гальмо складається з гальмівного барабана 1 з ребрами охолодження (рис. 1), який обертається разом з колесом 2, всередині барабана розташовані дві чавунні колодки 3 з фрикційними накладками 4. Колодки шарнірно укріплені на пальцях 5 опорного гальмівного диска гальмо) і до фланця поворотної цапфи (переднє гальмо). Гальмівний барабан виготовляється із звичайного або легованого чавуну.

При натисканні на педаль гальма 8 поворотний кулак 7 (пневматичний привід) або поршень гальмівного колісного циліндра (гідравлічний привід) розсуває верхні кінці колодок і притискає фрикційні накладки у внутрішньої поверхні гальмівного барабана. При відпусканні педалі гальма пружина 9 зводить колодки у вихідне положення і колесо розгальмовується.

Основним недоліком колодкового гальма є значне нагрівання виконавчих механізмів при інтенсивному гальмуванні (від 20 до 100 °C), що призводить до інтенсивного зношування гальмівних накладок та погіршення ефективності гальмування через зниження коефіцієнта тертя.



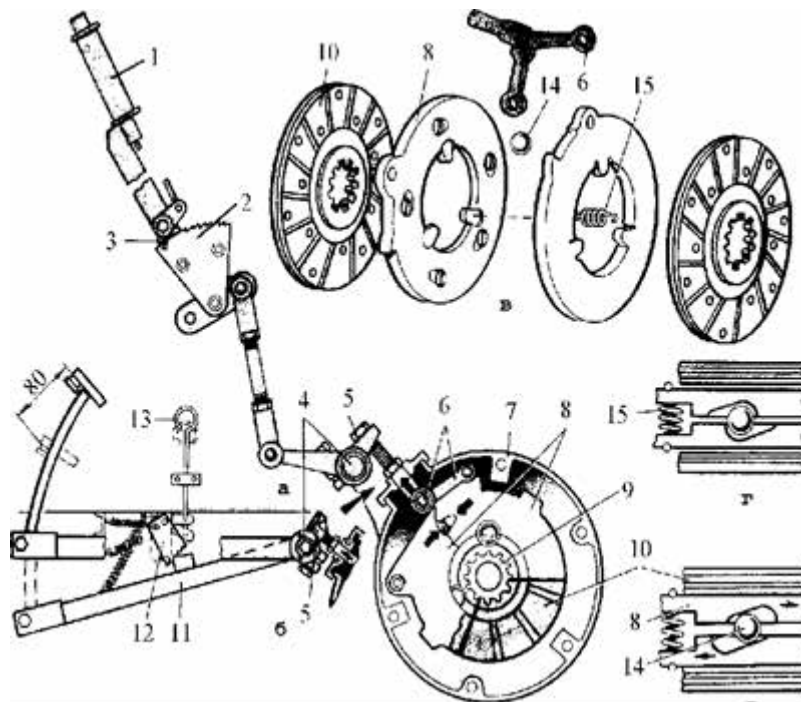
1-гальмівний барабан; 2 – колесо автомобіля; 3 – гальмівні колодки;  
 4 – фрикційні накладки; 5 – вісь опори колодок; 6 – важіль повороту;  
 7 – поворотний кулак; 8 – гальмівна педаль; 9 - зворотна пружина

Рисунок 1 - Схема колодкового гальма

Дискові гальмівні механізми. Дискові гальмівні механізми забезпечують найбільший гальмівний ефект і надійніше у роботі на відміну колодкових гальмівних механізмів. Відповідно до прийнятої класифікації дискові гальмівні механізми можуть бути з кількома дисками, що обертаються, забезпеченими фрикційними накладками, які притискаються до нерухомого корпусу і з одним обертовим диском, який з обох боків затискається нерухомими колодками (вантажні автомобілі малого класу вантажопідйомності).

Дискове колісне гальмо трактора складається з чавунного корпусу 7 (рис. 2), всередині якого міститься гальмівний механізм. Диски (два сталевих сполучних 10 і два чавунних натискних 8) стягнуті пружинами 15 і розташовані між поверхнями, що труться, корпусу і кришки. З'єднувальні диски мають з обох боків фрикційні накладки. У похилих канавках натискних дисків розміщуються сталеві кульки 14.

Привід гальм може бути механічним (за допомогою системи важелів) або гідравлічним (за допомогою колісних гальмівних циліндрів). Наприклад, якщо перемістити важіль 1 стоянково-запасного гальма на себе (на рисунку - вправо), то натискні диски 8 повертаються тягами 6 в різні сторони, відходять один від одного і притискають сполучні диски 10 до нерухомих площин кожуха і кришки склянки. Під дією сили тертя сполучні диски утримують від обертання провідну шестерню кінцевої передачі та колеса площі поверхні тертя, можна зменшити діаметр гальма трактора шляхом збільшення числа дисків.



а - стоянковий; б – основний; в - складові частини; г - гальмо вимкнене; д - гальмо включене; 1 – важіль; 2 – зубчастий сектор; 3 - клямка; 4 - вісь проміжного важеля; 5 - регулювальний болт; 6 - тяги; 7 – кожух; 8 – натискні диски; 9 - хвостовик провідної шестерні кінцевої передачі; 10 – з'єднувальний диск; 11 - педаль; 12 - клямка педалі; 13 - тяга включення клямки; 14 - кулька; 15 - пружина

Рисунок 2 - Гальмо дискового типу колісного трактора

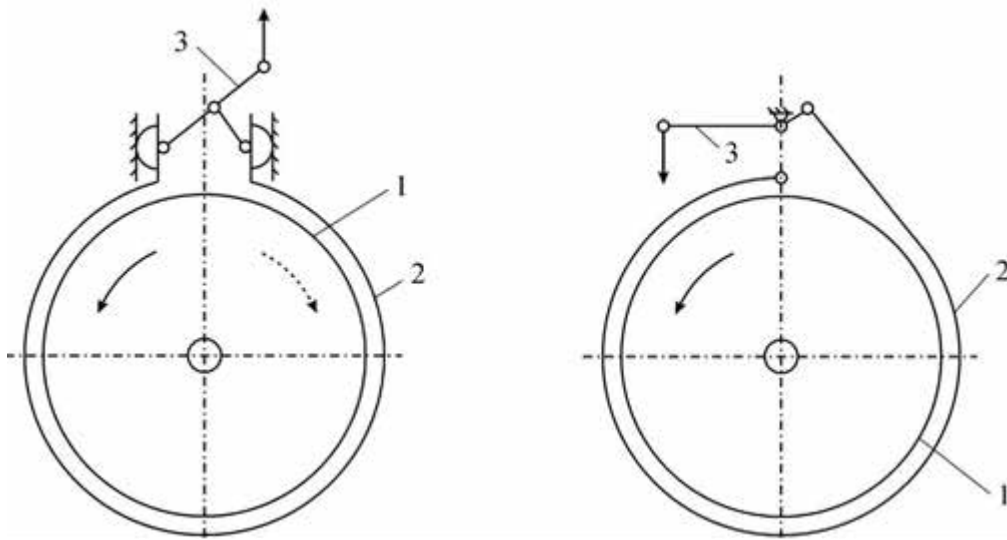
Основні гальма (рис. 2 б) служать для швидкої зупинки трактора і для здійснення крутих поворотів. Під час руху трактора з'єднувальні диски

обертаються разом із провідними шестернями. Якщо натиснути на педаль 11 гальма, то натискні диски притиснуть з'єднувальні диски, що обертаються, до нерухомих стінок кожуха. Під дією тертя з'єднувальні диски стають разом з провідною шестернею кінцевої передачі, пригальмовуючи відповідне провідне колесо. У цьому положенні педаль можна утримувати тривалий час за допомогою клямки 12.

Стрічкові гальмівні механізми (рис. 3) складаються з гальмівного шківів, укріпленого на валу, що обертається, силової передачі, і огинає його гальмівною стрічкою з фрикційною накладкою. У простого стрічкового гальма один кінець стрічки закріплений нерухомо, інший прикріплений до двоплечого важеля, з'єданого тягою з педаллю. Провисання стрічки обмежується упором та пружинами. При натисканні на педаль гальма, важіль зтягує стрічку на шківі, а сили тертя, що виникають, загальмовують шків. Прості стрічкові гальма забезпечують інтенсивне гальмування лише за обертання шківів однією стороною (бік зтяжки). Найбільшого поширення на гусеничних лісових тракторах набули плаваючі стрічкові гальма.

Плаваюче стрічкове гальмо забезпечує ефективне гальмування трактора зі змінним напрямом обертання барабана. При плаваючому кріпленні стрічки обидва кінці її рухливі і з'єдані з важелем, пальці якого розташовані у вирізах нерухомого кронштейна. При обертанні шківів один із пальців стає нерухомим, а другий зтягує стрічку та гальмівний шків незалежно від напрямку його обертання. При цьому зтягується завжди буде гілка, що збігає. У плаваючому гальмі необхідне зусилля зтягування менше, ніж у простому гальмі.

Розміри гальмівного барабана залежать від розмірів агрегату в якому монтується гальмо і приймаються з конструктивних міркувань. Ширина гальмівної стрічки приймається залежно від допустимого тиску.



а - з плаваючим кріпленням стрічки; б – з нерухомим кріпленням стрічки; 1 - гальмівний шків; 2 – гальмівна стрічка; 3 - важіль

Малюнок 5 - Схема стрічкового гальма

Доцільно приймати дві вузькі стрічки, ніж одну широку, оскільки за великої ширини стрічка нерівномірно прилягає до гальмівного барабана. Товщина стрічки приймається такою, за якої стрічка вважається абсолютно гнучкою - 1,5-3 мм [11].

#### 1.4 Висновки та завдання дипломного проекту

Аналіз літературних джерел, інформаційних матеріалів сільськогосподарських виставок та ярмарків, відгуки фахівців-аналітиків та виробників сільськогосподарської техніки дозволяють оцінити основні тенденції у розвитку тракторів. 5 тягового класу вітчизняного та зарубіжного виробництва. За даними фірми Grieger mallison consult gmbh (Німеччина) у Німеччині та Франції продаж тракторів потужністю 75... 121 кВт і більше постійно зростають. При цьому частка тракторів у діапазоні потужностей 25..37 кВт та 37 кВт. 59 кВт у цих країнах з кожним роком знижується.

Аналогічні тенденції помічені та інших розвинених країн світу. Здебільшого це пов'язують із укрупненням фермерських господарств.

Практично всі найбільш відомі тракторобудівні фірми світу розширили потужні ряди машин, що випускаються, або оновили їх модельні ряди за рахунок пропозиції потужних колісних тракторів. Середня потужність у країнах Європи коливається в межах 110-200 к.с. При цьому велика увага приділяється безпеці та надійності цих тракторів. Відповідно та розвитку гальмівних систем, які є одним із найважливіших показників безпеки при виконанні транспортних робіт на підвищених швидкостях руху тракторно-транспортного агрегату.

Відповідно до цього у дипломному проекті було поставлено такі завдання:

1. Теоретично обґрунтувати доцільність модернізації гальмівної системи трактора з метою підвищення ефективності його роботи на транспортних операціях.
2. Розробити конструкцію гідрооб'ємного приводу гальмівної системи трактора та провести розрахунок основних її елементів.
3. Розробити карту технічного обслуговування трактора із модернізованою гальмівною системою.
4. Обґрунтувати економічну ефективність проектних рішень.

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНОЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЛЬМІВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА

### 2.1 Нормативний гальмівний шлях та гальмівна сила

Нормативний гальмівний шлях, м [14]:

$$S_{TH} = A \cdot V_0 + \frac{V_0^2}{26 \cdot j_{yctn}} \cdot S_{TH} \quad (2.1)$$

Гальмівна сила за нормативом питомої гальмівної сили, Н:

$$P_{TH} = m_{\max} \cdot g \cdot \gamma_{TH} \quad (2.2)$$

Гальмівна сила на передніх провідних колесах за умовами зчеплення Н:

$$P_{T1CЦ} = \frac{\varphi \cdot m_{\max} \cdot g \cdot (q_1 \cdot L + \gamma_{TH} \cdot h_{цм})}{L} \quad (2.3)$$

### 2.3 Осьове зусилля та кількість пар тертя гальмівного механізму

Розрахунковий середній радіус тертя, мм [12, 13]:

$$R_{cp} = \frac{2 \cdot a_{ud} \cdot d_{don} \cdot g \cdot \gamma_{TH} \cdot R_2 \cdot \eta_{kn}}{K_m \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \cdot U_{kn} \cdot q_{don} \cdot \mu} \quad (2.4)$$

Прийнятий середній радіус тертя, мм:

$$R_{cp} = 127,25$$

Кількість пар тертя за питомим тиском:

$$z = \frac{T_{\max} \cdot g \cdot \gamma_{TH} \cdot R_2 \cdot \eta_{kn}}{1,1 \cdot U_{kn} \cdot q_{don} \cdot \pi \cdot R_{cp} \cdot \mu} \quad (2.5)$$

Кількість пар тертя по питомій роботі тертя:

$$z = \frac{K_m T_{\max} \cdot \left(\frac{V_0^2}{3,6}\right)}{2,2 \cdot a_{yd.don} \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot (R_{cp} \cdot 10^{-3})^2} \quad (2.6)$$

Прийнята кількість пар тертя:

$$z_{np} = 8$$

Момент тертя гальма, Нм:

$$T_{TH} = \frac{P_{TH} \cdot R_2 \cdot 10^{-3} \cdot \eta_{КП}}{U_{КП} \cdot n} \quad (2.7)$$

Осьове зусилля на пари тертя, Н:

$$Q = \frac{T_{TH}}{R_{CP} \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot Z_{np}}$$

### 2.3 Передатне відношення гальмівного приводу

Радіус шарніра регулювальної тяги у вихідному положенні, мм [13]:

$$r_{PT} = \sqrt{r_{шд}^2 - \left(\frac{l_{шд}}{2}\right)^2} + \sqrt{l_T^2 - \left(\frac{l_{шд}}{2}\right)^2} \quad (2.8)$$

Центральний кут між шарніром натискного диска та регулювальної тяги у вихідному положенні

$$\psi' = a \sin\left(\frac{l_{шд}}{2 \cdot r_{шд}}\right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (2.9)$$

Кут відносного повороту натискних дисків для вибору зазору між парами тертя

$$\Delta\psi = a \tan\left(\frac{\Delta S}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180} \cdot r_{шд}\right)}\right) \cdot \frac{\pi}{180} \quad (2.10)$$

Центральний кут між шарнірами натискного диска та регулювальної тяги після вибору зазору між парами тертя

$$\psi = \frac{2 \cdot \psi' - \Delta\psi}{2} \quad (2.11)$$

Радіус шарніра регулювальної тяги після вибору зазорів між парами тертя, мм

$$r_{PT} = r_{шд} \cdot \cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) + \sqrt{l_T^2 - \left(r_{шд} \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2} \quad (2.12)$$

Кут між тягою та радіусом шарніра після вибору зазорів

$$\gamma = \alpha \cos \left( \frac{r_{ШД}^2 + l_T^2 - r_{PT}^2}{2 \cdot r_{ШД} \cdot l_T} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (2.13)$$

Кут між тягою регулювальною тягою після вибору зазорів

$$\beta = 180 - (\varphi + \gamma) \quad (2.14)$$

Хід регулювальної тяги, мм

$$S_{PT} = r_{PT} - r'_{PT} \quad (2.15)$$

Кінематичне передатне відношення педального механічного приводу:

$$U_{III} = \frac{r_{II}}{r_{ГЦ}} \cdot \frac{r_{PC}}{r_{PT}} \quad (2.16)$$

Кінематичне передатне відношення педального гідростатичного приводу:

$$U_{III} = \left( \frac{d_{ГЦ}}{d_{PC}} \right)^2 \quad (2.17)$$

Кінематичне передатне відношення приводу:

$$U_{прив} = U_{III} \cdot U_{II} \quad (2.18)$$

2.4 Зусилля, моменти та робота гальмівного приводу та гальмівних механізмів

Зусилля на регулювальній тязі, Н

$$P_{PT} = \left( \frac{P_{III}}{2} - P_{III} \right) \cdot U_{прив} \cdot \eta_{ш}^k \cdot \eta_{Г}^2 \quad (2.19)$$

Силове передатне відношення натискного пристрою витяжної дії:

$$U_{HY} = \frac{r_{ШД} \cdot \sin \left( \gamma \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{2 \cos \left( \beta \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \left( r_{III} \cdot \tan \left( \alpha \cdot \frac{\pi}{180} \right) - \mu \cdot R_{CP} \cdot Z \right)} \cdot \eta_{III}^3 \quad (2.20)$$

Осьове зусилля на парах тертя, Н:

$$Q_o = P_{PT} \cdot U_{HV} \quad (2.21)$$

Крутний момент для створення тангенційної сили на затискному пристрої "кульки-диски", Нм:

$$M_{HV} = Q_J \cdot r_{Ш} \cdot 10^{-3} \cdot \tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right) \quad (2.22)$$

Сервомомент, Нм:

$$M_{CЭ} = Q_o \cdot R_{CP} \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot Z \quad (2.23)$$

Крутний момент, що витрачається на подолання зворотних пружин натискних дисків при гальмуванні, Нм:

$$M_{PP} = P_{ПРТ} \cdot r_{Ш} \cdot 10^{-3} \cdot \tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot K_{PP} \quad (2.24)$$

Максимальний гальмівний момент при  $P_H = 700$  Н, Нм:

$$M_T = Q_o \cdot R_{CP} \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot Z_{PP} \quad (2.25)$$

Силове передатне відношення гальмівного механізму [13]:

$$U_{TM} = U_{HV} \cdot \mu \cdot Z_{PP} \quad (2.26)$$

Силове передатне відношення гальмівної системи:

$$U_{TC} = U_{ПРИВ} \cdot \eta_{Ш}^k \cdot \eta_{Г}^2 \cdot U_{TM} \cdot \frac{U_{КП}}{\eta_{КП}} \cdot \frac{R_{CP}}{R_2} \quad (2.27)$$

Максимально можлива гальмівна сила на колесах, Н:

$$P_{T\_max} = P_{ПН} \cdot U_{TC} \quad (2.28)$$

Гальмівна сила на передніх провідних колесах за умовами приводу Н:

$$P_{T1\_ПВМ} = \frac{M_{M\_ПВМ} \cdot U_{П\_ПВМ}}{\eta_{П\_ПВМ} \cdot R_1 \cdot 10^{-3}} \quad (2.29)$$

Реалізована гальмівна сила на передніх колесах, Н:

$$P_{T1} = if\left(P_{T1\_CЦ} < P_{T1\_ПВМ}, P_{T1\_CЦ}, P_{T1\_ПВМ}\right) \quad (2.30)$$

Гальмівна сила, що реалізується задніми провідними колесами за умовами зчеплення, Н:

$$P_{T2} = \frac{m_{\text{max}} \cdot g \cdot \phi}{L + h_{\text{ЦМ}} \cdot \phi} \cdot \left[ L - a_{\text{ЦМ}} - h_{\text{ЦМ}} \cdot \left( f + \frac{P_{T1}}{m_{\text{max}} \cdot g} \right) \right] \quad (2.31)$$

Сумарна гальмівна сила, що реалізується передніми та задніми колесами за умовами зчеплення, Н:

$$P_T = P_{T1} + P_{T2} \quad (2.32)$$

Момент тертя гальма за умов зчеплення, Нм:

$$T_T = \frac{P_T \cdot R_2 \cdot 10^{-3} \cdot \eta_{\text{КП}}}{U_{\text{КП}} \cdot n} \quad (2.33)$$

Сила опору руху трактора, Н:

$$P_f = m_{\text{max}} \cdot g \cdot f \quad (2.34)$$

Питома гальмівна сила, що реалізується за умовами зчеплення:

$$\gamma_{T\text{-сц}} = \frac{P_T}{m_{\text{max}} \cdot g} \quad (2.35)$$

Осьове зусилля на пари тертя за умовами нормативу гальмівного шляху, Н:

$$Q_{\text{min}} = \frac{T_{\text{ТН}}}{R_{\text{СР}} \cdot \mu \cdot Z_{\text{ПР}}} \quad (2.36)$$

Площа однієї поверхні тертя, мм<sup>2</sup>:

$$F_T = \frac{\pi \cdot (d_H^2 - d_{\text{ВН}}^2)}{4} \quad (2.37)$$

Питомий тиск на пари тертя, Н/мм<sup>2</sup>:

$$q = \frac{Q_0}{F_T} \quad (2.38)$$

Робота тертя за одне включення одного гальма, Дж:

$$A = \frac{m_{\text{max}} \cdot \left( \frac{V_0}{3.6} \right)^2}{2} \cdot K_M - \frac{m_{\text{max}} \cdot g \cdot f \cdot S_T}{2} \quad (2.39)$$

Питома робота тертя за одне включення, Дж/мм<sup>2</sup>:

$$a_{уд} = \frac{A}{F_T \cdot Z_{ПП}} \quad (2.40)$$

Частка роботи тертя, що йде на нагрівання деталі, що найбільш нагрівається:

$$\gamma_a = \frac{Z_H}{Z_{ПП}} \quad (2.41)$$

Приріст температури деталі, що найбільш нагрівається

$$\Delta t = \frac{\gamma_a \cdot A \cdot 10^{-3}}{4.1868 \cdot c \cdot m_D} \quad (2.42)$$

## 2.5 Основні показники гальмівної системи трактора

Уповільнення за умов зчеплення,  $m/s^2$ :

$$j_{уст} = \frac{P_T + P_f}{K_M \cdot m_{\max}} \quad (2.43)$$

Гальмівний шлях за умовами зчеплення, м [14, 20]:

$$S_T = \frac{V_0}{3.6} \cdot t_{cp} + \frac{V_0^2}{26 \cdot j_{устH}} \quad (2.44)$$

де  $t_{cp}$ -час спрацьовування гальмівного приводу – час від початку приведення в дію органу управління гальмівної системи до моменту часу, коли тиск у виконавчому органі гальмівного приводу, що перебувають у найменш сприятливих умовах, досягає 75% тиску, який має встановитися в цьому виконавчому органі за повного приведення в дію органу.

$t_{cp (сер)} = 0,2$  с – час спрацьовування гальмівного приводу серійного трактора;

$t_{cp} = 0,15$  с – час спрацьовування гальмівного приводу трактора з модернізованою гальмівною системою;

Гальмівний шлях за умовами зчеплення (серійний трактор), м:

$$S_{T(сер)} = \frac{\Delta V}{3,6} \cdot t_{cp} + \frac{\Delta V^2}{26 \cdot j_{устm}}$$

Заносимо результати розрахунку таблицю 2.1.

Таблиця 2.1. – результати розрахунку гальмівного шляху за умовами зчеплення (серійний трактор)

$\Delta V$ , км/год	30,00	32,00	34,00	36,00	38,00	40,94
$S_{T(сер)}$ , м	6,92	7,76	8,64	9,57	10,54	12,06

Гальмівний шлях за умовами зчеплення (трактор з гальмівною системою, що модернізується), м:

$$S_T = \frac{\Delta V}{3,6} \cdot t_{cp} + \frac{\Delta V^2}{26 \cdot j_{уст}}$$

Заносимо результати розрахунку таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. – Результати розрахунку гальмівного шляху за умовами зчеплення (трактор з гальмівною системою, що модернізується)

$\Delta V$ , км/ч	30,00	32,00	34,00	36,00	38,00	40,94
$S_T$ , м	6,50	7,31	8,17	9,07	10,01	11,49

За отриманими значеннями (таблиці 2.1 та 2.2) будемо графік гальмівного шляху за умовами зчеплення для серійного трактора та трактора з модернізованою гальмівною системою (рис. 2.1).

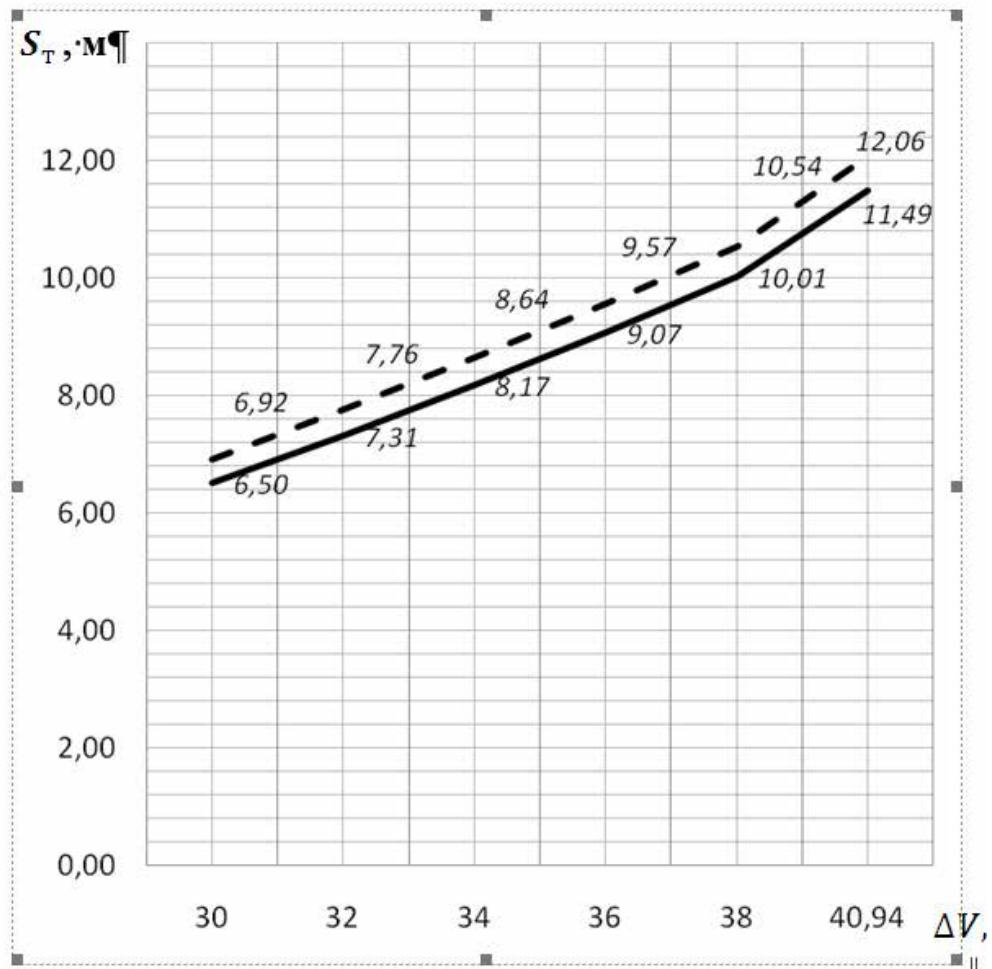


Рисунок 2.1 – Графік гальмівної колії за умовами зчеплення рушія з опорною поверхнею трактора

Коефіцієнт запасу за гальмівною силою [20]:

$$K_{TC} = \frac{P_T}{P_{TH}} \quad (2.45)$$

Коефіцієнт запасу міцності за нормативним гальмівним шляхом:

$$K_{TH} = \frac{S_{TH}}{S_T} \quad (2.46)$$

Аналіз представленого на рисунку 2.1 графіка гальмівного шляху за умовами зчеплення рушія з опорною поверхнею трактора із серійною та модернізованою гальмівною системою, побудований для заданого ґрунтового фону, показує, що використання модернізованої гальмівної системи покращує

її гальмівні властивості. Трактор на транспортних операціях, за рахунок можливого збільшення швидкості руху за дотримання вимог безпеки руху.

Спостерігається значне зменшення гальмівного шляху трактора на різних швидкостях руху, за рахунок більш ефективної роботи гальмівної системи, що модернізується.

Таким чином, відповідно до отриманих даних (табл. 2.1 і 2.2, рис. 2.1), а також виходячи з того, що зміна гальмівного шляху приблизно пропорційно зміні квадрату швидкості можна зробити висновок про те, що модернізація гальмівної системи трактора дозволяє підвищити дотримання необхідних вимог безпеки або зменшити середній час рейсу  $t_{pc}$  – на 5-10% відповідно.

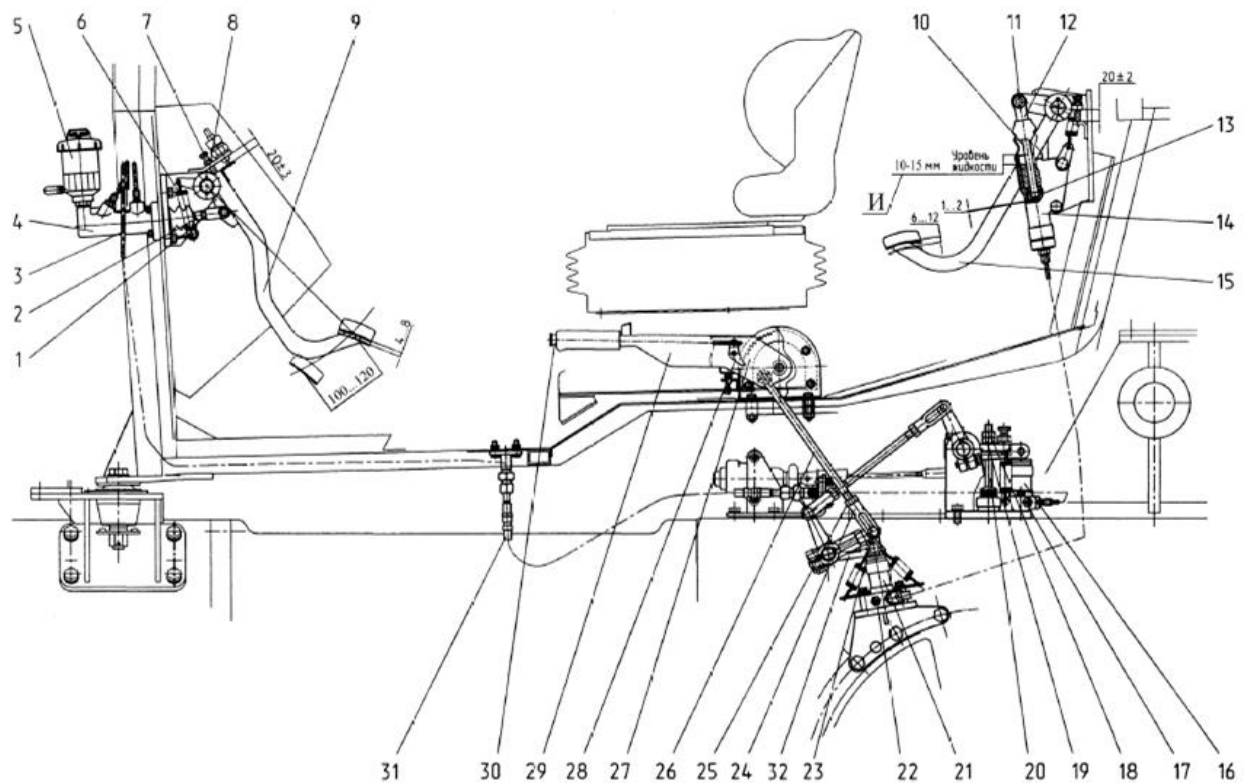
Таким чином, результатами розрахунку оціночних показників гальмівних властивостей колісного трактора обґрунтовано доцільність модернізації його гальмівної системи.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА, ЩО МОДЕРНІЗУЄТЬСЯ

Метою дипломного проекту є підвищення експлуатаційних властивостей трактора за рахунок модернізації гальмівної системи, що дозволяє працювати під навантаженням на більш високих швидкостях за дотримання вимог безпеки

#### 3.1 Загальна схема та принцип роботи модернізованої гальмівної системи трактора

Привід гальм призначений керувати гальмами, як у прямому ході трактора, і на реверсі. Тип приводу гальм гідростатичний із підвісними педалями. Привід (рис. 3.1) складається з головних циліндрів 4 (для прямого ходу) і 14 (в режимі реверсу), підвісних педалей 9 (для прямого ходу) і 15 (в режимі реверсу), робочих циліндрів 16 (для прямого ходу) і 21 (в режимі реверсу). як робочу рідину застосовується гальмівна рідина «DOT» ТУ 2451-053-36732629-2003.



1 – контргайка; 2 – штовхач; 3 – трубопровід; 4 – головний циліндр; 5 – бачок; 6 – пружина; 7 – болт; 8 – гайка; 9 – педаль; 10 – штовхач; 11 – палець; 12 – вилка; 13 – поршень; 14 – головний циліндр; 15 – педаль реверсу; 16 – робочий циліндр; 17 – перепускний клапан; 18 – контргайка; 19 – регулювальна гайка; 20 – тяга; 21 – робочий циліндр реверсу; 22 – перепускний клапан; 23 – палець; 24 – виделка; 25 – контргайка; 26 – тяга; 27 – сектор; 28 – фіксатор; 29 – важіль; 30 – кнопка; 31 – рукав гнучкий; 32 – важіль.

Рисунок 3.1. - Схема керування гальмами

Механізми приводу гальм є загальними як для приводу гідроциліндрами від педалей (на прямому ході і реверсі), так і для механічного ручного приводу від важеля управління 29 через систему тяг і важелів на обидва колеса. При управлінні педалями 9 на прямому ході забезпечується роздільне (по бортах) управління гальмами і управління на обидва гальма при блокуванні педалей. При управлінні педалью реверсу 15 і при ручному управлінні гальмування здійснюється двома задніми колесами одночасно від робочого циліндра

реверсу 21 і важеля 32 (для реверсу) і від важеля управління 29, через тягу 26 (для ручного управління).

Головний гальмівний циліндр (рис. 3.2) призначений для створення необхідного тиску робочої рідини в гальмівній системі трактора.

При дії на педаль гальма штовхач головного гальмівного циліндра, пов'язаний з важелем педалі, переміщається вперед. При цьому закривається запірний клапан 4, через який в корпус 2 надходить гальмівна рідина з бачка.

Поршень 3 переміщається вперед, штовхаючи зрівняльний клапан 5 при цьому частина рідини під тиском надходить в зрівняльну камеру 7, що забезпечує вирівнювання тиску рідини в магістралях робочих циліндрів правого і лівого гальм при впливі на блоковані педалі. Робоча рідина при цьому подається під тиском через вихідний отвір 6 по трубопроводу в робочий циліндр гальма. Поршень робочого циліндра тиском рідини переміщується і через шток повертає важіль, який через сферичну шайбу, зафіксовану на тязі, піднімає її, затягуючи натискними дисками гальмо. При знятті зусилля з педалі поршень робочого циліндра повертається у вихідне положення.

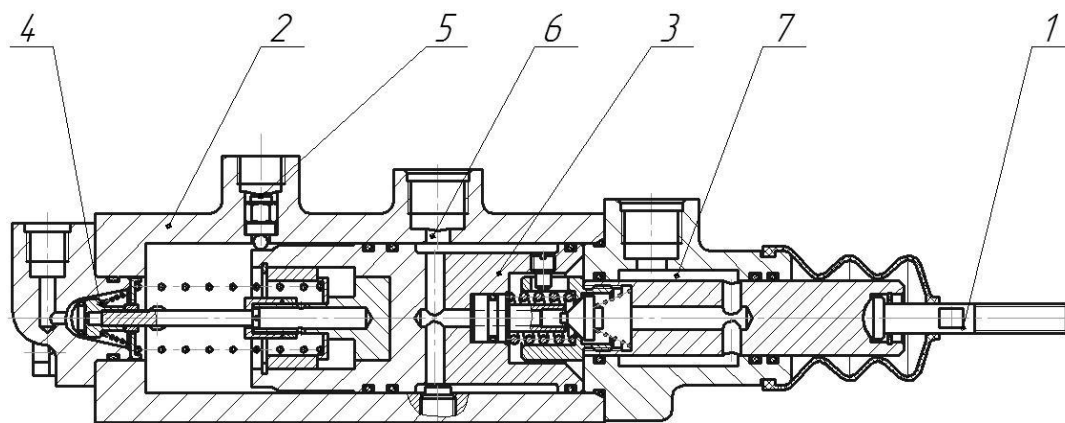


Рисунок 3.2. – Головний гальмівний циліндр

Механізми приводу лівого та правого гальм мають однакову конструкцію. Відрізняються вони лише довжиною валиків механізму приводу орієнтацією їх розташування і зовнішніми важелями.

Роздільна гальмування (лівого і правого колеса) застосовується при виконанні ряду робіт, що вимагають підвищеної маневреності трактора або тракторного агрегату з мінімальними радіусами повороту за рахунок підгальмовування внутрішнього колеса.

### 3.2 Проектування та розрахунок основних елементів конструкції

#### 3.2.1 Розрахунок штовхача головного гідроциліндра гальмівної системи

Розрахунок штовхача головного циліндра (рис. 3.3 – розрахункова схема) гальмівної системи трактора виконаємо за допомогою пакету програми APM WinMachine, що є системою для розрахунку та проектування валів та осей APM Shaft:

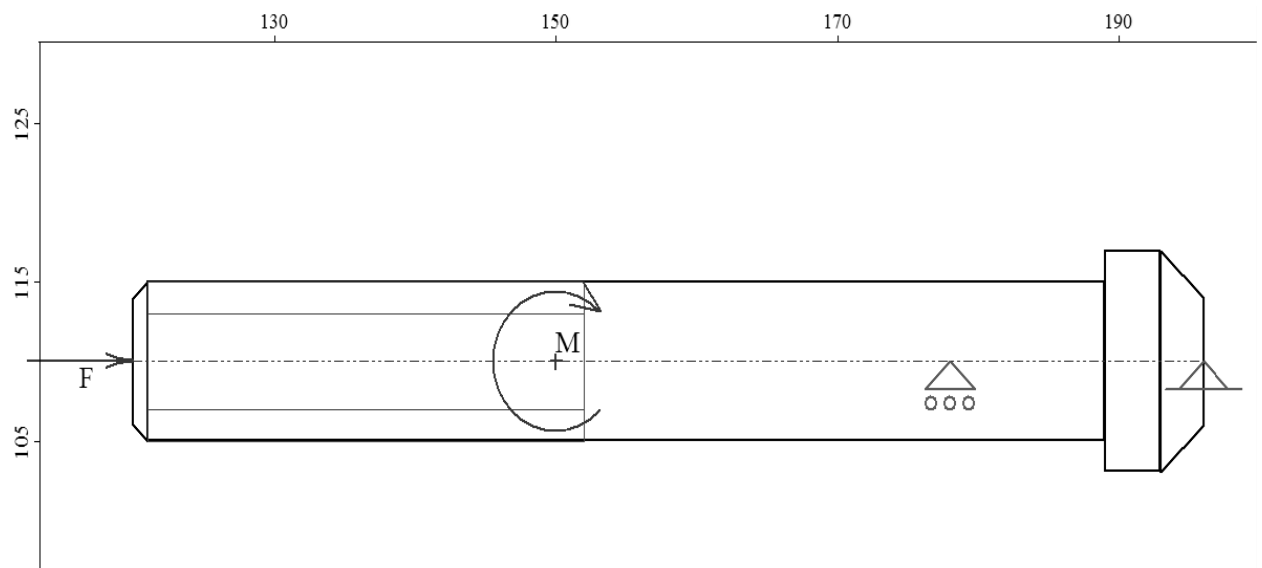


Рисунок 3.3. - Розрахункова схема (штовхач головного циліндра)

Таблиця 3.2. - Вихідні дані

Навантаження			
Моменти вигину			
N	Відстань від лівого кінця валу, мм	Модуль, Нхм	Кут, град
0	30.00	50.00	0.00

<b>Осьові сили</b>						
N	Відстань від лівого кінця валу, мм		Значення, Н			
0	0.00		500.00			
<b>Реакції в опорах</b>						
N	Відстань від лівого кінця валу, мм	Реакція верт., Н	Реакція гориз., Н	Реакція осьова, Н	Модуль, Н	Кут, град
0	58.00	-2777.78	0.00	0.00	2777.78	-90.00
1	76.00	2777.78	0.00	-500.00	2777.78	90.00

Таблиця 3.3 - Власні частоти

<b>Поперечні коливання</b>	
N	Частота, рад/с
0	11460.868
1	74569.243
2	211792.318
3	402088.057
4	530244.322
<b>Крутильні коливання</b>	
N	Частота, рад/с
0	111170.955
1	237722.977
2	376051.525
3	517102.438

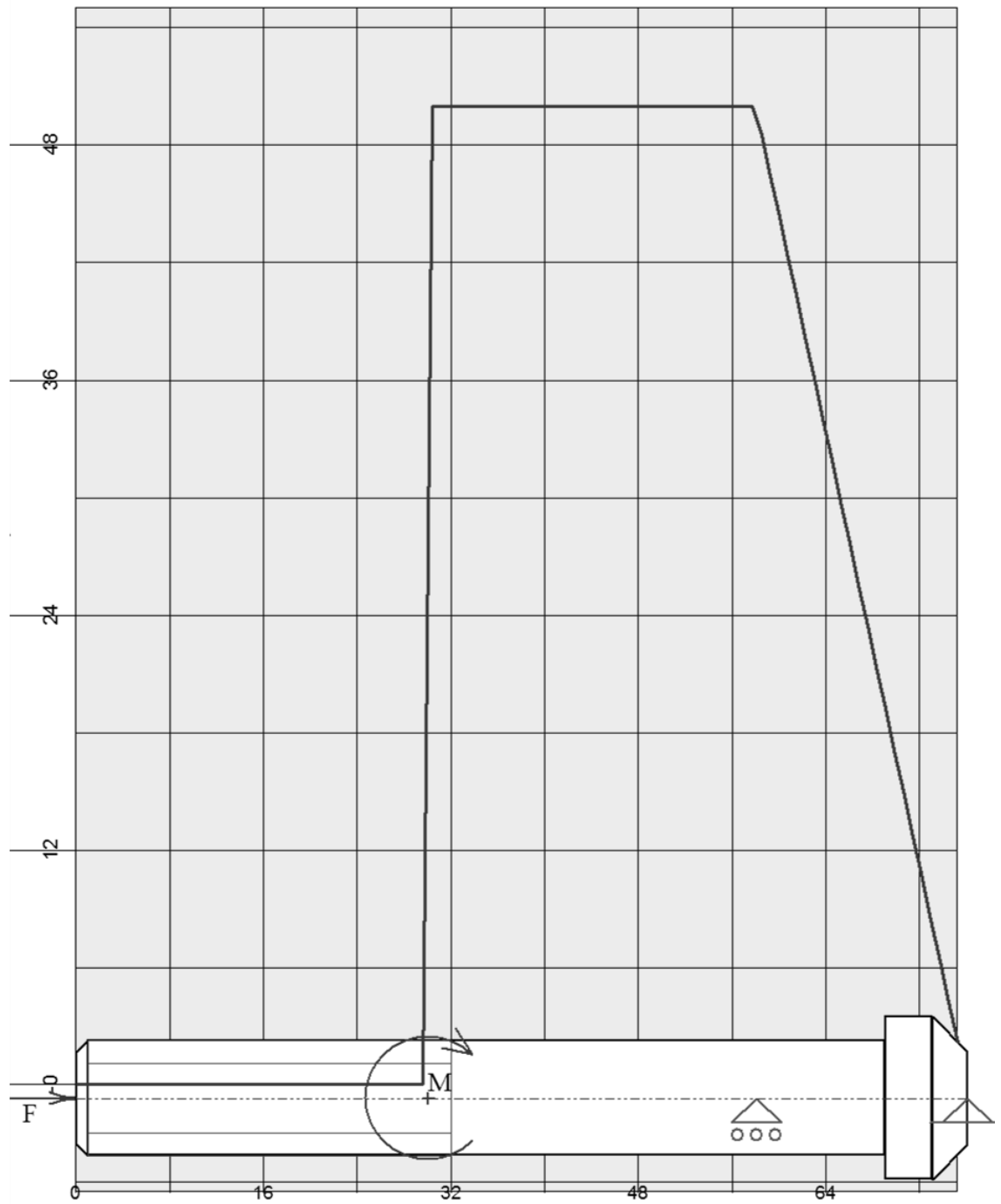


Рисунок 3.5. – Момент вигину штовхача у вертикальній площині

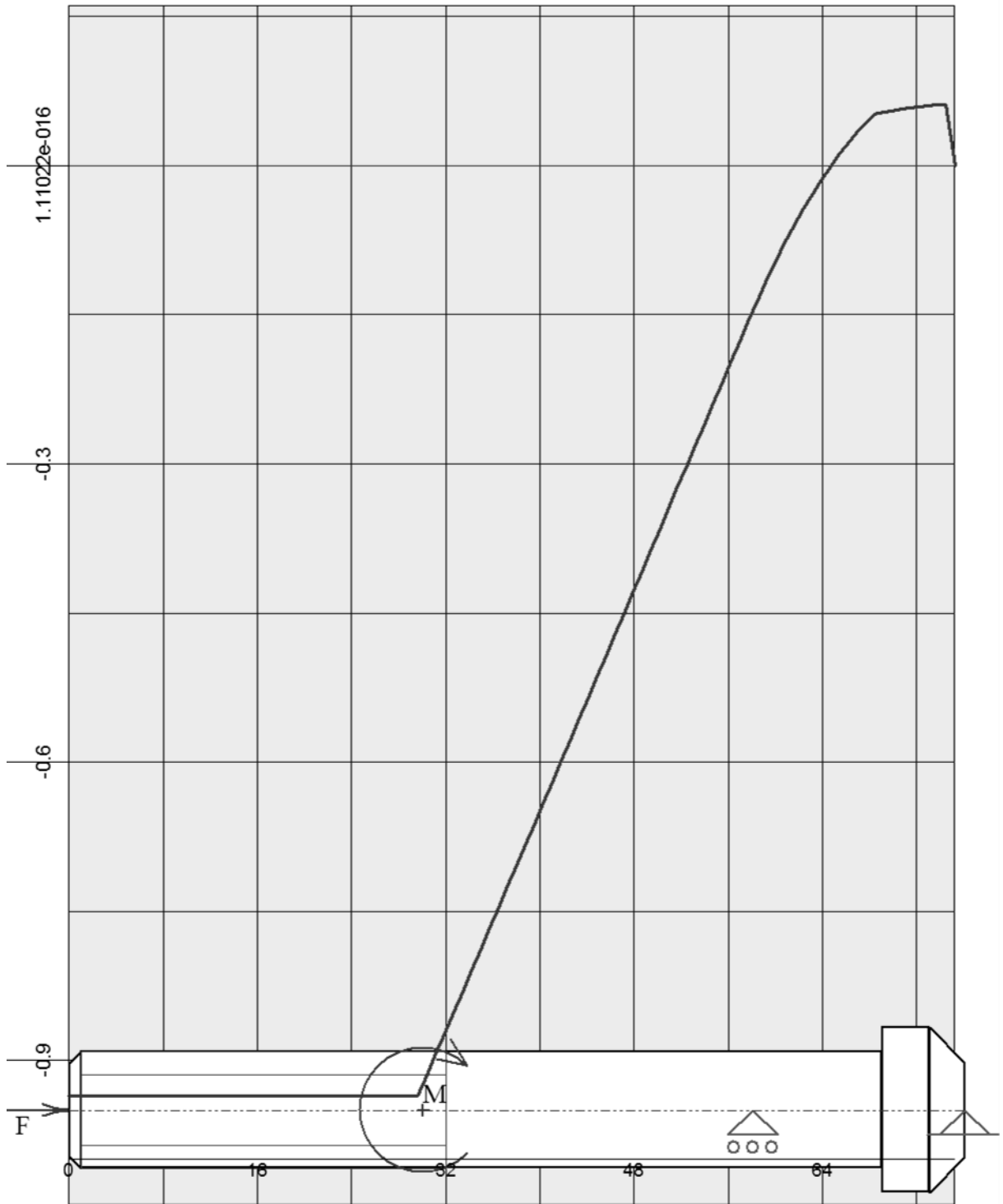


Рисунок 3.6. – Кут вигину штовхача у вертикальній площині

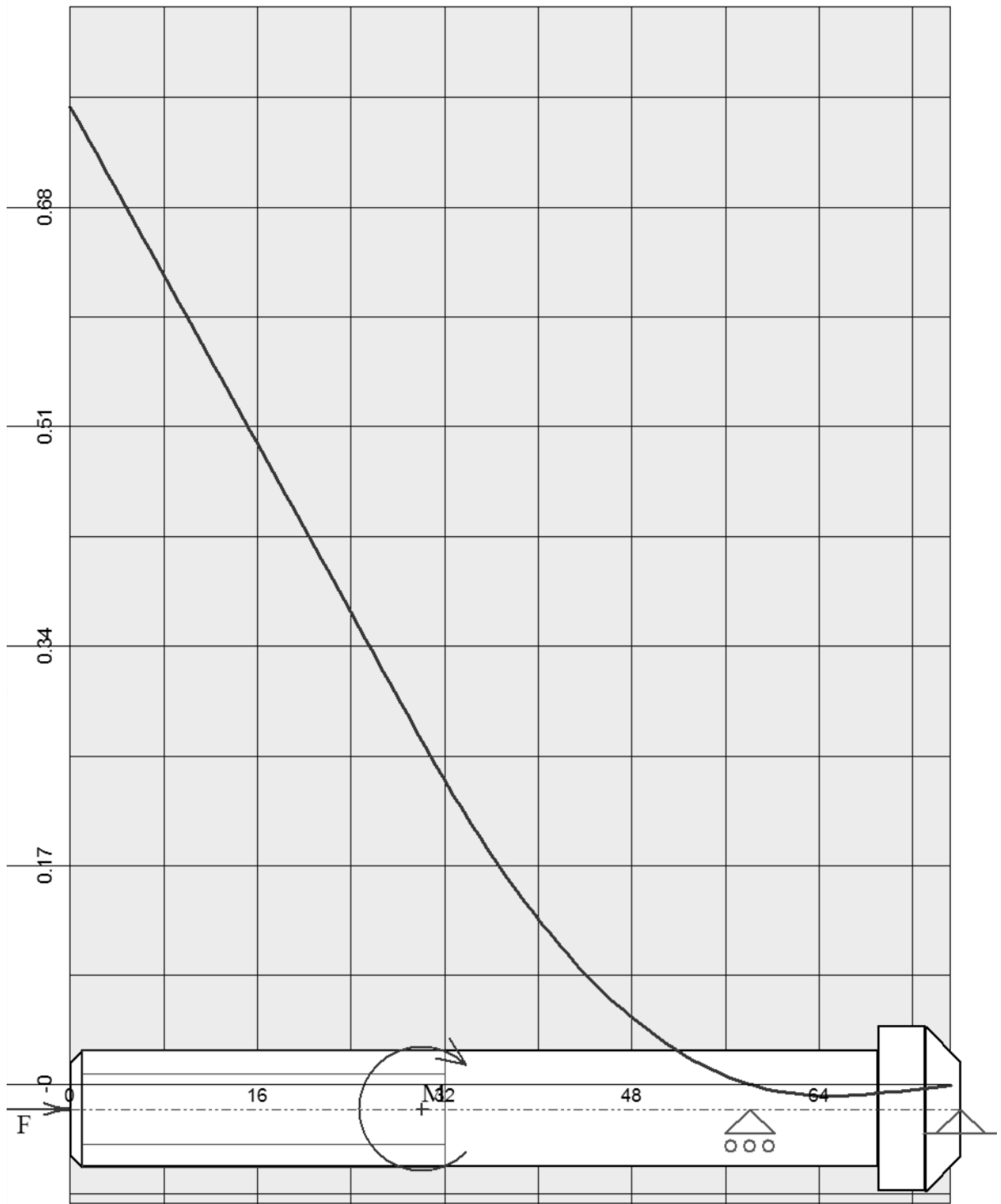


Рисунок 3.7. – Переміщення у вертикальній площині

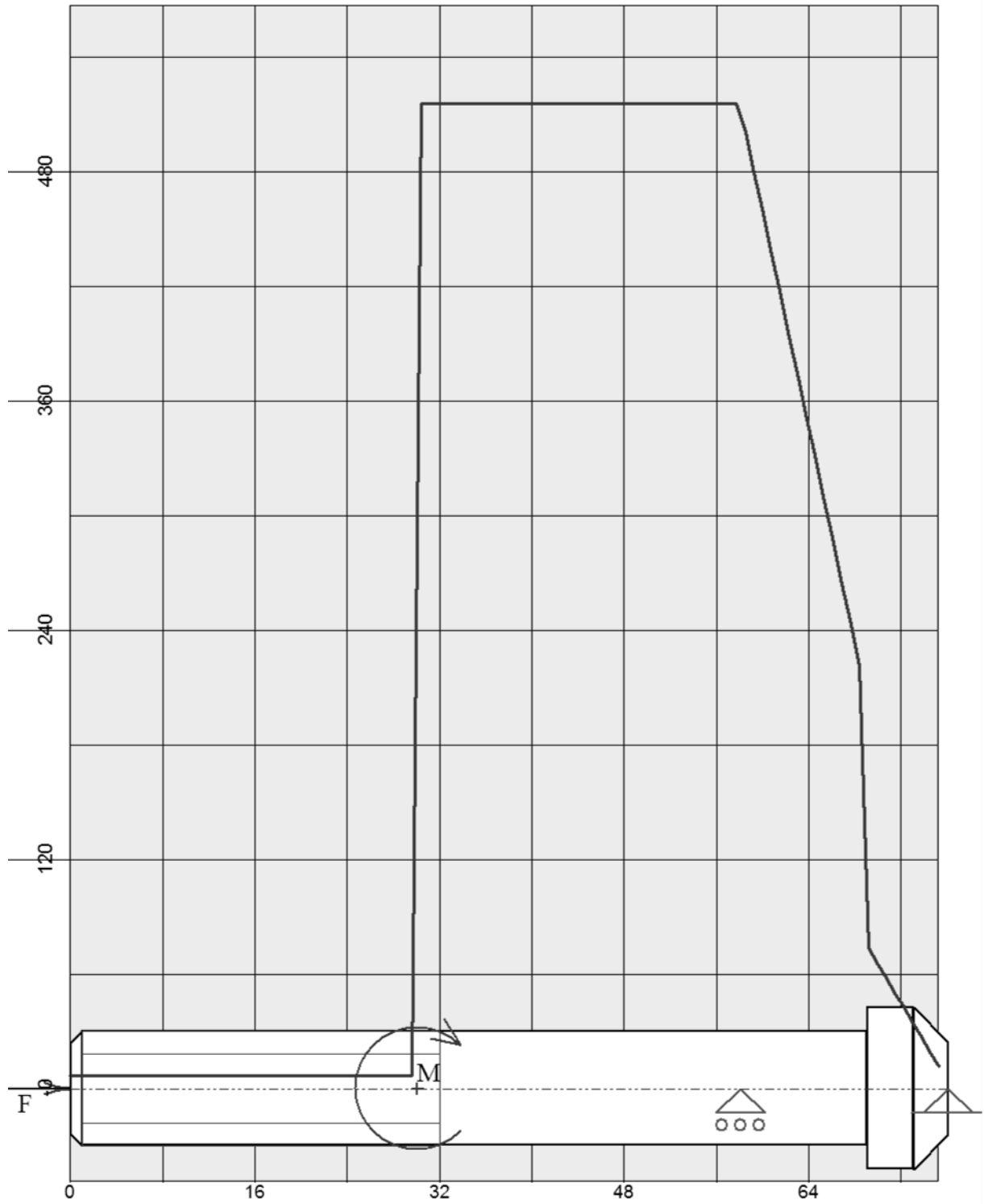


Рисунок 3.8.– Еквівалентна напруга

За отриманими даними в результаті розрахунку штовхача головного циліндра гальмівної системи трактора (табл. 3.2 і рис. 3.5), було визначено, що

максимальний момент вигину в найбільш небезпечному перерізі дорівнює 50 Н·м [2, 7].

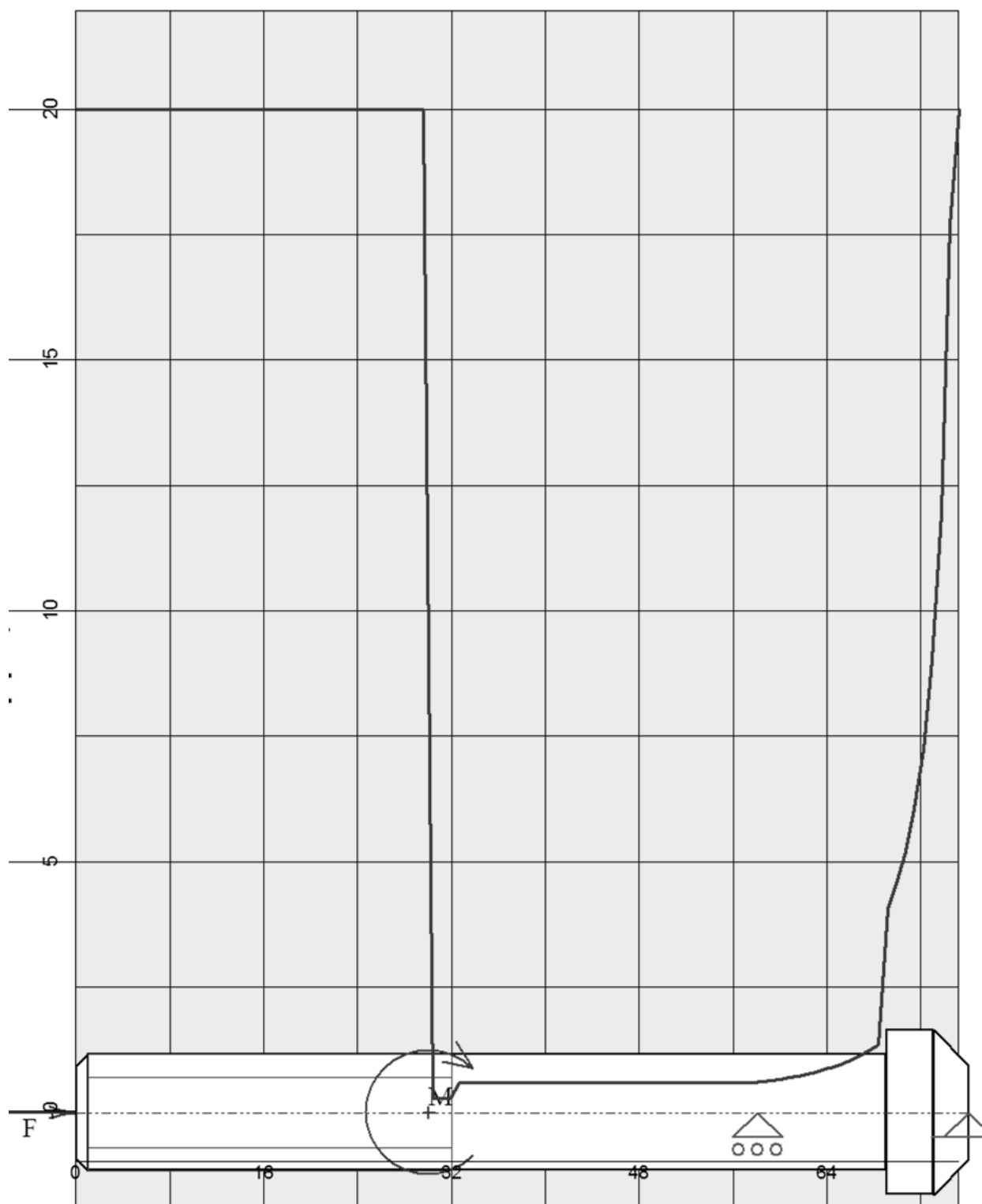


Рисунок 3.9. – Коефіцієнт запасу за втомною міцністю

### 3.3.2 Розрахунок пружини головного циліндра гальмівної системи

З метою уточнення основних параметрів пружини стиснення гальмівної системи трактора (виходячи з її найбільш раціональних геометричних розмірів та зусилля, що передається) даний розрахунок краще виконати за допомогою автоматизованого пакету програми:

Вихідні дані:

Розрахунок проектувальний. Пружина стиснення

Основні параметри:

Матеріал: Сталь	51ХФА-Ш-5,5
Сила під час робочої деформації	183,62 [Н]
Сила за попередньої деформації	0,00 [Н]
Робочий хід пружини	6,50 [мм]
Клас пружини	2. [-]
Розряд пружини	2. [-]
Додаткові параметри [13]:	
Зовнішній діаметр пружини	35,00 [мм]
Число робочих витків	6 [-]
Число опорних витків	1. [-]
Результати:	
Діаметр дроту	5,50 [мм]
Довжина пружини у вільному стані	42,00 [мм]
Довжина пружини при максимальній деформації	35,50 [мм]
Максимальна дотична напруга	118,52 [МПа]
Довжина розгорнутої пружини б	96,00 [мм]
Модуль зсуву матеріалу	785,00 [МПа]
Жорсткість пружини	58.29 [Н/мм]
Маса пружини	0,132 [кг]

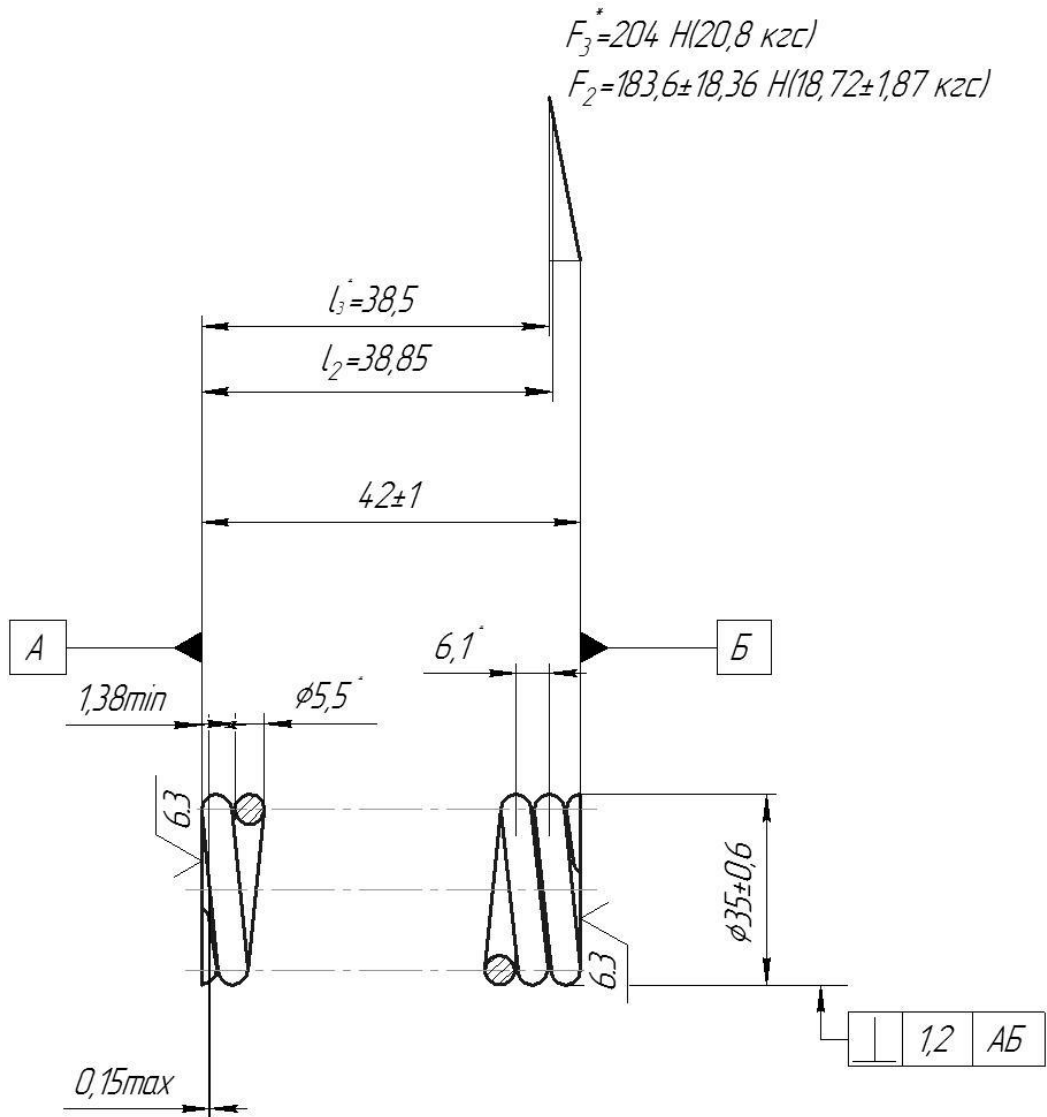


Рисунок 3.10. - Ескіз пружини стиснення головного циліндра

### 3.3.3 Розрахунок болтового з'єднання кріплення кронштейна робочого циліндра гальмівної системи

Розрахунок болтового з'єднання кріплення кронштейна робочого циліндра гальмівної системи трактора проведено за допомогою пакету програми APM WinMachine – APM WinJoint.

Вибираємо тип болтового з'єднання із зазором, тип розрахунку проектувальний [1].

Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Вихідні дані для розрахунку болтового з'єднання

<b>Дотичні сили</b>					
N	Координати [мм]			Проекції [Н]	
	x	y	z	на x	на y
0	205.00	42.00	0.00	750.00	0.00
1	133.00	7.00	0.00	-0.00	-450.00
<b>Постійні параметри</b>					
Межа плинності матеріалу деталей кріплення				250.000	МПа
Кількість поверхонь зрізу/тертя				1	

Таблиця 3.5. – Результати розрахунку

Центр мас поверхні стику: X = 145,48; Y= 31,60 мм

Площа поверхні стику	9734.257	кв.мм
Момент інерції стику щодо центральних осей:		
щодо горизонтальної осі	4355048.047	м <sup>4</sup>
щодо вертикальної осі	22423903.265	м <sup>4</sup>
Кут нахилу головних центральних осей	12.095	рад
Макс. зсувне навантаження на болт	3076.347	Н
Діаметр стрижня болта	9.800	мм
Момент тертя на торці гайки	2.414	Н*м

Дотичні сили:

N	Координати [мм]			Проекції [Н]	
	x	y	z	на x	на y
0	2.00	-113.00	0.00	-5000.00	0.00
1	111.00	31.00	0.00	0.00	5000.00

Діапазон кольорів навантажень болтів [Н]

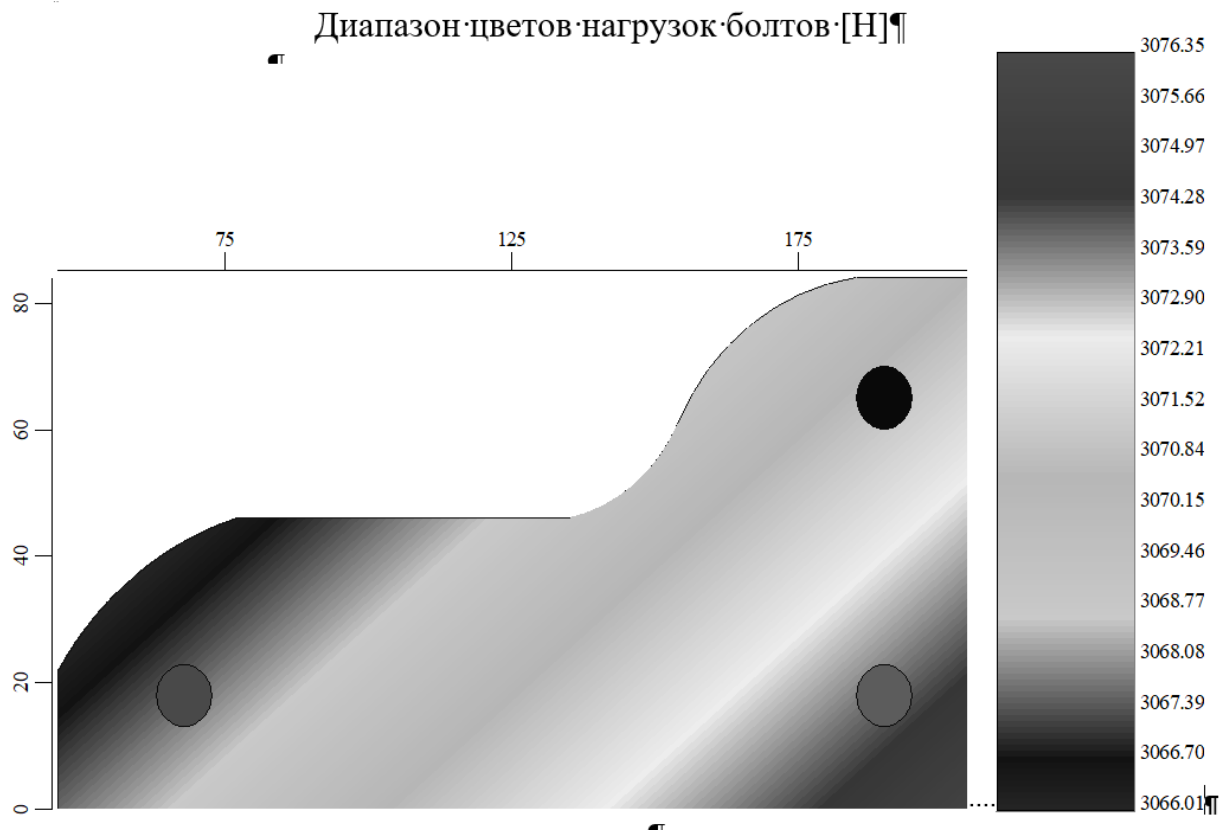


Рисунок 3.11. - Епюра напруг, що діють на болтове з'єднання

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр болта 10 мм [1].

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРА

### 4.1 Технічне обслуговування

У процесі експлуатації трактора його технічний стан безперервно змінюється. З'являється спрацьовування деталей, унаслідок чого змінюються початкові розміри та форма деталей, стан їхніх робочих поверхонь. У результаті погіршуються техніко-економічні показники машин: знижується потужність, збільшується витрата пального та мастил і, отже, збільшується кількість простоїв із технічних причин [].

Належного рівня працездатності досягають раціональною експлуатацією та виконанням операцій технічного обслуговування, ремонту і зберігання.

Відповідно до ДСТУ система технічного обслуговування (ТО) являє собою сукупність взаємопов'язаних засобів, документації та виконавців, необхідних для підтримання і відновлення якостей машин. Система ТО передбачає виконання попереджувальних (профілактичних) робіт і управління технічним станом машин за рахунок застосування засобів діагностування [].

Система технічного обслуговування містить обкатувальні, очисні, контрольно-діагностичні, регулювальні, мастильні, заправні, кріпильні та монтажні-демонтажні роботи.

Передбачено такі види періодичного (планового) технічного обслуговування: щозмінне (ЕТО), номерні (ТО-1, ТО-2 і ТО-3), сезонні.

Технічне обслуговування тракторів проводять відповідно до технічного опису та інструкції з експлуатації та керівництва з ТО машин. Використання трактора без проведення чергового ТО не допускається.

Оператор повинен регулярно проводити планове технічне обслуговування для забезпечення працездатності трактора, його пожежної безпеки та безпеки виконання робіт у складі машинно-тракторного агрегату [].

Організація технічного обслуговування.

Організація ТО має бути спрямована на своєчасне виконання комплексу робіт з технічного обслуговування в мінімальні строки з найменшими витратами праці та матеріальних засобів. Як відомо, навантаження на тракториста-машиніста з обслуговування машин різко зросло. Крім того, у сучасних тракторах більш складні агрегати та вузли, обслуговування яких потребує високої кваліфікації механізаторських кадрів. Тому застосовують форму технічного обслуговування машинно-тракторного парку, яка базується на спеціалізації та механізації робіт [1].

Спеціалізація робіт з технічного обслуговування тракторів і сільськогосподарських машин полягає в тому, що в господарстві створюють спеціалізовані ланки з проведення: технічного обслуговування, технічного діагностування, заправлення тракторів нафтопродуктами, усунення несправностей під час експлуатації машин і встановлення тракторів і сільськогосподарських машин на зберігання. Ці ланки створюються в пунктах і на станціях технічного обслуговування (ПТО і СТО). Спеціалізація праці під час технічного обслуговування дає можливість не тільки підвищити якість робіт, скоротити простої машин, а й механізувати трудомісткі операції.

Щозмінне технічне обслуговування тракторів в основному складається з оглядів, контрольних і заправних операцій. Усе це виконує тракторист-машиніст.

Періодичні та сезонне технічні обслуговування проводять майстри-налагоджувальники за участю трактористів-машиністів, закріплених за технікою.

Третє технічне обслуговування (ТО-3) спільно з діагностуванням трактора виконують у центральній ремонтній майстерні (ЦРМ) на спеціально обладнаному посту. На трактор кожної марки розробляється карта послідовності виконання операцій ТО, а також вказується виконавець.

Щозмінне технічне обслуговування проводять перед початком зміни, у процесі роботи і після закінчення зміни роботи трактора (приблизно через 8...10 мотогодин).

Періодичні технічні обслуговування (ТО-1, ТО-2 і ТО-3) виконують із періодичністю: ТО-1 через кожні 125 мотогодин, ТО-2 - через кожні 500 мотогодин і ТО-3 - через кожні 1000 мотогодин [].

Сезонне технічне обслуговування (СТО) проводять двічі на рік: під час переходу до весняно-літнього (ВЛ) та осінньо-зимового (ОЗ) періодів експлуатації трактора.

Виконання періодичного технічного обслуговування тракторів у господарствах планують і контролюють у мотогодинах або в кілограмах витраченого дизельного палива.

#### 4.2 Щозмінне технічне обслуговування

Під час ЕТО трактор очищають, перевіряють його комплектність, відсутність витоків охолоджувальної рідини, мастила, пального та електроліту, рівень мастила та за потреби доливають його в картер двигуна, охолоджувальну рідину - у радіаторі, пальне - у баку дизельного двигуна, прогрівають і ослушують дизель.

Перевіряють працездатність рульового управління (механізмів управління поворотом трактора), систем освітлення, сигналізації та гальм. Зливають конденсат із повітряних балонів.

Під час роботи трактора стежать за показаннями приладів, сигналізаційних ламп, кольором випускних газів, прислухаються до роботи дизеля, агрегатів трансмісії та ходової частини. У разі появи незвичних шумів (стукотів) трактор зупиняють, виявляють і усувають несправність.

Перелік рекомендованих операцій []:

1. Перевірити рівень мастила в трансмісії.
2. Перевірити рівень оливи в оливобаку ГОРУ.

3. Перевірити рівень оливи в оливобаку гідросистеми навісного пристрою.

4. Перевірити кріплення шлангів кондиціонера.

5. Перевірити / очистити конденсатор кондиціонера.

6. Перевірити рівень гальмівної рідини в бачках головних циліндрів гідроприводу керування зчепленням і гальмами.

7. Перевірити рівень гальмівної рідини в компенсаційній камері головного циліндра керування зчепленням і гальмами.

8. Видалити конденсат із бачків радіатора охолодження наддувного повітря (ОНВ) дизеля (взимку).

9. Видалити конденсат із балона пневмопривода.

10. Перевірити тиск повітря в шинах.

11. Перевірити / очистити захвати ПНУ та ЗНУ.

12. Перевірити роботу гальм у русі, працездатність дизеля, рульового керування, приладів освітлення та сигналізації.

#### 4.3 Перше технічне обслуговування

Під час ТО-1 проводять операції ЕТО і додатково перевіряють натягнення ременів приводу вентилятора, компресора і генератора; хід важелів і педалей керування; гальмівну систему; тиск повітря в шинах. Перевіряють кріплення дизеля, цапф, кронштейнів, кріплення дисків і маточин коліс.

Перелік рекомендованих операцій []:

1. Вимити трактор

2. Перевірити рівень мастила в корпусі головної передачі та колісних редукторах ПВМ

3. Перевірити затяжку гайок кріплення коліс

4. Перевірити повітроочисник дизеля

5. Перевірити та відрегулювати механізм управління зчепленням
6. Перевірити затягування болтів хомутів повітропроводів ОНВ
7. Перевірити натяг ременів приводу вентилятора
8. Змастити підшипники бугелів ПВМ
9. Змастити і за необхідності відрегулювати підшипники осей шворнів ПВМ
10. Змастити шліци та підшипники хрестовин карданного вала приводу ПВМ
11. Перевірка/регулювання натягу ременя приводу компресора кондиціонера
12. Очистити фільтр системи вентиляції та опалення кабіни

#### 4.4 Друге технічне обслуговування

Під час ТО-2 проводять роботи ТО-1 і додатково: перевіряють і за потреби регулюють зазори між клапанами і коромислами, форсунки на тиск початку впорскування та якість розпилу палива, зчеплення, головне зчеплення і зчеплення приводу ВВП, муфту керування поворотом і гальма заднього моста, вільний хід рульового колеса, підшипник шкворнів поворотних кулаків переднього моста, осьовий зазор підшипників передніх коліс, тиск повітря в шинах.

Перевіряють кріплення акумуляторних батарей і ступінь їхньої розрядженості. Підзаряджають батарею або замінюють її.

Перевіряють стан генератора та усувають виявлені несправності, перевіряють і за потреби зачищають контакти ввімкнення стартера. Замінюють мастило в картері дизеля. Перевіряють рівень мастила в картерах трансмісії і за потреби доливають його.

Вузли й агрегати трактора змащують згідно з таблицею змащування. Замінюють елементи фільтра тонкого очищення палива, за потреби промивають баки для палива. Промивають повітряні балони і перевіряють їхню герметичність. Перевіряють і за необхідності відновлюють щільність

посадки фланців карданних валів. Визначають потужність і годинну витрату палива. Доводять їх до номінальних значень. Перевіряють роботу трактора на холостому ходу і під навантаженням.

Перелік рекомендованих операцій []:

1. Провести обслуговування акумуляторних батарей.
2. Промити сітчастий фільтр гідросистеми КП.
3. Перевірити та відрегулювати збіжність коліс.
4. Перевірити рівень мастила в редукторі приводу ПВОМ.
5. Перевірити рівень оливи в редукторі ПВОМ.
6. Змастити шарніри рульових гідроциліндрів і рульової тяги.
7. Перевірити люфт рульового колеса.
8. Відрегулювати хід педалей гальм і важеля стоянкового запасного гальма.
9. Замінити змінні фільтрувальні елементи напірних фільтрів трансмісії (у міру засміченості).
10. Замінити змінний фільтрувальний елемент мастилобака ГОРУ.
11. Замінити змінний фільтрувальний елемент мастилобака гідросистеми навісного пристрою.
12. Замінити фільтр насоса змінної продуктивності гідросистеми НУ (у міру засміченості).
13. Перевірити герметичність пневмоприводу.
14. Перевірити затяжку зовнішніх болтових з'єднань.
15. Змастити вісь ролика ременя і стрижень приводу вентилятора.
16. Очистити сапуни ПВМ.
17. Очистити і змастити шліцьові з'єднання карданних шарнірів переднього ВВП.
18. Змастити втулки поворотного вала задньої навіски.
19. Змастити буксирний пристрій (гак з амортизатором).
20. Змастити вилки розкосів навісного пристрою.

21. Змастити втулки осі гойдання передніх тяг ПНУ.

#### 4.5 Третє технічне обслуговування

Під час ТО-3 виконують операції ТО-2 і додатково проводять діагностування трактора: визначають ступінь зношеності й оцінюють залишковий ресурс дизеля та агрегатів трансмісії. Якщо останні не потребують ремонту, виконують перелічені нижче роботи.

Перевіряють і за необхідності регулюють: паливний насос, кут випередження впорскування палива, гальма заднього моста, підшипники кінцевих передач, шарніри рульового приводу, збіжність передніх коліс, зачеплення черв'як - сектор і сектор - гайка, гідропідсилювач (з підтяжкою гайки сектора та сошки) рульового управління, агрегати гідравлічної системи.

Очищають і промивають: корпуси фільтрів грубого і тонкого очищення палива, кришку і фільтр бака дизельного двигуна, дренажну трубку і ніпель випускної труби, повстяні прокладки компресора, зливні фільтри роздільно-агрегатної гідросистеми і гідропідсилювача рульового управління. Розбирають генератор і стартер, очищають деталі, зачищають контакти вмикача, змащують підшипники стартера, замінюють мастило в підшипниках генератора. За необхідності замінюють щітки, розбирають електродвигун вентилятора кабіни, видаляють графітний пил з колектора, зачищають колектор, перевіряють і за необхідності регулюють у майстерні на спеціальному стенді реле-регулятор, перевіряють стан електропроводки та за необхідності ізолюють ушкоджені місця, а також правильність показань контрольних приладів. Очищають і промивають відцентровий маслоочисник.

Зливають відстій із фільтрів грубого і (за потреби) тонкого очищення палива, мастило, що скупчилося в сухих відсіках заднього моста, конденсат із повітряних балонів.

Перевіряють акумуляторні батареї і за необхідності очищають їхні поверхні, клеми, наконечники проводів, вентиляційні отвори в пробках. Доливають дистильовану воду.

Перелік рекомендованих операцій []:

1. Замінити гальмівну рідину в приводі керування зчепленням
2. Заміна фільтра-осушувача (через кожні 800 годин роботи або один раз на рік)
3. Замінити гальмівну рідину в приводі керування гальмами
4. Замінити масло в трансмісії
5. Замінити мастило в мастилобаку ГОРУ
6. Замінити масло в маслобаку гідросистеми навісного пристрою
7. Промити сапун маслобака гідросистеми навісного пристрою
8. Промити сапун маслобака ГОРУ
9. Замінити мастило в корпусі головної передачі та колісних редукторах ПВМ
10. Перевірити стан гальмівної системи
11. Замінити масло в редукторі приводу ПВОМ
12. Замінити масло в редукторі ПВОМ
13. Провести обслуговування повітроочисника

#### 4.6 Сезонне обслуговування

Сезонне технічне обслуговування під час переходу до весняно-літнього періоду експлуатації (ТО-ВЛ) проводиться в разі сталої температури навколишнього повітря вище 5°C.

Під час переходу до осінньо-зимового періоду експлуатації з усталеною температурою навколишнього повітря нижче 5°C проводиться ТО-ОЗ.

Виконання сезонного технічного обслуговування може бути приурочено до одного з ТО. У разі експлуатації трактора в специфічних умовах (підвищена

запиленість, кам'янисті та болотисті ґрунти, низькі температури, високогір'я) технічне обслуговування доповнюється (уточнюється) відповідним підрозділом.

Під час переходу до осінньо-зимового періоду експлуатації слід:

1. Промити систему охолодження двигуна і за необхідності видалити з неї накіп.
  2. Виконати операції чергового технічного обслуговування.
  3. Перевірити роботу термостата, дистанційного термометра і дію шторок.
  4. Замінити фільтрувальні елементи фільтра тонкого очищення палива, якщо вони пропрацювали більше половини терміну своєї служби.
  5. Промити баки, відстійники, паливопроводи і фільтри системи живлення двигуна.
  6. Заповнити систему живлення дизельним паливом зимових сортів і видалити з неї повітря.
  7. Перевірити стан усіх агрегатів електрообладнання.
  8. Підготувати утеплювальний капот для двигуна.
  9. Довести щільність електроліту до зимової норми.
  10. Утеплити кабіну, батарею акумуляторів і перевірити систему підігріву.
- При переході до весняно-літнього періоду експлуатації потрібно:
1. Зняти утеплювальні капоти і здати їх на зберігання.
  2. Виконати операції чергового технічного обслуговування.
  3. Заправити систему живлення двигуна літнім паливом.
  4. За необхідності провести фарбування або підфарбовування кабіни та облицювання трактора.

#### 5.4.1 Розрахунок ширини динамічного коридору

$$B_k = R_k - \sqrt{R_k^2 - L^2} + B_0 \quad (5.3)$$

де  $R_k$  - зовнішній радіус повороту, м

$L$  - довжина трактора з напівпричепом, м

$B_0$  - ширина агрегату, м.

$$R_k = \frac{L}{\sin \alpha} \quad (5.4)$$

де  $\alpha$  – кут повороту,  $\alpha=35^\circ$

Довжина трактора з плугом у транспортному положенні складається з довжини трактора (бази трактора) і довжини плуга в транспортному положенні:

$$L=6,15+6,10=12,25 \text{ м.}$$

$$R_k = \frac{12,25}{\sin 35^\circ} = \frac{12,25}{0,57} = 21,49 \text{ м}$$

$$B_k = 21,49 - \sqrt{21,49^2 - 12,25^2} + 2,35 = 6,18 \text{ м}$$

5.4.2 Розрахунок швидкості перекидання на повороті та поздовжньої стійкості під час роботи проектованого агрегату

Під час виконання транспортних робіт і під час руху на повороті може статися перекидання трактора. Для визначення критичних кутів проведемо відповідні розрахунки (розрахункова схема - рисунок 5.1).

Швидкість перекидання [20]

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2 \cdot h_u}} \quad (5.5)$$

де  $B$  – ширина колії трактора, м,  $B=2,35$  м;

$R$  – радіус повороту, м,  $R=21,49$  м;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння;

$h_u$  – висота центру ваги, м;  $h_u=1,2$  м.

Тоді

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{2,35 \cdot 21,49 \cdot 9,8}{2 \cdot 1,2}} = 14,4 \text{ м/с} = 51,7 \text{ км/год}$$

Розрахунок поздовжньої стійкості.

Для розрахунку поздовжньої стійкості трактора використовуємо розрахункову схему (рисунок 5.1.). Гранична поздовжня стійкість трактора забезпечується, якщо утримувальний момент сили  $G_a \cos \beta$  буде більшим за перекидний момент  $Gh_u \sin \beta$

$$Gh_u \sin \beta \leq G \cdot a \cos \beta \quad (5.6)$$

де  $G$  – вага трактора, Н;

$h_u$  – висота центру ваги, м;

$a$  – відстань від задньої осі трактора до вертикалі, що проходить через центр ваги,  $a = 1,6$  м;

$\beta$  - кут підйому, град.

Під час підйому трактор перебуватиме в стані стійкості, якщо дотримується умова

$$\operatorname{tg} \beta \leq \frac{a}{h_u} \quad (5.7)$$

Звідси

$$\beta \leq \operatorname{arctg} \frac{a}{h_u}$$

$$\beta \leq \operatorname{arctg} \frac{1,6}{1,2} = 53^\circ$$

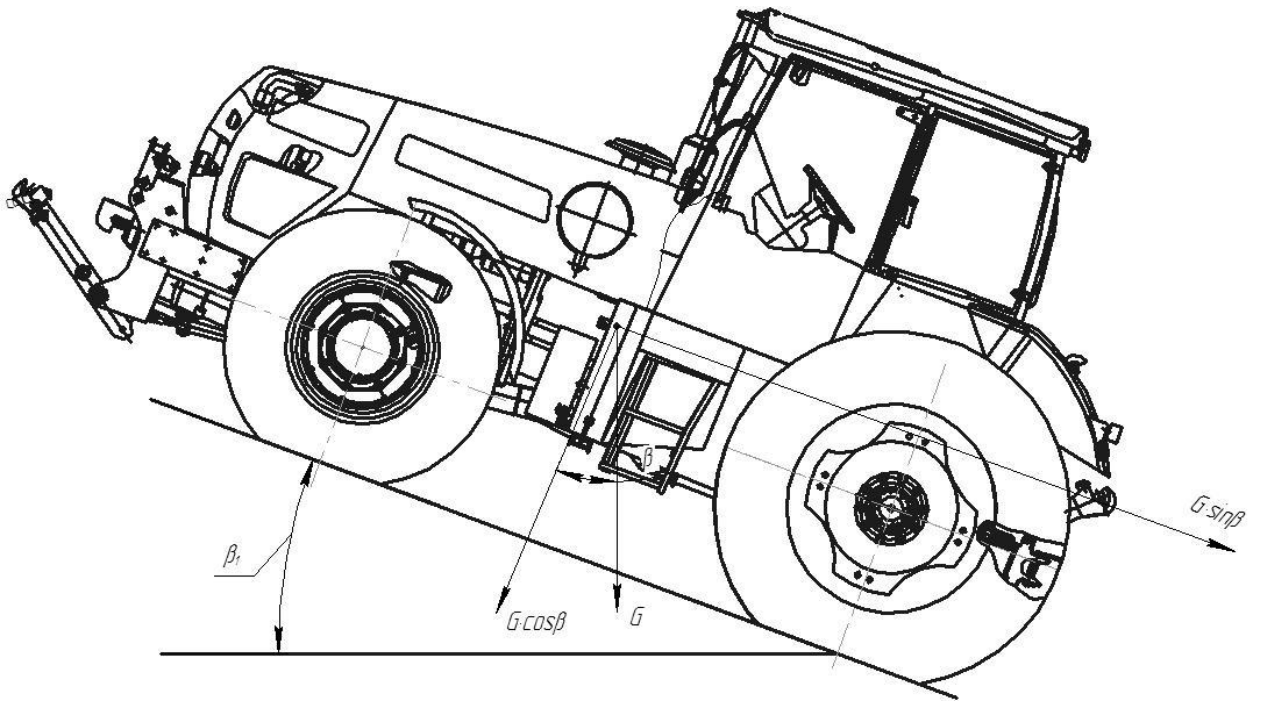


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема для визначення поздовжньої стійкості трактора

Цей кут підйому забезпечує великий запас щодо зниження ризику перекидання трактора під час руху на підйом.

З цього випливає

$$115000 \cdot 1,2 \cdot \sin 53^{\circ} \leq 115000 \cdot 1,6 \cdot \cos 53^{\circ}$$

$$110212 < 110400$$

Тобто умова (5.6) виконується.

При з'їзді трактор перебуватиме у стійкому положенні, якщо виконуватиметься умова

$$\operatorname{tg} \beta' \leq \frac{L - a}{h_u} \quad (5.8)$$

звідси

$$\beta' \leq \operatorname{arctg} \frac{L_0 - a}{h_u}$$

де  $L_0$  – база трактора, м;

$\beta'$  - кут ухилу, град.

тоді

$$\beta' \leq \arctg \frac{3,1-1,6}{1,2} = 51^\circ$$

Граничні кути відхилення агрегату лежать у встановлених межах, отже, можлива безпечна експлуатація агрегату.

### 5.5 Організація пожежної безпеки під час експлуатації тракторно-тракторного агрегату

Щоб уникнути загоряння агрегату, необхідно систематично перевіряти щільність з'єднання колектора з головкою двигуна та вихлопної труби з колектором, а також справність іскрогасника на вихлопній трубі.

Не допускати протікання палива і мастила.

Електропроводка агрегату має бути надійно закріплена та ізольована.

Не допускати перегріву двигуна.

Не можна заправляти паливний бак трактора під час роботи двигуна.

Під час заправки паливом або мастилом не допускати їх проливання.

Під час заправки палива або вимірювання його рівня категорично забороняється користуватися відкритим вогнем (сірниками, свічками, смолоскипами тощо).

Для відгвинчування пробок бака слід застосовувати тільки спеціальний ключ або руками без застосування металевих предметів.

У тракторі завжди повинен бути вогнегасник ОВП-5 (ОУ-5) і лопата [18].

Забороняється експлуатація трактора в пожежонебезпечних місцях при знятому щитку колектора та інших захисних пристроях з нагрітих частин двигуна.

Під час тривалої стоянки має бути вимкнена маса.

Під час промивання деталей гасом або бензином слід вживати заходів, що унеможливають займання парів промивної рідини;

Потрібно запобігати можливості іскроутворення і витоку струму в проводах і клемах електрообладнання, особливо в місцях, де можливе потрапляння мастила або палива; не можна перебувати біля трактора під час грози.

Для гасіння пожежі слід застосовувати вогнегасники, пісок, брезент тощо.

## ВИСНОВКИ

Нині одним із важливих завдань під час розроблення нових і вдосконалення наявних конструкцій колісних тракторів сільськогосподарського призначення є підвищення надійності та ефективності гальмівної системи під час виконання транспортних операцій.

Одним із способів підвищення надійності та ефективності гальмівної системи трактора є застосування гідрооб'ємного (гідростатичного) гальмівного приводу.

Під час виконання дипломного проекту теоретично обґрунтовано доцільність модернізації гальмівної системи колісного трактора 5-го тягового класу з метою підвищення ефективності його роботи на транспортних операціях.

Розроблено конструкцію гідрооб'ємного приводу гальмівної системи трактора і проведено розрахунок основних її елементів.

Розроблено карту технічного обслуговування трактора із модернізованою гальмівною системою та заходи безпечної життєдіяльності під час роботи тракторно-транспортного агрегату.

Попередній економічний розрахунок показав, що річний економічний ефект від модернізації гальмівної системи трактора склав 14813.6 грн, коефіцієнт ефективності додаткових капіталовкладень вкладень - 41 %, які окупляться менш ніж через один рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анур'єв В.І. Довідник конструктора-машинобудівника: 3 т. Т.1 - 8-е вид., перероб. та дод. За ред. І.Н Жестокової. 2001. - 920 с.
2. Беляєв А.М. Вигин із крученням: Метод вказівки з механіки (розділ «Опір матеріалів»). О.М.Беляєв, С.В.Василенко, І.М.Філімонова, О.В.Зеленська. – 2004.- 24 с.
3. Горланов С.А. Економічна оцінка проектних розробок в АПК: Уч.-мет. вказівки. /С.А. Горланов, В.Є. Злобін. - Вінниця: ВНАУ.-2002.-66 с.
4. ДСТУ 12.1.019-86 2002. Система стандартів безпеки праці. Трактори та машини самохідні сільськогосподарські. Загальні вимоги до безпеки. - Введ. 01-07-87: Вид-во стандартів, 2004.-7 с.: іл.
5. Гребнєв В.П. Тяговий розрахунок та аналіз роботи тракторів та автомобілів / В.П. Гребнєв, О.І. Поливаєв. - Вінниця: ВНАУ, 1998. - 44 с.
6. Гуревич А.М. Конструкція тракторів та автомобілів / А.М. Гуревич, А.К. Болотов, В.І. Судніцин. - Х.: Агропромиздат, 1989. - 368с.
7. Дарков А.В. Опір матеріалів/А.В. Дарков, Г.С. Штуго. - 1989. - 624 с.
8. Дячков А.П. Методичні вказівки до курсового проекту з експлуатації МТП/А.П. Дячков, М.Т. Золотих, В.І. Нагорнов. - Вінниця: ВНАУ, 1999. - 55 с.
9. Зангієв А.А. Експлуатація машинно-тракторного парку./А.А. Зангієв, А.В. Шпілька, А.Г. Левшин - К.: Колос, 2004 - 320 с
10. Зотов Б.І. Безпека життєдіяльності з виробництва. Підручник для студентів вищих навчальних закладів/Б.І. Зотов, В.І. Курдюмов - К.: Колос, 2004. - 320с.
11. Іванов М.М. Деталі машин/М.М. Іванов. - 1991. - 383 с.
12. Іванов М.І. Деталі машин/М.І. Іванов, В.А. Фіногенов - 2002, - 408 с.
13. Кудрявцев В.М. Курсове проектування деталей машин/В.М. Кудрявцев [та ін]. - 1984. - 400 с.

14. Кутьков Г.М. Трактори та автомобілі. Теорія та технологічні властивості / Г.М. Кутьків. - К.: Колос, 2004. - 504 с.
15. Мелісаров В.М. Практикум з конструкції тракторів та автомобілів, год. 2/ В.М. Мелісаров. - ТДТУ, 2003. - 128 с.
16. Михайлов В.М. Довідник охорона праці сільському господарстві / В.М. Михайлов та ін. - 1989. - 543 с.
17. Пат. 3158337, МПК В60Т11/16, F15В15/00 Головний гідравлічний циліндр/ Бурилін К.К., Рудаков С.М.; заявник та патентовласник Бурилін К.К., Рудаков С.М.;-№2007136988/11; заявл. 05.10.2007; опубл. 27.07.2010. Бюл. №34.- 4 с.
18. Напівектів А.В. Безпека життєдіяльності на виробництві та у надзвичайних ситуаціях: навчальний посібник. Напівектів А.В., Андріанов Є.А., Андріанов А.А.; За заг. ред. Є.А.Андріанова. 2006.- 336 с.
19. Скотніков В.А., Мащенський А.А., Солонський А.С. Основи теорії та розрахунку трактора та автомобіля; За ред. В.А. Скотнікова. Агропром видав, 1986. - 383 с.
20. Смирнов Г.А. Теорія руху колісних машин / Г.А. Смирнов.-К.: Урожай, 1990.-352с.
21. Тарасік В.П. Математичне моделювання технічних систем / В.П. Тарасик: Дизайн ПРО, 1997.-640с.: Іл.
22. Чекмарьов А.А. Довідник з машинобудівного креслення / О.О. Чекмарьов, В.К. Осипів. – К.: Вища школа, 2002. – 490 с.