

МІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра гідрогазових систем

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Доцент, с.н.с.

\_\_\_\_\_ В.М. Бадах

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**  
**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ**  
**"МАГІСТР"**

Тема: «Розробка та дослідження системи керування механізацією крила  
ближньомагістрального вантажного літака зі злітною масою 51-56 тонн»

Виконавець: \_\_\_\_\_ В.К. Родюк

Керівник: доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ Р.О. Макаренко

Консультант з розділів:

Охорона праці: доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ В.І. Казанець

Охорона навколишнього  
середовища: професор, д.т.н. \_\_\_\_\_ В.Ф. Фролов

Нормоконтролер: проф., к.т.н. \_\_\_\_\_ Т.І. Сивашенко

Київ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет  
Кафедра гідрогазових систем  
Освітнього ступеня «Магістр»  
Спеціальність 134 авіаційна та ракетно-космічна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Доцент, с.н.с.

\_\_\_\_\_ В.М. Бадах

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи

Родюк Вадим Костянтинович

1. Тема дипломного проекту: «Розробка та дослідження системи керування механізацією крила ближньомагістрального вантажного літака зі злітною масою 51-56 тонн» затверджена наказом ректора від « \_\_\_\_ » жовтня 2020р. № 866/ст.
2. Термін виконання роботи: з 5 жовтня 2020 р. по 24 грудня 2020.
3. Вихідні дані до роботи: вантажний ближньомагістральний літак злітною масою 51т, високоплан з Т-подібним хвостовим оперення, робоча рідина комбінованого приводу механізації НГЖ-5У, робочий тиск рідини – 21 МПа.
4. Зміст пояснювальної записки: Конструкція та розташування системи механізації крила, гідромеханічна система механізації крила, комбінований привод механізації.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Креслення загального виду літака, гідравлічна система літака, система керування закрилками, система керування передкрилками, комбінований привод механізації, структурна схема приводу.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Примітка
1	Уточнення завдання	05.10.2020	Виконано
2	Розподіл теми на основні частини	07.10.2020	Виконано
3	Пошук необхідних даних та літератури по літакам прототипам	09.10.2020	Виконано
4	Виконання аналізу конструкцій механізації в основній частині проекту	18.10.2020	Виконано
5	Дослідження роботи приводу КПМ 148Н	01.11.2020	Виконано
6	Виконання розділу охорони праці	18.11.2020	Виконано
7	Виконання розділу охорони навколишнього середовища	20.11.2020	Виконано
8	Розроблення графічної частини	22.11.2020	Виконано
9	Загальні висновки	06.12.2020	Виконано
10	Остаточна перевірка	20.12.2020	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів:

Розділ	Консультант	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	Казанець В.І.		
Охорона праці	Фролов В.Ф.		

Керівник дипломного проекту \_\_\_\_\_ Р.О. Макаренко

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ В.К. Родюк

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Розробка та дослідження системи керування механізацією крила ближньомагістрального вантажного літака зі злітною масою 51-56 тонн»: 134 сторінок, 44 рисунків, 7 таблиць, 20 використаних джерел.

ЛІТАК, МЕХАНІЗАЦІЯ КРИЛА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЗАКРИЛКАМИ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПЕРЕДКРИЛКАМИ, ПАРАМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ, ПРОЕКТУВАННЯ.

Об'єкт дослідження – процес прибирання-випуску механізації крила регіонального вантажного літака. Предмет дослідження – система прибирання-випуску механізації крила регіонального вантажного літака.

Метою даної роботи є розробка системи прибирання та випуску механізації крила ближньомагістрального вантажного літака злітною масою близько 51 тонн та її розрахунок.

Метод дослідження – моделювання системи прибирання-випуску механізації крила.

Розроблені методики можуть бути використані при проектуванні систем прибирання-випуску механізації крила, доведенню при стендових і льотних випробуваннях, сертифікації й дослідженні особливих ситуацій в експлуатації. Вони дозволяють виявляти небажані результати на ранніх стадіях, економити засоби, прискорювати виробництво.

Запропонований підхід може бути використаний для подальшої оптимізації систем механізації крила літаків.

## Зміст

Вступ .....	6
РОЗДІЛ 1. Основна частина.....	7
1.1. Короткий технічний опис літака-прототипу.....	7
1.2. Обробка статистичних даних літаків прототипів.....	14
1.3. Система керування літаком.....	15
1.4. Система керування закрилками.....	31
1.5. Система керування передкрилками та носками, що відхиляються.....	54
1.6. Вимоги до системи механізації крила.....	72
РОЗДІЛ 2. Наукова частина.....	74
2.1. Комбінований привод механізації крила КПМ 148Н.....	74
2.2. Розрахункова гідравлічна модель приводу КПМ 148Н.....	83
2.3. Використання розрахункової гідравлічної моделі приводу.....	96
РОЗДІЛ 3. Охорона праці.....	114
РОЗДІЛ 4. Охорона навколишнього середовища.....	126
ВИСНОВКИ .....	131
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	132

## ВСТУП

Механізація крила являє собою систему пристроїв (закрилків, щитків, предкрилків і ін.), Призначених для управління підйомної силою і опором літака головним чином з метою поліпшення його ЗПХ. Однак ці ж пристрої можуть застосовуватися для підвищення маневрених можливостей легких швидкісних літаків, а частина з них, наприклад предкрилки, - для збільшення значень  $C_{y \max}$  і  $\alpha_{кр}$  для поліпшення маневреності при польоті на великих кутах атаки.

Роль засобів механізації крила в міру розвитку авіації весь час зростала. Це пояснюється тим, що поліпшення льотно-тактичних характеристик літаків, і зокрема збільшення швидкостей польоту, з одного боку, визначалося розвитком силових установок (переходом на газотурбінні двигуни, зростанням тягоозброєності) і застосуванням стріловидних крил, а з іншого боку, супроводжувалося збільшенням питомої навантаженія на крило внаслідок того, що частіше злітна маса літака росла швидше, ніж площа крила, і зменшенням відносної товщини крила, коли зменшувалася і несуча здатність крила (зменшувалися значення коефіцієнта підйомної сили  $c_{ya}$ ).

Перед тим, як приступити до проектування, необхідно вивчити та проаналізувати існуючі типові конструкції, виявити їх особливості та недоліки, які зустрічаються в експлуатації. Для цього можуть бути використані вітчизняні та зарубіжні конструкції аналогічного призначення, що були опубліковані у літературі.

Під час проведення аналізу з метою оцінки досконалості тих чи інших схем або конструкцій доцільно виконати перевірочні гідравлічні, міцнісні та інші розрахунки. Ці дані допоможуть обрати найбільш надійні вузли та схеми, а також визначити об'єкти, які потребують доопрацювання та вдосконалення.

# РОЗДІЛ 1

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 1.1. Короткий технічний опис літака-прототипу

**Призначення літака.** Літак Ан-178 призначений для перевезення у вантажній кабіні до 90-та пасажирів у вантажному відсіку, три вантажні платформи, два контейнери та три автомобілі на відстань до 5500 км в залежності від комерційного навантаження.

**Аеродинамічне компонування.** Літак представляє собою високоплан з двома турбореактивними двигунами, розміщені на крилі, і трьохопорним шасі з передньою і двома основними опорами. Крило стріловидне, великого подовження без наплівів. Передня кромка крила механізована, на задній кромці встановлено двоцілинний закрилок і щілинні елерони з роговою и осьовою компенсаціями. Фюзеляж - круглого перерізу. Оперення однокільове, Т-подібне, з нерухомим стабілізатором, встановленим на фюзеляжі. Рулі напрямку і висоти – дволанкові, з роговою та осьовою компенсаціями.

**Фюзеляж.** Фюзеляж — круглого перерізу, напівмонококової конструкції. У ньому розташовані кабіна екіпажу, пасажирська кабіна, буфет і туалет. Під підлогою розташовані технічні відсіки, ніші передньої та основних опор шасі, багажні відсіки. Фюзеляж повністю герметичний. Ліхтар кабіни екіпажу має зварний каркас. Лобове скло - силікатні з електрообогрівом, ілюмінатори пасажирської кабіни триплексні з матеріалу АО-170. У середній частині фюзеляжу розміщена пасажирська кабіна. У її зоні здійснюється кріплення до фюзеляжу крила. У задній частині фюзеляжу розміщений силовий відсік кріплення оперення. Підлога пасажирської кабіни складається з каркаса, що включає поперечні балки, панелі настилів, що знімаються. Підлога кабіни екіпажу складається з каркаса і прикріпленого до нього металічного настилу. У підлозі маються люки для доступу у простір під підлогою, де розташовані жорстка проводка управління та обладнання.

Ніша передньої опори шасі виконана у вигляді герметичного короба, на бічних стінках якого встановлені вузли кріплення передньої опори шасі. Отвір ніші закривається великими та малими стулками тришарової конструкції з сотовим заповнювачем і обшивками з КМ.

Ніші основних опор шасі обмежена спереду і ззаду штампованими низами шпангоутів, на яких розташовані вузли навісок основних опор шасі.

На літаку встановлені вхідні двері-трап, службові двері. Вхідні двері-трапи (розмір - 914x1680) розташовані по лівому борту в носовій та кормовій частинах фюзеляжу и призначена для входу (виходу) екіпажу та пасажирів. Двері обладнанні вбудованим трапом з поворотними сходишками. Відкривається двері назовні, повертаючись навколо горизонтальної вісі. Опускання (відкриття) дверей відбувається під дією її маси та демпфується гідроциліндрами закриття. Підйом (закриття) дверей здійснюється гідроциліндрами, що приводяться в дію гідросистемою. Для закриття дверей всередині та зовні встановлені щитки управління.

Люк багажно-вантажного відсіку (розмір - 1080x1000), що знаходиться під підлогою, розташовані по правому борту фюзеляжу. Аварійний люк 1 (розмір - 622x1290) - в передній частині пасажирської кабіни по правому борту навпроти відсіку для інструменту та аварійно-рятувального обладнання. Аварійний люк 1 - у хвостовій частині фюзеляжу навпроти службових дверей.

У верхній частині кабіни екіпажу розташований аварійний верхній люк (розмір - 500x510) призначений для покидання екіпажем літака у випадку посадки на воду.

**Крило.** Кесонного типу. Воно складається з центроплана та двоконсольних частин, з'єднаних між собою фланцевими стиками. Кесони представляють собою герметизовані паливні баки-відсіки. Крило оснащено двощілинним закрилками та передкрилками.

Центроплан несе на собі два висувних двощілинних внутрішніх закрилка и чотири секції інтерцепторів. Кожна консольна частина крила має висувний двощілинний кінцевий закрилок, дві секції висувних передкрилків,



чотири секції інтерцепторів і один елерон з навішаних на нього сервокомпенсаторів.

Центроплан прямокутної форми. Нижні панелі центроплана виготовленні у вигляді п'яти пресованих панелей. Верхні панелі виготовленні з набору трьох пресованих панелей. Середня верхня панель центроплана знімна. Лонжерон центроплана клепаної конструкції, кожний з яких складається з верхнього та нижнього поясів і стінки, з'єднаних між собою заклепувальним швом. Поперечний набір складається з нервюр балочної конструкції.

КЧК трапецієвидної форми у плані включає у себе силовий каркас, виконаний у вигляді кесона, носову частину і хвостовий відсік.

Нижні панелі кесона клепаної конструкції складається з обшивки і набору стрингерів. Верхні панелі складаються з набору трьох клепаних панелей. Кожна панель складається з обшивки та набору стрингерів. Середня панель виконана знімною. Лонжерони КЧК клепаної конструкції, аналогічній лонжеронам центроплана.

Поперечний набір складається з нервюр балочної конструкції. Кесон кожної КЧК складається з чотирьох частин: герметичного паливного відсіку, паливного витратного відсіку, дренажного відсіку, "сухого" відсіку. На нижній панелі КЧК виготовлені люки для установки і демонтажу паливних насосів. На верхній панелі розташовані люки паливної системи.

Двощілинні (з фіксованим дефлектором) поворотні закрилки виконані двохопорні з підводом управління по приводним нервюрам хвостової частини крила. Конструкція закрилків складально-клепана, однолонжеронна, дефлектор закрилка виконана з композиційних матеріалів. Конструкція елерона складальна, клепана.

**Оперення.** Оперення літака складається з кіля, двох ланок керма напряду, двох консолей стабілізатора та двох половин керма висоти, на кожній з яких встановлено тример-сервокомпенсатор та кінематичний сервокомпенсатор. У носовій частині стабілізатора встановлені дефлектори.

На нижній секції другої ланки керма напряду встановлено тример. Рулі літака мають аеродинамічну компенсацію і вагове балансування.

Горизонтальне оперення включає у себе стабілізатор, що складається з двох консолей та навішаного на кожній консолі керма висоти з роговою та осьовою компенсаціями.

Стабілізатор представляє собою металічну конструкцію, що складається з двох лонжеронів, нервюр та панелей.

Кермо висоти - однолонжеронна металічна конструкція з набором нервюр. По задній кромці керма висоти встановлено тример-сервокомпенсатор.

Вертикальне оперення складається з кіля та керма напряду.

Кіль – металічна конструкція, що складається з двох лонжеронів, набора нервюр та стрингерних панелей. До передньої частини кіля кріпиться електрообігрівач-носок. Хвостова частина кіля панельної конструкції, виготовлена у вигляді сотових панелей з металічними обшивками та сотами ПСП.

Кермо напряду - металічний, що складається з лонжерона, набора нервюр та обшивки. У кореневій частині встановлено пружинний тример-сервокомпенсатор. Усі тримерні поверхні оперення - сотової конструкції з обшивкою з полімерних матеріалів та сот ПСП.

**Кабіна екіпажу.** Компоновка робочих місць пілотів забезпечує кожному управління літаком з однаковою надійністю. Характеристики стійкості та керованості літака, склад, характеристики та автоматизація пілотажно-навігаційного обладнання та бортових систем, склад та компоновка засобів відображення інформації та органів керування на робочих місцях пілотів забезпечує виконання пілотами їх функціональних обов'язків без перевищення існуючих норм навантаження.

Застосуванням конічного панорамного лобового скла та ліхтар кабіни екіпажу пілотам забезпечений достатньо широкий, неспотворений огляд

простору поза кабіною, відповідальний вимогам льотної експлуатації в очікуваних умовах.

Для забезпечення можливості керуванням літака з обох робочих місць, ефективної взаємодії пілотів (взаємного контролю та взаємодопомоги) практично всі засоби відображення інформації та органи керування розміщені у загальній для пілотів зоні контролю та досяжності (на верхньому та центральному пультах, на центральній панелі приладовій дошці) або дубльовані (пілотажно-навігаційні індикатори, аварійні світлові сигналізатори).

Розміщення приборів та світлових сигналізаторів на приладовій дошці пілотів виконано у відповідності з вимогами норм льотної придатності. На козирку приладовій дошці у зоні найкращою досяжності та огляду розміщені оперативно використовуються пульти управління командних радіостанцій та систем автоматичного управління.

У відповідності з вимог норм льотної придатності, а також для розвантаження місць пілотів від невикористовуваних при виконанні польоту засоби відображення інформації та органів управління, які використовуються тільки обслуговуючим персоналом на землі, всі такі засоби та органи згруповані в пультах передпольотної підготовки літака, розміщених на лівому та правому бортах поза досяжності пілотів.

**Силова установка.** Силова установка літака складається з турбореактивних двигунів Д-436-148ФМ, розташованими на пілонах під крилом, на малій відстані від площини симетрії літака, та допоміжною силовою установкою ТА 18-100, розташована у задній частині літака.

Схема двигуна Д-436-148ФМ трьохвальна, з триступінчатим вентилятором, та тринадцятиступеневим надзвуковим компресором. Маслосистема двигуна — циркуляційна, замкнута, під тиском. Всі агрегати маслосистеми, у тому числі маслобак, змонтовані на двигуні. Система регулювання двигуна включає паливорегулюючу апаратуру та електронну систему керування.

Керуванням режимом роботи двигунами здійснюється вручну або автоматично — від системи автоматичного управління літаком.

Система запуску двигунів — повітряна, з автоматикою керування та електричним запалюванням палива. Повітря для запуску відбирається від допоміжної силової установки, аеродромного джерела або від іншого раніше запущеного двигуна. Запуск здійснюється за допомогою повітряного стартера СВ-36, встановленого на двигуні. Допоміжна силова установка (ДСУ) ТА-18-100 представляє собою одновальний газотурбінний двигун з системою відбору повітря за компресором.

**Система кондиціонування повітря.** Система кондиціонування повітря (СКП) служить для створення та підтримання в кабіні літака необхідних умов життєзабезпечення.

СКП складається з двох незалежних підсистем, які забезпечують:

- кондиціонування кабін з роздільним регулюванням температури повітря в кабіні екіпажу та транспортній кабіні;
- наддув гермокабіни спільно з системою автоматичного регулювання тиску повітря;
- обдув скління кабіни екіпажу;
- підігрів простору під підлогою;

**Засоби автоматичного керування польотом.** Засоби автоматичного керування польотом призначені для автоматичного керування польотом на всіх його режимах із забезпечених заданих характеристик і безпеки польоту.

На літаку встановлено система автоматичного керування САК-148, яка отримує цифрову інформацію від систем датчиків, які вимірюють основні параметри польоту, виробляє керуючі команди для автоматичного, директорного або суміщеного керування літаком.

**Зв'язне обладнання.** Зв'язне обладнання включає в себе бортову радіоапаратуру, яка забезпечує зовнішній радіозв'язок та телефонний зв'язок

всередині літака, організацію зв'язку, апаратуру магнітного запису, апаратуру для розваг пасажирів та апаратуру відеонагляду.

**Пожежне обладнання.** Пожежне обладнання призначене для виявлення та ліквідації пожежі у відсіках гондол двигунів, відсіку допоміжної силової установки та багажно-вантажних відсіках, виявлення перегріву у відсіках двигунів, диму в туалетах, а також для гасіння пожежі в кабінах літака.

**Паливна система.** Паливна система призначена для розміщення палива на літаку та його подачі до двигунів та допоміжної силової установки у всіх можливих умовах експлуатації літака.

Паливо на літаку розміщується в одному баку-кесоні центроплану та в двох крилових баках-кесонах. Баки в крилі розміщені у консольній частині крила. Кожен криловий бак розділений на три відсіки: кореневий, передвитратний та витратний.

Система подачі палива до двигунів – роздільна: лівий двигун живиться з лівого бака в крилі, правий – з правого. Бак в центроплані є загальним для обох двигунів – паливо з нього випрацьовується першочергово. Магістраль кільцювання дозволяє здійснювати подачу палива до двигунів одного півкрила з бака іншого, живлення обох двигунів з одного бака та живлення одного двигуна з двох баків при відкритому крані кільцювання.

Подача палива до двигуна відбувається з витратного відсіку свого бака двома електричними відцентровими насосами.

Виробіток палива з бака в центроплані здійснюється тільки перекачуванням струменевими насосами у кореневі відсіки баків крила. Перекачування палива з корневих відсіків у передвитратний, а з них – у витратний також здійснюється струменевими насосами, які встановлені в цих відсіках.

Подача палива до двигунів самопливом – тільки з баків в крилі за рахунок розрідження, яке створюється паливними насосами двигунів.

**Протикригова система.** Протикригова система призначена для захисту літака від обледеніння.

Протикригова система планера – повітряно-теплова, призначена для запобігання виникнення або видалення льоду з носової частини крила, що відхиляються та не відхиляються, передкрилків та носової частини стабілізатора.

Протикригова система повітрозбірників двигунів – повітряно-теплова, призначена для запобігання виникнення або видалення льоду з носової частини повітрозбірників двигунів.

## 1.2. Обробка статистичних даних літаків прототипів

Був проведений порівняльний аналіз літаків з умов схожості експлуатаційних характеристик, результати яких зведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика	Літак	Ан-178	LockheedC-130	Embraer KC-390
1	2	3	4	
Екіпаж/бортпровідники, людей	4	5	2	
Число пасажирів	90	80	92	
Маса комерційної навантаження, кг	18000	19000	26000	
Крейсерська швидкість $V_{кр. ек.}$ , км / год	825	590	870	
Висота польоту з $V_{кр. эк.}$ , м	12200	10000	11000	
Дальність польоту $M_{k.max}$ , км	5500	3800	6130	
Тягоозброєність, Н/ кг	2,94	-	3,4	
Злітна дистанція, $L_{зл.д.}$ , м	2500	1433	-	
Посадкова дистанція, $L_{пос.д.}$ , м	1500	777	-	
Швидкість відриву $V_{відр.}$ , км / год	280	-	-	
Посадкова швидкість $V_{пос.}$ , км / год	230	-	-	
Злітна маса літака, т (кг)	52,4	79,38	81	
Відносна маса спорядженого літака,%	0,7	0,73	-	
Відносна маса корисного навантаження,%	0,3	0,27	-	

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4
Кількість і тип двигунів	2 x Д436-148ФМ	4xRolls-Royce AE2100D3	2 x IAE V2500-E5
Злітна тяга 1-го двигуна, кН	77,276	-	139,4
Крейсерська тяга 1-го двигуна, кН	17	-	-
Ступінь підвищення тиску	30	-	-
Ступінь двохконтурності	5	-	-
Еквівалентний діаметр фюзеляжу, м	3,694	-	-
Стріловидність крила по 1 / 4 хорд, 0	25	1	30
Середня відносна товщина профіля крила	0,13	-	-
База шасі, м	12,5	-	-
Колія шасі, м	4,65	4,34	-

### 1.3. Система керування літаком

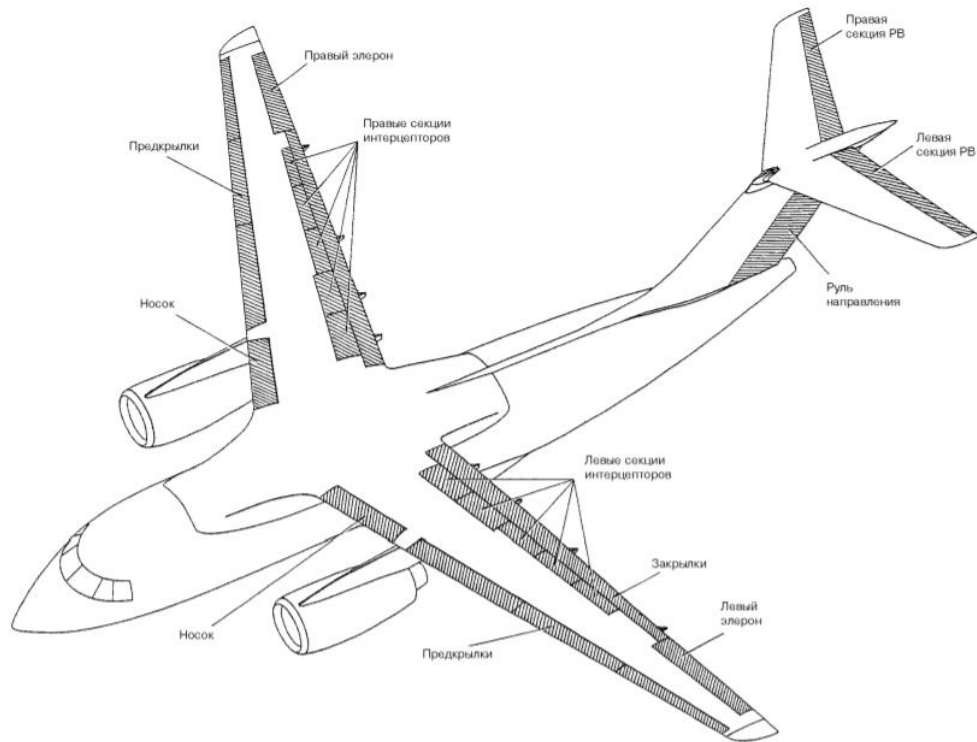
Поверхні керування та балансування літака показані на рис. 1.1.

Керування за тангажем здійснюється двосекційним кермом висоти, який встановлено на фіксованому стабілізаторі.[1, 2]

Керування за креном здійснюється елеронами (по одній секції на кожному півкрилі) та трьома парами багатофункціональних інтерцепторів.

Керування за курсом здійснюється односекційним кермом напрямку.

Для забезпечення злітно-посадкових характеристик на кожному півкрилі встановлено три секції закрилків, секція носків, що відхиляються та три секції передкрилків.



**Рис. 1.1.** Поверхні керування та балансування літака

### **Керування елеронами та багатофункціональними інтерцепторами.**

Структурна схема керування елеронами та багатофункціональними інтерцепторами показано на рис. 1.2.

Команди поперечного керування спільно відпрацьовуються елеронами та багатофункціональними інтерцепторами (секції № 5, 4, 3).[1, 2]

У режимах повітряного та наземного гальмування багатофункціональні інтерцептори використовуються як повітряні гальма. Для керування інтерцепторами в цих режимах призначена рукоятка керування інтерцепторами (РКІ).

Важелями керування за креном являються штурвали лівого та правого пілотів. Штурвали з'єднанні між собою та переміщуються синхронно. Передбачена можливість ручного роз'єднання штурвалів рукояткою «ЭЛЕР РАССОЕДИНЕНИЕ БОРТОВ, ТЯНУТЬ ВВЕРХ».



На кожній секції елеронів встановлено по два електрогідравлічних рульових агрегатів (РА).

Секції багатофункціональних інтерцепторів № 5, 4, 3 приводяться в рух автономними рульовими машинами (АРМ).

Передбачено два режими керування:

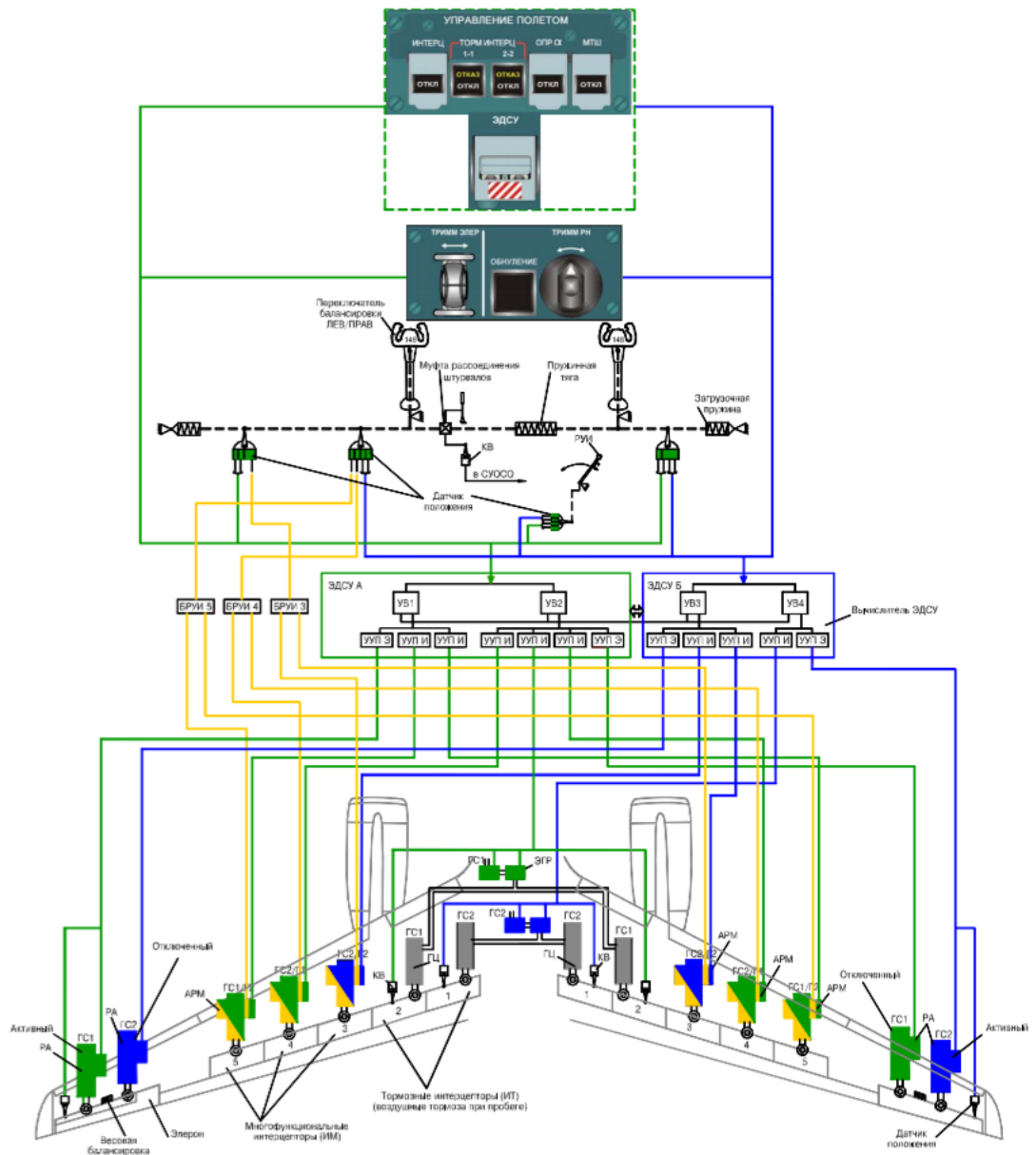
- 1) Основний – з працюючою електродистанційною системою керування (ЕДСУ-148);
- 2) Резервний – з використанням резервної системи керування інтерцепторами (РСКИ).

При відмові основного режиму керування перехід на резервний режим відбувається автоматично.

В основному режимі керування за креном відбувається шляхом відхилення елеронів та багатофункціональних інтерцепторів (секції № 5, 4, 3).

При цьому забезпечується:

- відхилення елеронів та багатофункціональних інтерцепторів пропорційно повороту штурвалів;
- зміщення балансованого положення рульових поверхонь від перемикача тримування «ТРИММ ЭЛЕРОН. ЛЕВ КРЕН ПРАВ» (без зміни нейтрального положення штурвалів);
- демпфування крену за сигналом від датчика кутової швидкості крену  $\omega_x$ .



**Рис. 1.2.** Структурна схема системи керування елеронами та інтерцепторами. ГС1, ГС2- гідросистеми; Г1, Г2- основні шини змінного току системи електропостачання; УВ- пристрій обчислювання; УУП Э(И)- пристрій керування приводом елерону (інтерцептора); БРУИ- блок резервного керування інтерцепторами

В режимі керування підйомною силою в польоті при екстремому зниженні, нормальному зниженні, на передпольотному плануванні для коректування глісади, а також при перерваному зльоті відбувається симетричне відхилення багатфункціональних інтерцепторів (секції № 5, 4, 3

на кожному півкрилі) пропорційно положенню РКІ та сумісно з керуванням по крену.

В режимі гальмування на пробігу автоматичне повне відхилення багатофункціональних інтерцепторів (секції № 5, 4, 3) та гальмівних інтерцепторів (секції № 2 та 1) відбувається за сигналом розкрутки коліс (при цьому або РКІ встановлено у положення «"ПОДГОТОВКА ТОРМОЖЕНИЯ" – "0°-ПТИ», або важіль керування двигунами (ВКД) переведені у положення «РЕВЕРС»). [4]

Використовувана в основному режимі ЕДСК представляє собою чотирьохканальну електродистанційну систему, виконана у вигляді двохканальних підсистем (ЕДСК-А, ЕДСК-Б), кожна включає в себе по два пристрою обчислювання.

Кожний обчислювач (УВ1 – УВ4) здійснює керування одним РА, зв'язаним з секцією елерона, за допомогою пристрою керування приводом елерона (УУП Е).

Обчислювачі УВ1 – УВ4 за допомогою пристроїв керування приводом інтерцепторів (УУП И) виконують керування інтерцепторами (секції № 5, 4, 3, 2, 1).

Сигнали від перемикачів тримування «"ТРИММ ЭЛЕРОН. ЛЕВ КРЕН ПРАВ» поступають в обчислювачі УВ1 – УВ4, підсумовується з сигналами від датчиків положення штурвалів. Для зняття зусиль зі штурвалів при застосуванні перемикача тримування пілот поступово вертає їх в нейтральне положення.

У резервному режимі керування за креном відбувається відхиленням 3-ї, 4-ї та 5-ї пар секцій багатофункціональних інтерцепторів при повороті штурвалів.

Керування елеронами не передбачено.

Тримування зусиль на штурвалах у резервному режимі не передбачено.

Після відмови чотирьох каналів ЕДСК-148 відбувається перехід на резервну систему керування інтерцепторами РСКІ.

Положення секцій елеронів та інтерцепторів відображається на кадрі «КОНФ» МФИ.

На індикатори МФИ та КИСС виводяться дискретні повідомлення про стан системи керування елеронами та багатофункціональними інтерцепторами.

### **Система керування кермом напрямку**

Структурна схема система керування кермом напрямку приведена на рис. 1.3.

Керування за курсом відбувається односекційним кермом напрямку (КН), який відхиляється двома гідромеханічними рульовими приводами (РП) та одним автономним рульовим приводом (АРП). [1, 2]

Для керування за курсом призначені педалі лівого та правого пілотів. Педалі механічно зв'язані. Зусилля на педалях забезпечуються завантажувальною пружиною.

Передбачено два режими керування КН:

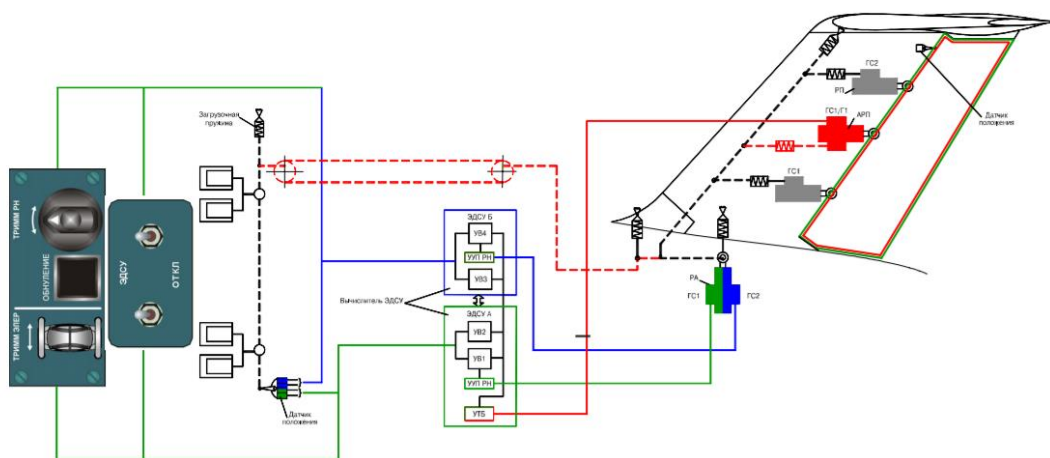
- основний – з працюючою ЕДСК, спільно з резервним механічним контуром керування (РМКК);
- резервний – з використанням тільки РМКК.

В основному режимі керування КН забезпечується:

- відхилення КН пропорційно ходу педалей;
- зміщення балансованого положення КН від перемикача тримування (без зміни нейтрального положення педалей);
- алгоритм демпферу рискання по сигналу швидкості рискання від датчика  $\omega_y$ ;
- алгоритм координації розвороту по сигналу швидкості крену  $\omega_x$  та кута повороту штурвалів;
- алгоритм обмеження максимальних кутів відхилення КН в залежності від швидкості польоту.

В основному режимі для керування КН використовується два обчислювальних канали ЕДСК-148 (УВ1 та УВ4). Обчислювачі виконують керування двохканальним РА ЕДСК-148 за допомогою пристроїв керування приводом керма напряду (УУП РН).

Вихідна ланка РА ЕДСК-148 з'єднано з одним із плеч диференційного механізму («сумуючий механізм»). Інше плече механізму зв'язане з веденим сектором тросової проводки РМКУ. Вихідне плече диференційного механізму з'єднано жорсткою механічною проводкою до входних ланок РП та АРП.



**Рис. 1.3.** Структурна схема системи керування кермом напряду

РП відпрацьовує команди путьового керування, які поступають як від ЕДСК, там і від педалей безпосередньо по тросовій проводці РМКУ.

В основному режимі КН відхиляється обома працюючими РП, тоді як АРП відключений, але відхилення КН призводить до переміщення зв'язаного з кермом штоку АРП.

Сигнали від перемикачів тримування «"ТРИММ РН ПОВОРІТ ВЛІВУ, ВПРАВО» поступають безпосередньо у обчислювачі. По цим сигналам змінюється балансує положення КН, яке підсумовується з сигналом від педалей.

Після падіння тиску в ГС№ 1 та 2 по сигналу пристрою УТБ-2 підсистеми ЕДСК-А включається привод АРП, тим самим автоматично виконується безударний перехід на керування КН за допомогою РМКУ.

Рух педалей по тросовій проводці передається на вхідну ланку ввімкненого АРП. [5]

У резервному режимі керування відхилення КН пропорційно ходу педалей, але виконується на кут не більше  $\pm 5^\circ$ , що менше, ніж в основному режимі (не більше  $\pm 30^\circ$ ).

На індикаторі МФИ та КИСС виводяться дискретні повідомлення про стан системи та її агрегатів, а також положення КН.

Електропостачання системи відбувається постійним струмом від лівого та правого РУ 27 В та змінним струмом – від ЦРУ та РУ 115/200 В. Гідропостачання системи – від ГС №1 та 2.

### **Система керування кермом висоти**

Структурна схема системи керування КВ приведена на рис. 1.4.

Важелями керування за тангажем є штурвальні колонки пілотів. Вони з'єднанні між собою та переміщуються синхронно. Зусилля на штурвальних колонках створюються пружинними тягами. Передбачена можливість ручного роз'єднання колонок рукояткою «РВ РАССОЕДИНЕНИЕ БОРТОВ. ТЯНУТЬ ВВЕРХ». [1, 2]

Штурвальні колонки обладнані механізмом тряски штурвалів (МТШ) для забезпечення тактильної сигналізації перевищення допустимого кута атаки.

На кожній секції КВ встановлено три виконавчих привода – два рульових агрегати (РА-100-1) ЕДСК-148 та один автономний рульовий привод (АРП-20Н) РМКУ.

Передбачено два режими керування КВ:

- основний – з працюючою ЕДСК-148;
- резервний – при використанні РМКУ.

При відмові основного режиму керування перехід на резервний відбувається автоматично. Перехід на резервний режим керування (одночасно з іншими каналами керування) можна виконати також за допомогою перемикача «ЭДСУ – ОТКЛ».

В основному режимі ЕДСК-148 забезпечує:

- відхилення секцій КВ пропорційно ходу штурвальних колонок;
- зміщення балансуєчого положення КВ від перемикачів тримування (кнопки «ПІК–КАБР» на рукоятках штурвалів) без зміни нейтрального положення штурвальних колонок;
- алгоритм роботи демпфера тангажу по сигналу кутової швидкості тангажу від датчиків  $\omega_z$ ;
- обмеження кута атаки  $\alpha_{\text{доп}}$  по сигналам від датчиків  $\alpha_{\text{ист}}$ ,  $\omega_z$  та  $n_y$  при утриманні штурвальної колонки у крайньому положенні чи при впливі вертикальної турбулентності.

Передатне відношення в ланцюгах керування і демпфування змінюється в залежності від повітряної швидкості та положення закрилків.

ЕДСК-148 представляє собою чотирьохканальну систему, виконану у вигляді двоканальних підсистем (ЕДСК-А, ЕДСК-Б). Кожний обчислювач каналу (УВ1-УВ4) здійснює керування одним РА-100-01, зв'язаним з лівою та правою секціями КВ за допомогою пристрою керування приводом керма висоти (УУП РВ).

В режимі основного керування по кожній секції КВ працює тільки один РА-100-01 (в цей момент – «активний»). Зв'язаний з цією секцією КВ інший РА-100-01 («відключений») та АРП-20Н є резервним та працюють у режимі демпфування, але відхилення секції КВ приводить до переміщення штоків. При порушенні нормальної роботи «активного» РА-100-01, той переводиться у режим демпфування, а раніше «відключений» РА-100-01 переводиться в режим керування та стає «активним».

При ввімкненій ЕДСК-148 сигнали від перемикачів тримування поступають у обчислювачі УВ1 – УВ4 та пристрій УТБ-2 видає сигнал на

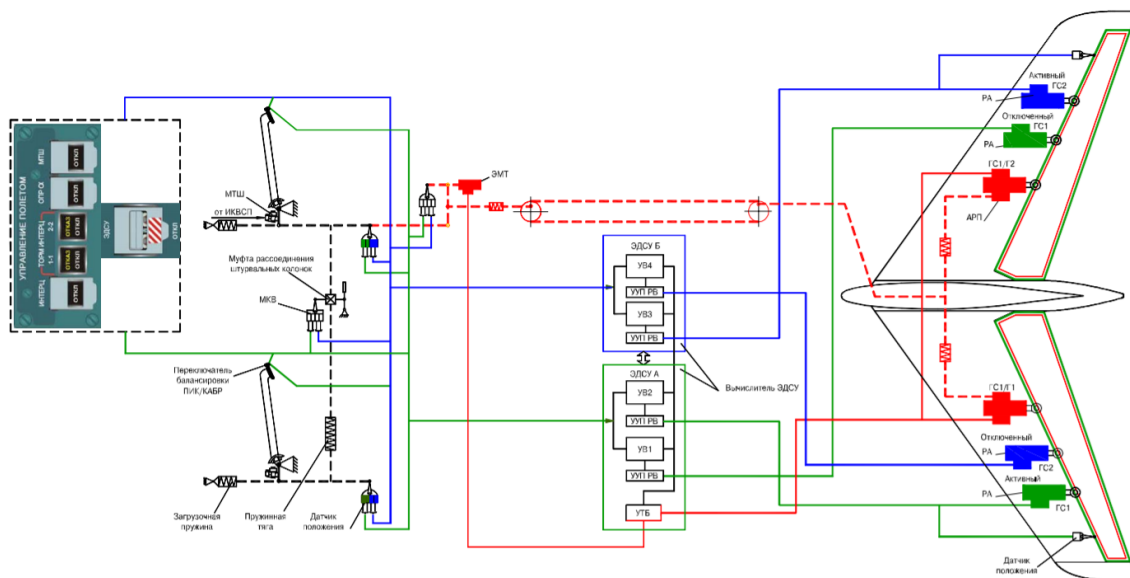
електромеханізм тримування РМ-140А, який відслідковує сигнал положення КВ при нейтральному положенні штурвалів. Переміщення штоку РМ-140А через диференціальну качалку підсумовується з відхиленням штурвальних колонок та по тросовій проводці впливає на входні ланки приводів АРП-20Н для забезпечення можливості безударного переходу на резервний режим керування. [6]

У резервному режимі керування КВ РМКУ забезпечує:

- відхилення секцій КВ пропорційно ходу штурвальних колонок;
- зміщення балансованого положення КВ від перемикачів тримування (без зміни нейтрального положення штурвальних колонок).

Передатне відношення в ланцюгах керування в резервному режимі мають постійне значення ( $K_{Ш} = 0,4$ ).

Після відмови 4-го каналу ЕДСК-148 по сигналу пристрою УТБ-2 включаються в роботу АРП-20Н, тим самим автоматично виконується безударний перехід на керування КВ за допомогою контуру РМКУ.



**Рис. 1.4.** Структурна схема системи керування КВ

Відхилення штурвальної колонки через механічну проводку переміщує входні ланки приводу АРП-20Н, які відхиляють секції КВ.



Електричні сигнали від перемикача тримування будь-якої штурвальної колонки безпосередньо керують електромеханізмом тримування РМ-140А, переміщення штоку, підсумовуючись з відхиленням на диференційній качалці, взаємодіє на входні ланки АРП-20.

В кабіні екіпажу встановлені перемикачі відключення: ЕДСК, ОПРа та МТШ.

Положення секцій керма висоти відображається на кадрі «КОНФ» МФИ.

На індикаторі МФИ та КИСС виводяться дискретні повідомлення про стан системи керування КВ.

Електроживлення системи здійснюється постійним струмом від лівого та правого РУ 27 В та змінним струмом від ЦРУ та РУ 115/200 В. Гідроживлення системи – від ГС №1 та 2.

### **Система керування закрилками**

Структурна схема системи керування закрилками (СКЗ-148) приведена на рис. 1.5.

Система призначена для керування трьома секціями закрилків на кожному півкрилі, зв'язаних з комбінованим приводом механічної трансмісії, карданними валами, які обертаються та редукторами з шарикогвинтовими підйомниками. [1, 2]

По кінцям трансмісії встановлено протизбиральні гальма (ПУТ), датчики зворотного зв'язку та асиметрії (БР), електрично зв'язані з блоком керування та контролю закрилків (БУКЗ).

Комбінований привод механізації (КПМ) має два двигуни: гідравлічний та електричний.

СКЗ-148 працює при зльоті та посадці в двох режимах – основному та резервному.

Перехід з одного режиму на другий відбувається за допомогою перемикача режиму роботи «ЗАКРЫЛКИ. ВКЛ – ОТКЛ» на пульті резервного режиму.

В основному режимі використовується електродистанційна система керування, яка забезпечує керування, яке стежить за випуском та прибиранням закрилків в положення, які задані за допомогою рукоятки РУЗП.

В основному режимі обертання валів трансмісії відбувається від гідравлічного двигуна КПМ.

Рукоятка РУЗП повинна фіксуватися на відмітках шкали рукоятки, які відповідають положенням закрилків у прибраному положенні – 10° та 20° та посадковому – 40°.

В резервному режимі керування випуском та прибиранням закрилків відбувається від натискного перемикача «ЗАКРЫЛКИ. УБОРКА – ВЫПУСК» на пульті резервного режиму з контролем положення закрилків на екранах індикаторів МФИ системи КСЭИС (кадр «КОНФ»). В резервному режимі обертання трансмісійних валів відбувається від електродвигуна приводу КПМ.

При відмовах в основному та резервному режимах керування СКЗ-148 забезпечує зупинку та гальмування приводу КПМ, стопоріння та утримання закрилків за допомогою ПУТ при:

- асиметрії відхилення закрилків;
- мимовільне переміщення закрилків від заданого положення;
- рух закрилків у напрямку, протилежному заданому.

При вмиканні ПУТ керування закрилками відключається в обох режимах керування.

Усунення причини відмови повинно виконуватись тільки на землі, після чого ПУТ розгальмовують з спеціального пульта розгальмовування.

Захист трансмісії закрилків від перевантаження приводом при заклинюванні виконує муфта обмеження моменту (МОМ), які встановлені на ділянках між виходом приводу та першими підйомниками.

Положення закрилків відображається на екранах КИСС та МФИ (кадр «КОНТР») за показаннями трьох датчиків положення закрилків (один датчик БР – на приводі, два – по кінця трансмісії).

З блока БУКЗ на індикатори МФИ та КИСС через СУОСО видаються дискретні сигнали про стан системи керування та її агрегатів.

Система СУОСО формує та видає на індикатори МФИ та КИСС сигнали: «ВЗЛЕТ ЗАПРЕЩЕН», «ЗАКРЫЛКИ ПРОВЕРЬ», які означають, що закрилки не знаходяться у злітному положенні.

При цьому:

- рукоятка РУЗП встановлено в одне із злітних положень;
- стійки шасі обжаті;
- РУД встановлені у злітне положення.

В аварійному реєстраторі (БУР) поступає інформація про положення закрилків, яка зчитується з датчиків БР, які знаходяться на кінцях трансмісії.

Електроживлення системи відбувається від РУ 27 В лів (АВШ1); РУ 27 В прав (АВШ2); ЦРУ 27 В (АВШ2). Гідроживлення – від ГС №2. [7]

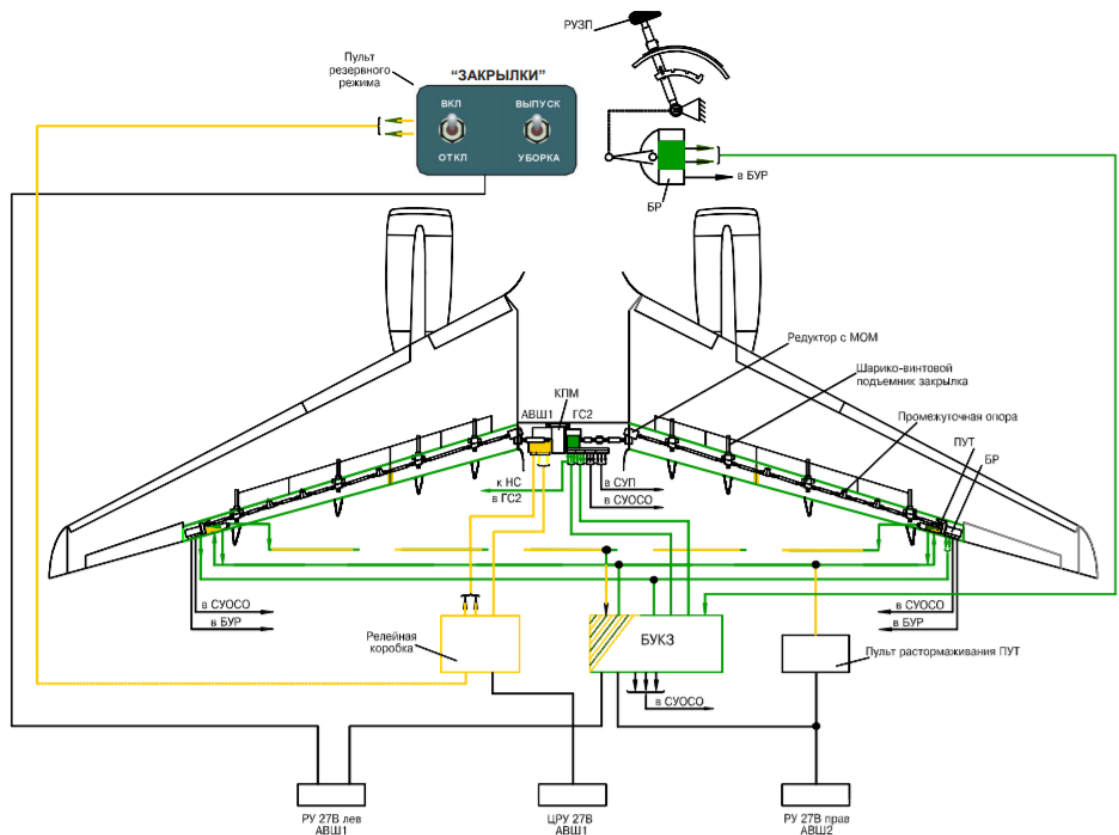


Рис. 1.5. Структурна схема системи керування закрилками

## **Керування гальмівними інтерцепторами**

Система призначена для відхилення інтерцепторів-гальм (секції інтерцепторів № 1 та 2 обох півкрил) на повний кут на пробігу за сигналом розкрутки коліс шасі з системи гальмування коліс (СТК). [1, 2]

При падінні швидкості пробігу літака нижче 30 км/год інтерцептори-гальма вертаються в прибране положення.

Сигналами дозволу на формування команд на випуск інтерцепторів-гальм за розкруткою коліс є:

- встановлення РУИ в положення «0°/ПТИ»;
- встановлення РУД в положення «РЕВЕРС».

При відсутності сигналів за розкруткою коліс, але при відхиленні багатофункціональних інтерцепторів № 5, 4, 3 в положення  $\geq 30^\circ$  та при наявності сигналів обтиску шасі від блоку БМД-703 СТК, інтерцептори-гальма автоматично відхиляються в положення  $50^\circ$ , а багатофункціональні інтерцептори – в положення  $40^\circ$ .

На кожен секцію інтерцепторів-гальм встановлено по одному гідроциліндру.

Сигнали керування на випуск формуються обчислювальними пристроями УВ-2 ЕДСК-А та УВ-4 ЕДСК-Б.

Одночасно спрацьовує два послідовних включених електрогідравлічних розподільника однієї гідросистеми.

## **Система керування передкрилками та носками, що відхиляються**

Структурна схема системи керування передкрилками та носків, що відхиляються (СУП-148) приведена на рис. 1.6.

СУП-148 представляє собою систему керування секцією носків, що відхиляються та трьома секціями передкрилків на кожному півкрилі, зв'язаних з комбінованим приводом механізації механічною трансмісією з карданними валами, які обертаються та редукторами з шарикогвинтовими підйомниками

(для керування носками, які відхиляються) та редукторами з зубчастими секторами у П-подібних монорельсах (для керування передкрилками). [1, 2]

По кінцях трансмісії встановлено ПУТ, датчик БР, електрично зв'язані з блоком керування та контролю закрилків (передкрилків) (БУКЗ).

Комбінований привід механізації (КПМ) має два двигуна – гідравлічний та електричний.

СУП-148 працює при зльоті та посадці в двох режимах – основному та резервному.

Перехід з одного режиму на інший відбувається за допомогою перемикача режиму роботи «ПРЕДКР. ВКЛ – ОТКЛ» на пульті резервного режиму.

В основному режимі керування передкрилками та носками, що відхиляються – двопозиційний (керовані поверхні або прибрані, або повністю випущенні), виконується від рукоятки РУЗП з обертанням валів трансмісії гідроприводом КПМ.

Випуск передкрилків та носків, що відхиляються починається одночасно з випуском закрилків. Команда на випуск передкрилків формується за допомогою мікроперемикачів (МКВ) на РУЗП.

Прибирання передкрилків та носків, що відхиляється здійснюється після прибирання закрилків. Команда на прибирання формується за допомогою кінцевих вимикачів приводу закрилків.

В резервному режимі випуск та прибирання передкрилків та носків відбувається від перекидного перемикача «ПРЕДКРЫЛ. УБОРКА – ВЫПУСК» на пульті резервного режиму з контролем положення керованих поверхонь на екранах індикаторів МФИ (кадр «КОНФ»). При цьому обертання трансмісійних валів виконується від електроприводу КПМ.

При відмові в основному та резервному режимах СУП-148 забезпечує зупинку та гальмування приводу КПМ, стопоріння та утримання керованих поверхонь протизбиральними гальмами при:

- асиметрії передкрилків та носків, що відхиляються;

- мимовільне переміщення передкрилків та носків, що відхиляються з заданого положення;
- рух носків та передкрилків у напрямку, протилежному заданому.

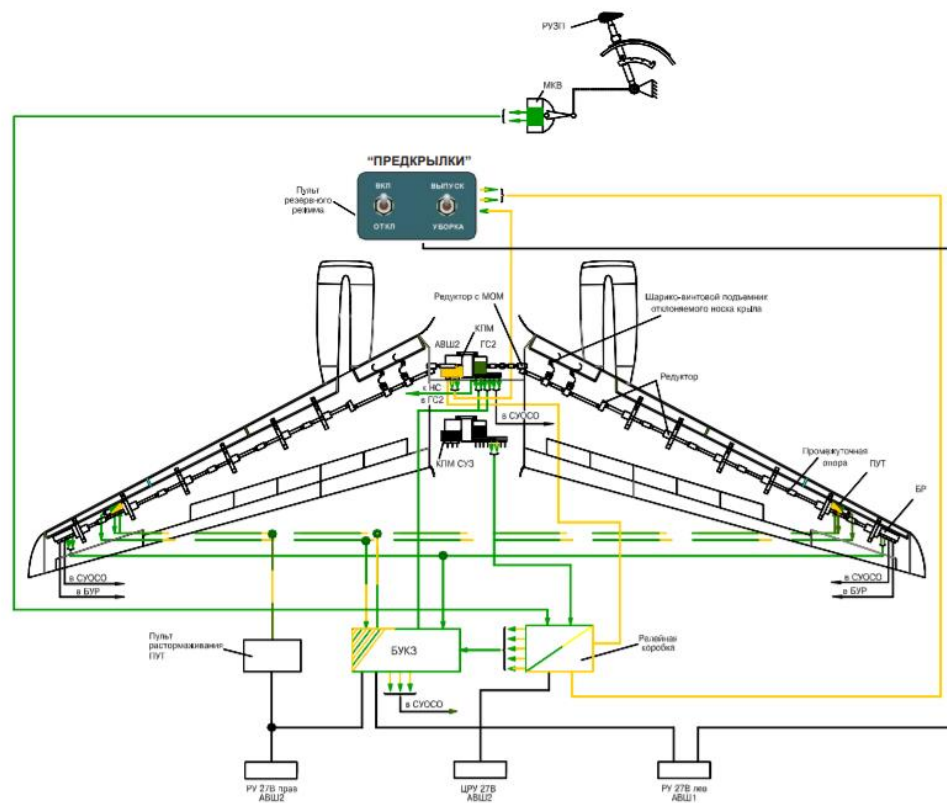
При включенні ПУТ керування носками та передкрилками відключається в обох режимах керування.

Захист трансмісії, носків та передкрилків від перевантаження приводом при заклинюванні виконує муфти обмеження крутного моменту.

Інформацію для системи КСЭИС формує система СУОСО за показниками датчиків БР положення носків та передкрилків.

Дискретний сигнал про стан системи керування передкрилками та носками, що відхиляються видаються з блоку БУКЗ на індикаторі МФИ та КИММ через СУОСО. [8]

Електроживлення системи здійснюється постійним струмом від АВШ1 лівого РУ 27 В, АВШ2 правого РУ 27 В та АВШ2 ЦРУ 27 В. Гідроживлення системи – від ГС2.



**Рис. 1.6.** Структурна схема системи керування передкрилками та носками, що відхиляються

## **1.4. Система керування закрилками**

### **Загальні відомості.**

Електродистанційна слідкуюча система керування закрилками призначена для випуску – прибирання закрилків в двох режимах – в основному та резервному.

В основному режимі керування здійснюється переміщенням рукоятки блоку РУЗП. [1, 2]

В резервному режимі керування здійснюється від натискного перемикача «УБОРКА – ВЫПУСК» під кришкою «ЗАКРЫЛКИ» на щитку «РЕЗЕРВ» (центральний пульт).

Система також забезпечує наступні функції:

- контроль поточного положення закрилків за кадром «КОНФ» на МФИ;
- сигналізацію заборони зльоту «ВЗЛЕТ ЗАПРЕЩЕН», «ЗАКРЫЛКИ ПРОВЕРЬ» - при невипущених на злітний кут закрилках, обтиснутих шасі та РУД у злітному положенні;
- відключення приводу та стопоріння лівого та правого закрилків у випадку, коли неузгодженість по кутам відхилення між ними більше допустимого;
- видачу сигналів в СУОСО на формування повідомлень «ЗАКРЫЛКИ ОСН. УПР – ОТКАЗ», «АСИММЕТРИЯ ЗАКРЫЛКОВ» на індикаторах КСЭИС;
- видачу інформації про характерні положення закрилків в суміжні системи за допомогою СУОСО.

Передбачається передачу сигналів по безпосереднім зв'язкам у систему керування носків, що відхиляються та передкрилками, у гідросистему, у систему СУОСО

### **Склад системи**

Дані про склад системи та розташування її елементів приведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Назва	Тип	Кількість	Місце розташування
1	2	3	4
Блок керування та контролю закрилків	БККЗ-140-01	1	Шп. № 22-23, під підлогою
Блок важеля керування «ПРЕДКР – ЗАКРЫЛКИ»	РУЗП	1	Кабіна екіпажу, центральний пульт
Комбінований привід механізації	КПМ-148Н	1	Задній лонжерон, НК №1
Щиток «РЕЗЕРВ» керування закрилками		1	Кабіна екіпажу, центральний пульт
Блок резисторів	БР-48К	3	РУЗП, задній лонжерон НК № 20, ліве та праве півкрило
Гальмо протизбиральне	ПУТ	2	НК № 20, ліве та праве півкрило
Пульт розгальмування ПУТ		1	Шп. №22-23, правий борт
РК закрилків, передкрилків		1	Шп. № 24, стеля



1	2	3	4
Автомати захисту	АЗК1М	4	
Шарикогвинтові підйомники		10	Задній лонжерон, НЦ № 4, НК №6, між 8 та 9, 13, 19
Редуктор кутовий з МОМ		2	Задній лонжерон, НК № 4, ліве та праве півкрило
Редуктор		2	Задній лонжерон, НК № 4, ліве та праве півкрило
Трансмісії закрилків (карданні вали з опорами)		1 комплект	Задній лонжерон

Система керування закрилками є споживачем першої категорії за постійним струмом напругою 27 В та живиться від аварійних шин АВШ1 та АВШ2 лівого та правого РУ 27 В від аварійної шини АВШ2 ЦРУ 27 В.

Гідроживлення приводу КПМ-148Н – від ГС2.

Робоча рідина гідросистеми – НГЖ-5У.

### **Опис системи**

Напівмонтажну схему трансмісії закрилків представлено на рис. 1.7.

Компоненти кінематичної системи керування закрилками (СУЗ-148) розташовані уздовж заднього лонжерону крила та включає комбінований привод механізації 1 (КПМ-148Н), кутовий редуктор 2 з муфтою обмеження

моменту (МОМ), підйомники закрилків 3, 4, 5, 6, 7 (№ 1, 2, 3, 4, 5) та редуктори 8 з протизбиральним гальмом (ПУТ).

Обертання валу електродвигуна (робота у резервному режимі) або валу гідромотору (в основному режимі) комбінованого приводу механізації передається за допомогою його диференційного редуктора на трансмісію, яка складається з карданних валів 10 та опор 9. [1, 2]

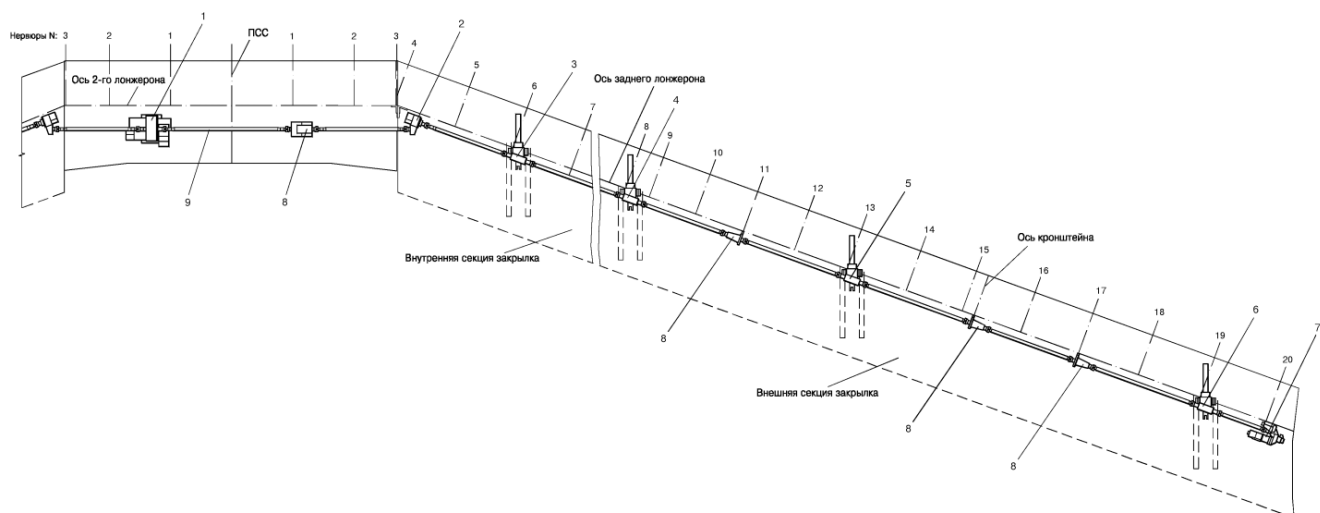
Карданні шарніри та ковзаючі шліцьові з'єднання забезпечують нормальну, без заїдань, роботу трансмісії при пружних деформацій крила.

Муфти обмеження моменту вбудовані в кутовий редуктор, встановлені в трансмісію закрилків на кожному півкрилі між приводом та підйомниками.

Муфти відрегульовані на передачу номінального крутного моменту для запобігання пошкоджень трансмісії та агрегатів системи.

Шарикогвинтові підйомники складаються з редуктору та ходової пари «гвинт-гайка» з шариками у різьбовій канавці для зменшення опору переміщення гвинта.

По кінцях трансмісії закрилків розташовані редуктори 8 зі встановленими на них протизбиральними гальмами та блоками резисторів БР-48К.



**Рис. 1.7.** Напівмонтажна схема трансмісії закрилків. 1 – комбінований привод механізації КПМ 148Н; 2 – кутовий редуктор з МОМ; 3 – підйомник № 1; 4 – підйомник № 2; 5 – підйомник № 3; 6 – підйомник № 4; 7 – редуктор з ППГ та БР-48К; 8 – опора трансмісії; 9 – карданний вал.

## Робота

**Основний режим.** Керування випуском та прибиранням закрилків в основному режимі – слідкуюча. Кут відхилення закрилків визначаються положенням рукоятки керування закрилками та передкрилками (РУЗП).

При переміщенні РУЗП на випуск в блок керування та контролю закрилків (БУКЗ) з потенціометричних датчиків – ДЗ лівого та ДЗ правого, які розташовані в блоці резисторів (БР), який зв'язаний з РУЗП, - поступають сигнали, величина яких пропорційна куту відхилення РУЗП. Керуючий сигнал  $U_{ДЗ}$  обчислюється як середньоарифметичне значення величин цих сигналів.[18]

У результаті виниклої неузгодженості між  $U_{ДЗ}$  та  $U_{ОС}$  ( $U_{ОС}$  – сигнали зворотного зв'язку, обчислюється також як середньоарифметичне значення величин сигналів  $U_{ДОС\ л}$  та  $U_{ДОС\ п}$  з датчиків зворотного зв'язку (ДОС лівого та ДОС правого), які розташовані в БР по кінцям трансмісії), - БУКЗ видає сигнал в гідросистему на включення насосної станції (НС), клапану подачі тиску та клапану випуску. Клапани відкриваються, гідромотор комбінованого приводу механізації (КПМ) розгальмовується та його вихідний вал починає обертатися у напрямку, який відповідає випуску закрилків. Обертання валу через зв'язані з ним трансмісійні вали передається на шарикогвинтові підйомники закрилків та через редуктори – на блоки резисторів. При обертанні гвинтів підйомників по ним переміщуються гайки та відхиляють шарнірно зв'язані з ними закрилками. [9]

При цьому в БУКЗ поступають:

- з КПМ – сигнал розгальмованого стану гідроприводу, сигнали зняття блокування прибирання та блокування випуску;
- з протиприбиральних гальм (ПУТ), лівого та правого, - сигнали їх розгальмованого стану;
- з датчиків асиметрії положення (ДАП) закрилків – сигнали  $U_{ДАП}$ , величина яких пропорційна кількості обертів трансмісійного валу. Датчики розташовані в БР по кінцям трансмісії.

Кут відхилення закрилків ( $\delta_3$ ) у цифровому вигляді та у вигляді мнемосигналів відображається на екранах КСЭИС. Інформацію для КСЭИС формує СУОСО на основі аналізу сигналів від трьох датчиків, два з яких розташовані у блоках БР, встановлених по кінцям трансмісії, та один (датчик положення) – в КПМ. Сигнали з цих датчиків через СУОСО поступають також в бортову систему технічного обслуговування (БСТО), а с інших датчиків блоків БР – в бортовий пристрій реєстрації параметрів (БУР).

У мірі випуску закрилків неузгодженість між  $U_{ДЗ}$  та  $U_{ОС}$  зменшується та при різниці значень сигналів, рівній певному мінімальному значенню (0,6 %), БУКЗ забезпечує клапан подачі тиску, клапан випуску та видає сигнал в гідросистему на відхилення НС. Вихідний вал КПМ загальмований та в БУКЗ поступає сигнал його загальмованого стану. [1, 2]

При переміщені РУЗП на прибирання закрилків знову з'являється неузгодженість між  $U_{ДЗ}$  та  $U_{ОС}$ , але зі зворотним знаком, у результаті чого включається НС, клапан подачі тиску та клапан прибирання. Вал приводу розгальмовується та починає обертатися у напрямку, відповідному прибиранню закрилків, поки розголошення між  $U_{ДЗ}$  та  $U_{ОС}$  не досягне мінімального значення.

Одночасно з початком висування закрилків ( $\delta \geq 3^\circ$ ) у систему керування передкрилками (СУП) поступає сигнал їх відхиленого положення.

При повністю випущених або повністю прибраних закрилків розмикаються відповідні контакти мікроперемикачів приводу, у результаті чого знеструмлюються ланцюги керування КПМ та тим самим блокується подальше обертання його вихідного валу.

БУКЗ здійснює контроль справності системи та симетричного положення закрилків при їх випуску та прибиранні. Виявлені відмови реєструються в енергонезалежній пам'яті блоку та в БСТО.

При несправності в ланцюгах будь-якого з датчиків, які задають (ДЗ лівого та ДЗ правого) або якщо різниця значень сигналів з датчиків перевищує 3,5%, БУКЗ знеструмлює клапани та видає в СУОСО сигнал для індикації на

екран КИСС повідомлення « ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» (супроводжується тональним сигналом «дзвін»).

На кадрі «КОНФ» МФИ повинно з'явитися це ж повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ».

При несправності в ланцюгах одного з датчиків зворотного зв'язку (ДОС лівого або ДОС правого) або якщо різниця значень сигналів з датчиків перевищує 3,5 %, БУКЗ видає через СУОСО в БСТО сигнал «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» та далі аналізує стан наступних пар датчиків:

- ДАП лівого та ДАП правого;
- ДОС лівого та ДАП правого;
- ДАП лівого та ДОС правого.

Якщо є пара датчиків, в ланцюгах яких не знайдено несправності та різниця значень виданих ними сигналів не перевищує допустиму (3,5 %), то формується сигнал  $U_{OC}$ . Якщо не виконується хоча б одна з цих умов для перерахованих датчиків, то БУКЗ:

- знеструмлює клапани подачі тиску;
- видає в СУОСО сигнал на індикацію повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» (КИСС, МФИ) та формує в БСТО сигнал «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ»;
- знімає сигнал включення НС;
- блокує режим резервного керування;
- видає сигнал на включення протизбиральних гальм та після надходження сигналів їх загальмованого стану видає в СУОСО сигнал на індикацію повідомлення «АСИММЕТРИЯ ЗАКРЫЛКОВ» (КИСС, МФИ), супроводжується тональним сигналом «дзвін».

Аналогічну комутацію БУКЗ здійснює, якщо закрилки:

- прибирається при подачі сигналу керування на клапан випуску;
- випускаються при подачі сигналу керування на клапан прибирання.

Зняття блокування керування закрилками відбувається на землі після усунення причини, яка викликала їх стопоріння, відключення автоматів захисту «ЗАКРЫЛ ОСНОВН УПРАВЛ» та «ЗАКРЫЛКИ СИГНАЛ».

Розгальмування ПУТ відбувається при натисканні кнопки на пульті розгальмування. Спочатку розгальмовується лівий ПУТ, потім – правий, після чого на пульті висвічується табло «ПУТ РАСТОРМОЖЕН». [15]

По прибутті з БУКЗ сигналів на включення клапану подачі тиску та клапану випуску (прибирання) МП гідроприводу протягом однієї секунди повинен перемикнути з положення «загальмований» в положення «розгальмований». Якщо цього не відбудеться, тоді блок видає сигнал на індикацію повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» (КИСС, МФИ) без зняття сигналів з клапанів та реєструє відмову «Неисправность гидропривода». Якщо датчик переключиться в положення «розгальмований», повідомлення «ЗАКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» зникне.

Якщо протягом однієї секунди після зняття сигналів з клапанів стану МП гідроприводу з розімкнутого («расторможен») не зміниться на замкнутий («заторможен»), в БСТО поступить сигнал «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ».

У разі появи самоходу закрилків (при незмінному положенні РУЗП) різниця  $U_{дз} - U_{ос}$  може перевищити 3,5 %. Тоді БУКЗ включає клапани подачі тиску, вал приводу обертається у напрямку зменшення цієї різниці та при досягненні значення 0,6 % гідропривід відключається, а в програмний лічильник самоходу вноситься одиниця.

Якщо цикл включення та відключення гідроприводу при незмінному  $U_{дз}$  повторюються більше шести раз, - БУКЗ видає через СУОСО в БСТО сигнал «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ», а у енергонезалежну пам'ять блоку зареєструється повідомлення «Счетчик самохода более или равен 6».

Сигнал «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» формується також, якщо значення сигналу зворотного зв'язку  $U_{ос}$  перевищить значення дублюючого коефіцієнту мікроперемикачів блокування випуску або стане менше

дублюючого коефіцієнту мікроперемикачів блокування прибирання. При цьому фіксується відмова відповідного МП.

При індикації повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» та формування сигналу «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» в БУКЗ відбувається самоблокування сигналів, що викликали їх появу, а в енергонезалежну пам'ять блоку заноситься відповідний відмові.

Самоблокування повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» не відбувається у випадках:

- при переході на резервний режим роботи (при поверненні до основного режиму повідомлення зникають);
- відсутній сигнал розгальмованого стану гідроприводу протягом однієї секунди з моменту подачі сигналів керування на клапани (після появи сигналу повідомлення зникне);
- відсутня одна з напруг (Е1) живлення блоку (при надходженні напруги живлення табло вмикається).

Сигнал «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» не самоблокується у випадках:

- відсутній сигнал розгальмованого стану гідроприводу протягом однієї секунди з моменту подачі сигналів керування на клапани (після появи сигналу повідомлення зникає);
- відсутня одна з напруг (Е1 та Е2) живлення блоку (при встановленні живлення повідомлення зникає).

Самоблокування сигналізації «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» або формування сигналу «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» знімається при відключенні живлення або за допомогою кнопки «СБРОС» на джгуті МС-3ТК, який підключається до контрольного з'єднувача.

### **Резервний режим.**

Резервний режим включається встановленням перемикача режиму (під кришкою «ЗАКРЫЛКИ на щитку «РЕЗЕРВ») у положення «ВКЛ». При

натисканні іншого перемикача під цією ж кришкою в положення «ВЫПУСК» або «УБОРКА» керуючі сигнали через релейну коробку закріпків поступають на електродвигун приводу. Гальмівна муфта електродвигуна розгальмовується та вихідний вал обертається в заданому напрямі. При відпусканні перемикача (знеструмлення електродвигуна) гальмівна муфта загальмовує вал. [1, 2]

У крайніх положеннях закріпків ланцюги керування електродвигуна розмикаються мікроперемикачі, які встановлені в приводі.

При переході на резервний режим при справному основному на КИСС з'являється повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» та блокується включення електромагнітних клапанів.

В резервному режимі відбувається самоконтроль блоку, контроль справності елементів СКЗ та контроль симетричного положення закріпків.

Якщо при нейтральному положенні перемикача відбудеться переміщення (самохід) закріпків на 5 % у будь-якому напрямку, тоді блок видає сигнал на включення ПУТ та в СУОСО – сигнал на індикацію повідомлення «ЗАКРЫЛКИ ОСН УПР – ОТКАЗ» (КИСС, МФИ) та формування сигналу «ЗАКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» у БСТО. Після надходження в БУКЗ сигналу загальмованого стану обох ПУТ блок видає в СУОСО сигнали на індикацію повідомлення «АСИММЕТРИЯ ЗАКРЫЛКОВ» (КИСС, МФИ).

Аналогічну комутацію БУКЗ здійснює у випадку переміщенні закріпків на прибирання при нажатому перемикачі в положення «ВЫПУСК» або у випадку їх переміщенні на випуск при нажатому перемикачі в положення «УБОРКА» на величину, яка перевищує 3,5 %.

**Блок рукоятки керування закрілками та передкрілками РУЗП.** Блок рукоятки керування закрілками та передкрілками (РУЗП) призначений для керування закрілками, передкрілками та носками, що відхиляються в основному режимі.

Блок рукоятки керування показано на рис. 1.8.



Блок складається з наступних ланок: рукоятка керування 6, яка розташована на правій стороні центрального пульта, редуктора 9 з механізмом кінцевих вимикачів МКВ-48КС та блоком резисторів БР-48К, який закріплений на балках центрального пульта в районі шпангоута № 5. Рукоятка та редуктор з'єднані тягою 7.

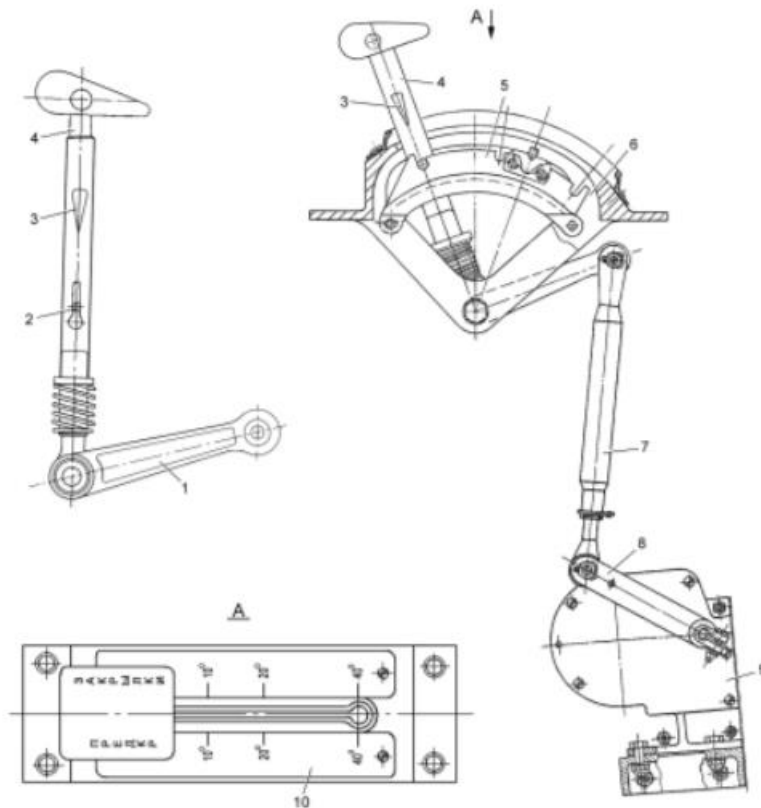
Рукоятка 6 являє собою корпус з ручкою 4.

На стінках корпусу справа та зліва від ручки встановлені фіксатори 5, які представляють собою пластини з пазами. На кришці корпусу рукоятки встановлений лімба 10 з гравірованою шкалою відхилення закрилків: «0°», «10°», «20°» та «40°»

На ручці 4 є підпружинений стопор 2, який призначений для фіксації в пазах фіксаторів 5.

На валу ручки 4 встановлена качалка 1, яка приводить в рух тягу 7. Тяга з'єднана качалкою 8 з віссю редуктора 9.

Переміщення закрилків, передкрилків та носків, що відхиляються здійснюється віджаттям ручки 4 догори, при цьому стопор 2 виходить з пазів фіксаторів 5 та ручка 4 може вільно переміщуватися на заданий кут.



**Рис. 1.8.** Блок рукоятки керування закрilками та передкрilками.  
 1- качалка; 2- стопор; 3- показчик; 4- ручка; 5- фіксатор; 6- рукоятка керування; 7- тяга; 8- качалка; 9- редуктор з МКВ-48КС та БР-48К; 10- лімб.

**Протизбиральне гальмо.** Протизбиральне гальмо складається з електромагніту, фрикційної муфти та вузла кінцевих вимикачів.

Протизбиральне гальмо показано на рис. 1.9.

Електромагніт складається з зовнішнього та внутрішнього магнітопроводів да двох якорі – притискного та віджимного.

У зовнішньому магнітопроводі 5, який одночасно є корпусом електромагніту, встановлено внутрішній магнітопровід 15, який складається з декількох частин, з'єднаних між собою зварюванням. На внутрішній магнітопровід намотані дві котушки – притискна 13 та віджимна 14. Між котушками встановлені п'ять постійних магнітів 24. Для виводу дротів у зовнішньому магнітопроводі виконано радіальний отвір, який закривається кришкою 4. Обидва магнітопроводи з'єднані між собою чотирма болтами 12, які одночасно кріплять до них корпус вузла кінцевих вимикачів.

По торцям магнітопроводів встановлені на вісі два якорі – притискний 11 та відтискний 16. Притискний якор приварений до виси, яка виконана з немагнітної сталі. Віджимний якор посаджений на вісь сумісно з опорною втулкою 19 та підібганий до торцевої проточці вісі пружиною 17. Зусилля притискання регулюється затяжною гайкою 18.

Фрикційна муфта складається з корпусу, гальмівних та опорних дисків та регулювальної шайби. [1, 5, 9]

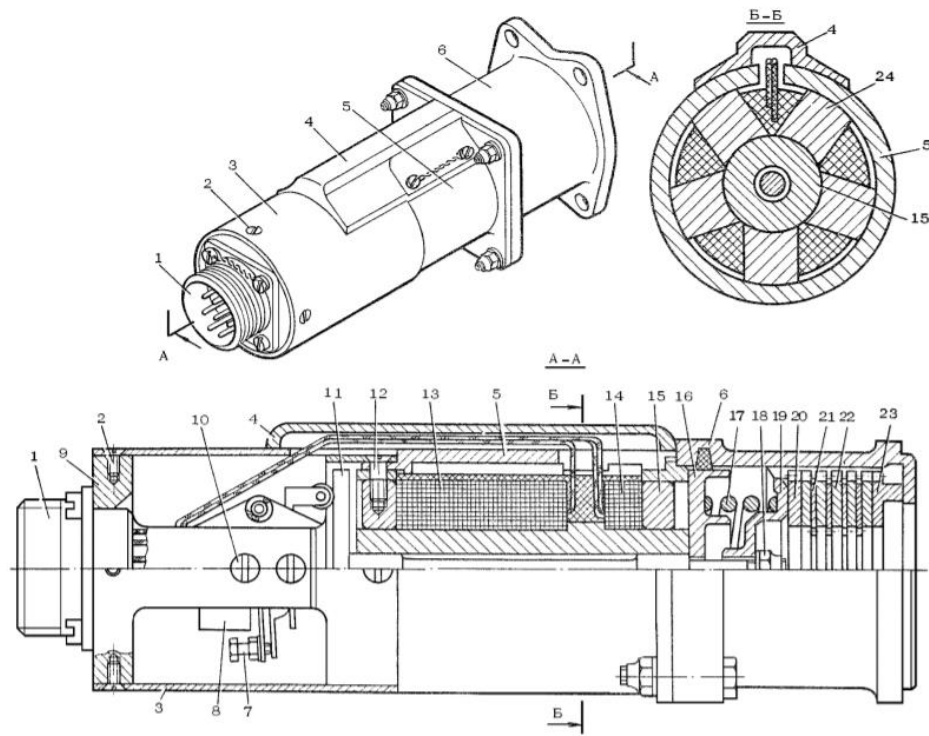
В корпусі 6, який виконаний з алюмінієвого сплаву, розташовано пакет сталевих гальмівних дисків. Диски 22 та регулювальна шайба 20 з'єднані шліцьовим з'єднанням з корпусом. На торцеві поверхні дисків 22 нанесено фрикційне покриття. Між ними розташовані диски 21 з внутрішніми шліцями для з'єднання з валом трансмісії. Опорні диски 23 та регулювальна шайба виконана з дуралюміна.

Вузол кінцевих вимикачів складається з корпусу, пакету мікроперемикачів з контактними пластинами та кожуху.

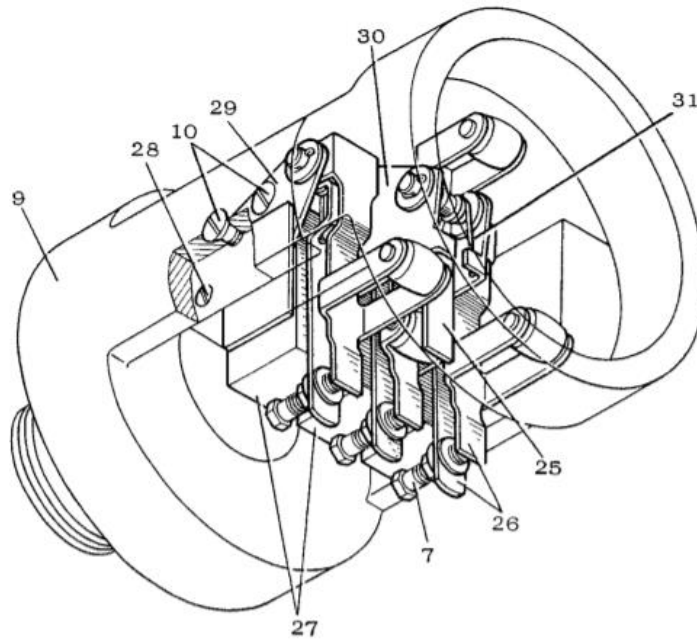
Корпус 9 виконаний з двох частин, які з'єднуються між собою чотирма болтами 10. До лівої (за кресленням) частини корпусу кріпиться електричний роз'єм, до правої – двома болтами 28 пакет мікроперемикачів з двома планками 29 та двома кронштейнами 30 та 31. Між планками та кронштейнами на одній вісі шарнірно закріплено три пари контактних пластин 26, які піджимаються пружинами до відтискного якоря. Дві крайні пари контактують з якорем своїми роликами, середня пара – через проміжну пластину 25 з роликом.

Проміжна пластина шарнірно закріплена між кронштейнами 30 та 31 та підібгана пружиною до ролика середньої пари.

Регулювання мікроперемикачів відбувається гвинтами 7.



а)



б)

**Рис. 1.9.** Протизбиральне гальмо. а) лист 1: 1- електричний роз'єм; 2- гвинт; 3- кришка; 4- кришка; 5- зовнішній магнітопровід; 6- корпус фрикційної муфти; 7- регулювальний гвинт; 8- мікроперемикачі; 9- корпус вузла кінцевих вимикачів; 10- болт; 11- притискний якір; 12- болт; 13- притискна котушка; 14- віджимна котушка; 15- внутрішній магнітопровід; 16- віджимний якір; 17- пружина; 18- гайка; 19- опорна втулка;

20- регулювальна шайба; 21, 22- гальмівний диск; 23- опорний диск;  
24- постійний магніт. б) лист 2: 25- проміжна контактна пластина; 26-  
контактні пластини; 27- кінцеві вимикачі; 28- болт; 29- планка;  
30, 31- кронштейн.

Корпус з пакетом мікроперемикачів кріпиться до електромагніту чотирма болтами 12 та закривається зверху кришкою 3. Кришка кріпиться до корпусу гвинтами 2.

**Робота.** При подачі напруги на котушку 13 притискний якір 11 переміщується вправо (за кресленням) та прилипає до магнітопроводу з постійними магнітами. Одночасно спрацьовують мікрОВимикачі, один з яких відключає напругу живлення від притискної котушки.

При переміщенні якір 11 своїм штоком переміщує віджимний якір 16 вправо, віджимає його від магнітопроводу та через пружину 17 притискає один до одного гальмівні диски.

При подачі напруги на віджимну котушку 14 віджимний якір переміщується вліво (за кресленням) та прилипає до магнітопроводу з постійними магнітами. Одночасно спрацьовують мікроперемикачі, один з яких відмикає напругу живлення віджимної котушки. [1, 14]

При переміщенні якір через шток віджимає притискний якір від магнітопроводу, розтискає пружину 17 та гальмівний диск.

**Блок резисторів БР-48К.** Блок резисторів призначений для формування електричних сигналів, пропорційних куту повороту привідного валу. Блок виконаний за двоканальної схеми. Кожний канал включає по два змінних резисторів, ланцюги яких виведені на окремі з'єднувачі. [1, 2]

Блок складається з привідного валу, двох подвійних резисторів, регульованого пристрою та двох з'єднувачів типу СНЦ-23.

Привідний вал служить для зв'язку з приводом та встановлений в корпусі блоку на підшипниках. На валу встановлені два зубчастих колеса, зв'язаних з ним фрикційними муфтами.

Подвійний резистор має спільний вал, на якому встановлено безлюфтове зубчате колесо, що входить в зачеплення з одним із зубчатих коліс привідного валу. Колесо другого подвійного резистора зчеплене з іншим колесом привідного валу.

Регулювальний пристрій складається з двох валиків, зубчаті колеса яких зчеплені з зубчатими колесами привідного валу. При обертанні будь-якого регулювального валика при нерухомому привідному валі відбувається пробуксування фрикційної муфти та відповідне зубчате колесо привідного валу, повертаючись, розвертає вал відповідного подвійного резистора. Привідний вал блоку допускає кругове обертання (внутрішніх упорів немає).

Регулювальний пристрій блоку забезпечує можливість встановлення початкового опору резисторів у будь-якій точці відносно привідного валу.

**Підйомники закрилків.** Шарикогвинтові підйомники закрилків призначені для перетворення обертального руху трансмісійних валів закрилків у поступальне переміщення закрилків.

Конструкція підйомника закрилків показана на рис. 1.10.

Підйомник закрилків включає в себе конічний редуктор, який складається з ведучою 5 та веденої 6 шестерень, та шарикогвинтову ходову пару, створену гайкою 4, ходовим гвинтом 8 та шариками 13. Шарики перекочуються в профільованій різбовій канавці, створеною поверхнями гайки 4 та ходового гвинта 8, змінюючи тертя ковзання тертям кочення.

Ступиця шестерні 6 конічного редуктора підйомника з'єднана шліцями з гайкою 4 ходової пари.

Гайка 4 спирається на встановлений в корпусі 14 підшипники 3, які сприймають осьові та радіальні навантаження.

Конічний редуктор та гайка ходової пари включені в загальний роз'ємний корпус, частини 11 та 14 якого стягнуті болтами 15. З торців корпус підйомника закривається кришками 1 та 7.

На ходовому гвинті 8 встановлені упори – задній 2 та передній 9.

Внутрішня порожнина підйомника заповнюється змазкою через прес-маслянку 12.

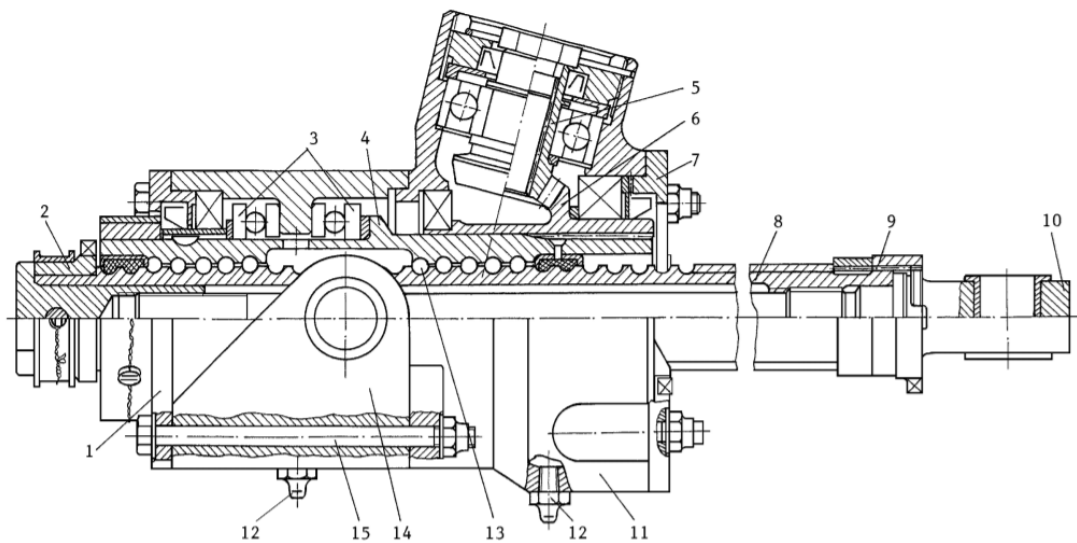
Встановлення підйомників показана на рис. 1.11.

Кутовий редуктор 3 передає рух валу приводу закрилків до підйомників.

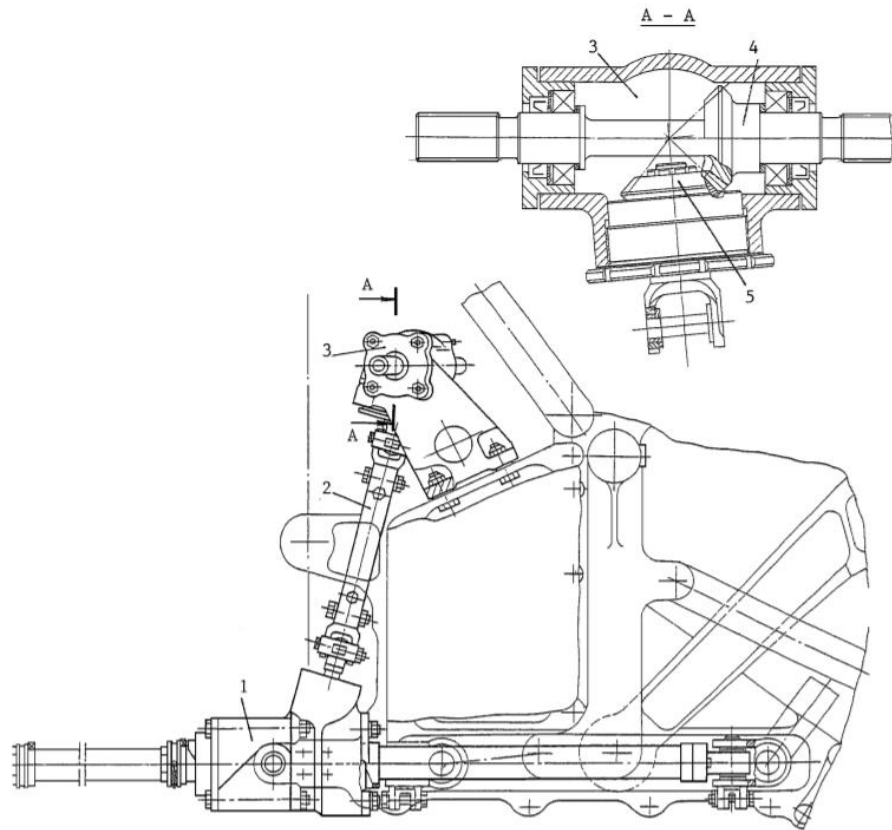
Редуктор – конічного типу. Вал-шестерня 4 редуктора з'єднана з вихідним валом приводу закрилків. Вузол шестерні 5 з'єднаний валом з карданами 2 з ведучою шестернею підйомника.

Підйомник 1 закрилків, відрізняються один від одного довжиною ходового гвинта та передатним відношенням редукторів, кріпляться до відповідних механізмів закрилків № 1, 2, 3, 4, встановлених в районі нервюр крила № 6, 8, 13, 19.

При роботі проводу закрилків ходовий гвинт підйомника поступально переміщує закрилків.



**Рис. 1.10.** Підйомник закрилків. 1- кришка; 2- упор задній; 3- підшипник; 4- гайка; 5- шестерня ведуча; 6- шестерня ведена; 7- кришка; 8- гвинт ходовий; 9- упор передній; 10- вухо; 11- корпус; 12- прес-маслянка; 13- шарик; 14- корпус; 15- болт.



**Рис. 1.11.** Встановлення підйомника № 1 на нервюрі крила № 6.  
 1- підйомник закрилків; 2- вал з карданом; 3- кутовий редуктор; 4- вал-шестерня; 5- вузол шестерні.

**Редуктор кутовий з MOM.** Кутовий редуктор с муфтою обмеження моменту (MOM) призначений для передачі обертання вихідного валу КПП-148Н до механізмів переміщення закрилків та для захисту трансмісії при збільшенні опору вище допустимого значення.

Кутовий редуктор закрилків кріпиться на задній лонжерон лівого та правого півкрилі.

Конструкція кутового редуктора закрилків показана на рис. 1.12.

Ділянка трансмісії до механізмів переміщення закрилків зв'язана шліцьовими з'єднаннями з валом 9 муфти 8.

На валу 9, зв'язаному шліцьовим з'єднанням з трансмісійними валом закрилків, встановлено металофторопластову втулку, на якій встановлено ведена напівмуфта 5.

На шариковій шпонці встановлено ведуча напівмуфта 7.



Між обома напівмуфтами 5 та 7 в конусних гніздах, створених в тілах напівмуфт, встановлено чотири шарики 6.

Ведучу напівмуфту 7 до веденої напівмуфти 5 через шарики 6 піджимають спіральні пружини 11.

До зовнішніх поверхонь обмежених виступами валу 9 плоскими пружинами піджимаються ролики 3, встановлені в пазах торця веденої напівмуфти 5.

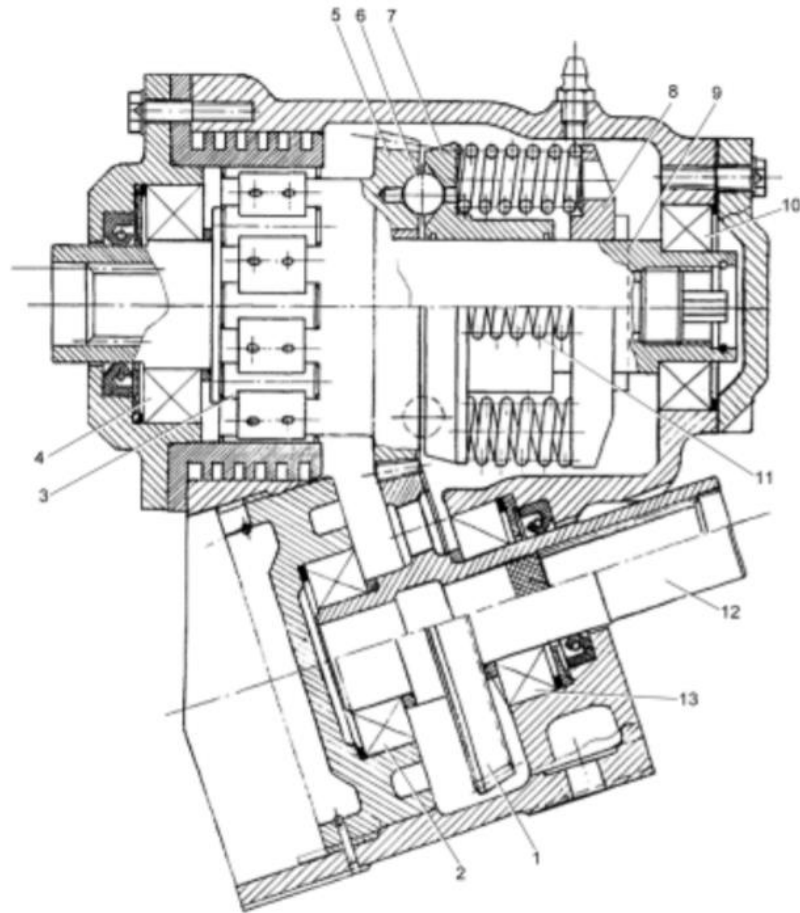
Шестерня веденої напівмуфти 5 та вузол шестерні 1 створюють кутовий редуктор.

До вилки валу 12 вузла шестерні 1 під'єднаний вал з карданами, які зв'язані кутовий редуктор з МОМ та трансмісії закрилків.

При збільшені опору переміщення закрилка, яке діє на шарики 6 складова сили опору зрушує шарики в конусних гніздах муфти. Тиск шариків переміщує ведучу напівмуфту 7 вздовж вісі валу 9.

Ведена напівмуфта 5, переміщення якої вздовж вісі валу 9 обмежено, повертається навколо вісі валу. Ролики 3 заклинюються у зазорі, який звужується між гранями виступу валу та корпусом редуктора. При цьому крутний момент, який розвиває привод КПМ-148Н, передається на корпус редуктора та всі закрилки зупиняються.

Кутовий редуктор системи керування закрилками лівого та правого напівкрилі – взаємозв'язані.



**Рис. 1.12.** Конструкція кутового редуктора з МОМ. 1- вузол шестерні редуктора; 2- підшипник; 3- ролик; 4- підшипник; 5- ведена напівмуфта; 6- шарик; 7- ведуча напівмуфта; 8- муфта; 9- вал; 10- підшипник; 11- спіральна пружина; 12- вал; 13- підшипник.

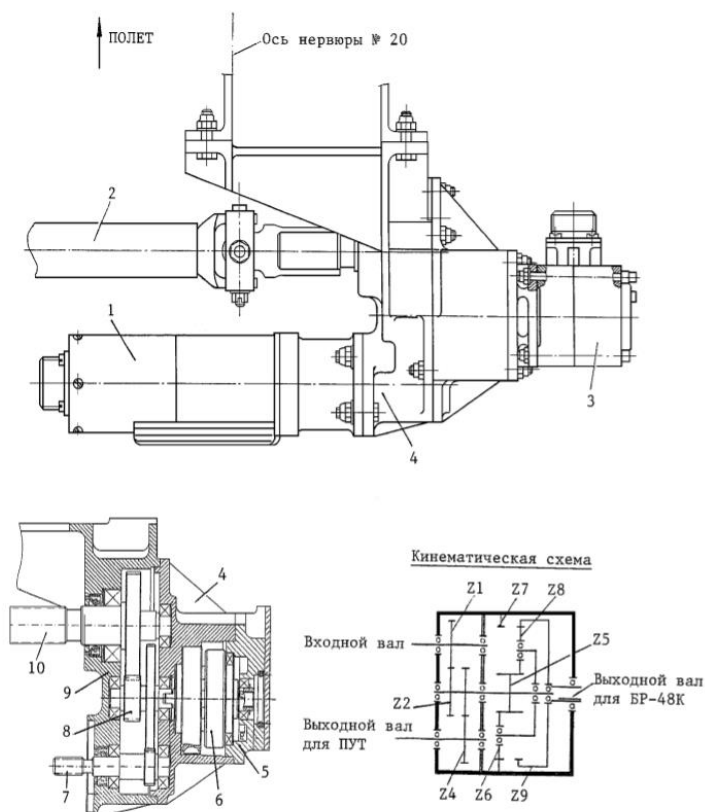
**Редуктор з ПУТ та БР-48К.** Редуктор зі встановленим на ньому протизбиральним гальмом (ПУТ) та блоком резисторів БР-48К, представляє з себе кінцевий редуктор трансмісії закрилків.

Редуктор показано на рис. 1.13.

Редуктор містить поміщені в один корпус елементи двох кінематичних ланцюгів. [1, 17]

Один кінематичний ланцюг, створений зубчатими колесами 10 (Z1), 8 (Z2), 7 (Z4) є двоступінчастий циліндричний редуктор зовнішнього зачеплення, який зв'язує трансмісійний вал закрилків 2 з протизбиральним гальмом 1. Передатне відношення цього ланцюга – 0,13.

Інший кінематичний ланцюг створює циліндричне зубчате зачеплення 10 (Z1), 8 (Z2), та планетарний редуктор 6 (зубчаті колеса Z5, Z6, Z7, Z8, Z9).



**Рис. 1.13.** Редуктор з ПУТ та БР-48К. 1- гальмо електричне; 2- трансмісійний вал закрилків; 3- блок резисторів БР-48К; 4- редуктор; 5- кришка редуктору; 6- редуктор планетарний; 7- зубчате колесо (Z4); 8- зубчате колесо (Z2); 9- корпус; 10- зубчате колесо (Z1).

Цей кінематичний ланцюг пов'язує блок резисторів 3 з трансмісійним валом 2 закрилків. Передатне відношення ланцюга – 146,929.

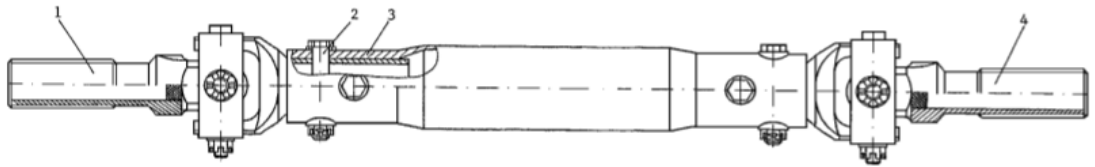
Блоки ПУТ та БР-48К закріплені на корпусі 9 та крищі 5 редуктора болтами.

Редуктори кріпляться болтами до заднього лонжерону в районі нервюри № 20 лівого та правого напівкрила.

**Вали кардані.** Кардані вали входять в склад трансмісії закрилків та передкрилків та призначені для передачі крутного моменту від приводу до агрегатів системи. [1, 12]

Вали складаються з труб 3 з карданами з обох сторін труб. Одна вилка кардану зв'язана болтами з'єднанням з трубою, інша вилка утворює з валами агрегатів ковзне шліцьове з'єднання.

Карданний вал показано на рис. 1.14.



**Рис. 1.14.** Карданний вал. 1- вилка карданна; 2- болт; 3- труба; 4- вилка карданна.

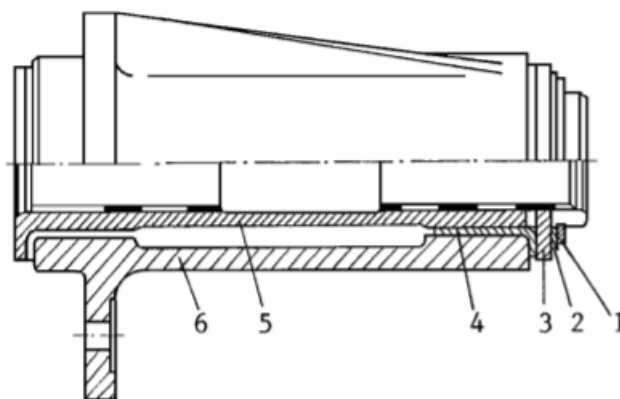
**Опори трансмісії.** Трансмісійні вали підтримуються опорами.

Опора трансмісійного валу показана на рис. 1.15.

Опора валу складається з корпусу-кронштейна 6 з запресованими в нього металофторопластова втулка 4 та шліцьового валу 5, який утримується від зміщення стопорним кільцем 1.

Величина осьового люфту валу 5 обмежується змінами товщини регульованої шайби 3.

Опори кріпляться болтами до кронштейнів, які встановлені на задньому лонжероні у площині нервюр № 1, 11, 15 та 17 кожного напівкрилі.



**Рис. 1.15.** Опора трансмісії. 1- кільце; 2- шайба; 3- шайба; 4- втулка; 5- вал; 6- кронштейн.

**Комбінований привод механізації КПМ-148Н.** Комбінований привод механізації (КПМ-148Н) приводить в рух трансмісії закрилків та передкрилків.

Структурна схема КПМ-148Н показана на рис. 1.16.

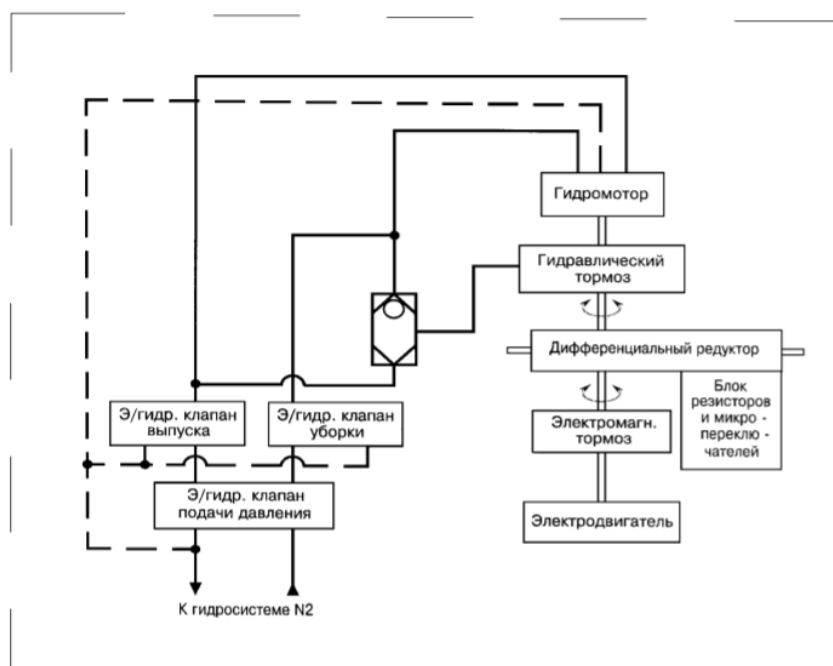
КПМ-148Н включає зв'язані з диференційним редуктором гідромотор з гідравлічним гальмом, електродвигун з електромагнітним гальмом, електрогідравлічні клапани тиску, які виконують функції подачі тиску, випуск та прибирання керованих поверхонь.

У склад КПМ-148Н також входить редуктор зі встановленим на ньому блоком мікроперемикачів та потенціометричних датчиками.

В основному режимі керування системою обертання вихідного валу приводу виконується гідромотором, для включення якого необхідно одночасно ввімкнути електрогідравлічний клапани подачі тиску та один з клапанів випуску або прибирання.

В резервному режимі керування системою обертання вихідного валу приводу виконується електродвигуном.

При відсутності сигналів керування вал гідромотору загальмований гідравлічним гальмом, а вал електродвигуна – електромагнітним гальмом.



**Рис. 1.16.** Структурна схема приводу КПМ-148Н.

## **1.5. Система керування носками, що відхиляються та передкрилками**

### **Загальні відомості**

Система призначена для відхилення комплексної механізації по передній кромці крила – одна секція носків, що відхиляються та трьох секцій висувних передкрилків на кожному напівкрилі.

Секція носків відхиляють два шарикогвинтових підйомника. Секція передкрилків відхиляється за допомогою двох редукторів з зубчатими секторами в П-подібних монорейках. Вал трансмісії, який пов'язує підйомник та механізми переміщення, приводиться в обертання комбінованим приводом механізації. Керування приводом – електродистанційне та здійснюється в двох режимах – основному та резервному. [6, 16]

В основному режимі виконується двопозиційне, сумісне з закрилками, керування носками, що відхиляється та передкрилками від важеля керування «ПРЕДКР – ЗАКРЫЛКИ». Гідромотор КПМ обертає трансмісійних вал передкрилків.

Висування передкрилків та носків, що відхиляються починається одночасно з висуванням закрилків.

Перехід на резервний режим виконується установкою перемикача режиму роботи (під кришкою «ПРЕДКРЫЛКИ» на щитку «РЕЗЕРВ») в положення «ВКЛ».

Керування секціями в резервному режимі здійснюється від перекидного перемикача « ВЫПУСК – УБОРКА» з контролем положення керованих поверхонь на екранах МФІ. При цьому обертання трансмісійного валу виконується від електродвигуна КПМ.

В основному та резервному режимах забезпечується зупинка приводу КПМ власним гальмом, стопоріння та утримання керованих поверхонь – протизбиральними гальмами при:

- асиметрії носків, що відхиляються та передкрилків;

- мимовільне переміщення носків та передкрилків з заданого положення;
- рух носків та передкрилків у напрямку, протилежному заданому.

Передбачена можливість розгальмування протизбиральних гальм на землі за допомогою пульта розгальмування ПУТ.

Система забезпечує видачу сигналів в систему СУОСО (для формування інформаційних кадрів на екранах індикаторів КСЭИС), в систему технічного обслуговування БСТО, в бортовий пристрій аварійної реєстрації БУР.

### Склад системи

Дані про склад системи керування носками, що відхиляються та передкрилками та розміщені її агрегатів на літаку приведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Назва	Тип	К-сть	Місце встановлення
1	2	3	4
Комбінований привод механізації	КПМ-148Н	1	Центроплан, передній лонжерон, зліва
Блок керування та контролю	БУКЗ-140-01	1	Шп. № 22-23, під підлогою, зліва
Блок резисторів	БР-48К	2	Ліве та праве напівкрило, НК № 26
Механізм кінцевих вимикачів	МКВ-48КС	1	Центральний пульт, РУЗП
Щиток «РЕЗЕРВ» керування закрилками та передкрилками		1	Кабіна екіпажу, центральний пульт
Трансмсія носків та передкрилків:		1 комп-лект	
- труби з карданами		2	Передній лонжерон
- опори			Передній лонжерон
- редуктори з муфтами обмеження моменту		2	Ліве та праве напівкрило, НК № 3
- підйомники носків		4	Ліве та праве напівкрило, НК № 4 та 6
- механізми переміщення передкрилків		12	Ліве та праве напівкрило, НК № 10, 13, 16, 19, 22 и 26

1	2	3	4
Автомати захисту: -«ПРЕДКРЫЛКИ ОСНОВН УПРАВЛ» -«ПРЕДКРЫЛКИ РЕЗЕРВ УПРАВЛ» -«ПРЕДКРЫЛКИ СИГНАЛИЗ» -«ПРЕДКРЫЛКИ РЕЗЕРВ УПРАВЛ»		1  1  1  1	РУ 27 В праве  РУ 27 В ліве  РУ 27 В ліве  ЦРУ 27 В
Перемикач «ПРЕДКРЫЛКИ ОТКЛ- ВКЛ»		1	Щиток резервного керування передкрилками та закрилками, під стелею
Перемикач «ПРЕДКРЫЛКИ ВЫПУСК-УБОРКА»		1	Щиток резервного керування передкрилками та закрилками, під стелею

Гідродвигун приводу КПМ-148Н живиться робочою рідиною від гідросистеми № 2.

Електроживлення системи здійснюється постійним струмом 27 В від РУ 27 В прав. (АВШ2), РУ 27 В лів. (АВШ1) та ЦРУ 27 В (АВШ2).

Монтаж системи носків, що відхиляються та передкрилків на передньому лонжероні показано на рис. 1.17.

Комбінований привод механізації 1 кріпиться болтами до кронштейну переднього лонжерону. Обертання трансмісійного валу валу приводу передається на входи підйомників 2 та 3 носків та механізмів 4, 5, 6, 7, 8, 10 переміщення передкрилків. Трансмісійні вали 12, представляють собою труби з карданами, підтримуються опорами 14.

Трансмісійні вали з'єднані з агрегатом системи ковзаючим шліцьовим з'єднанням. Кардані шарніри та ковзаючі шліцьові з'єднання забезпечують нормальну, без заїдання, роботу трансмісії при пружних деформаціях крила.



Підйомники 2 та 3 (№ 1 та 2) носків, що відхиляються призначені для перетворення обертання трансмісійних валів у поступальний рух ходової гайки підйомника, відхиляє носок крила.

Підйомник носка – шарикогвинтового типу, складається з редуктора та шарикогвинтового механізму. Трансмісійний вал СУП з'єднаний з ведучою шестернею редуктора підйомника. Корпус підйомника шарнірно зв'язаний з переднім лонжероном крила. Ходова гайка підйомника шарнірно зв'язаний з силовою нервюрою носка. [5, 12]

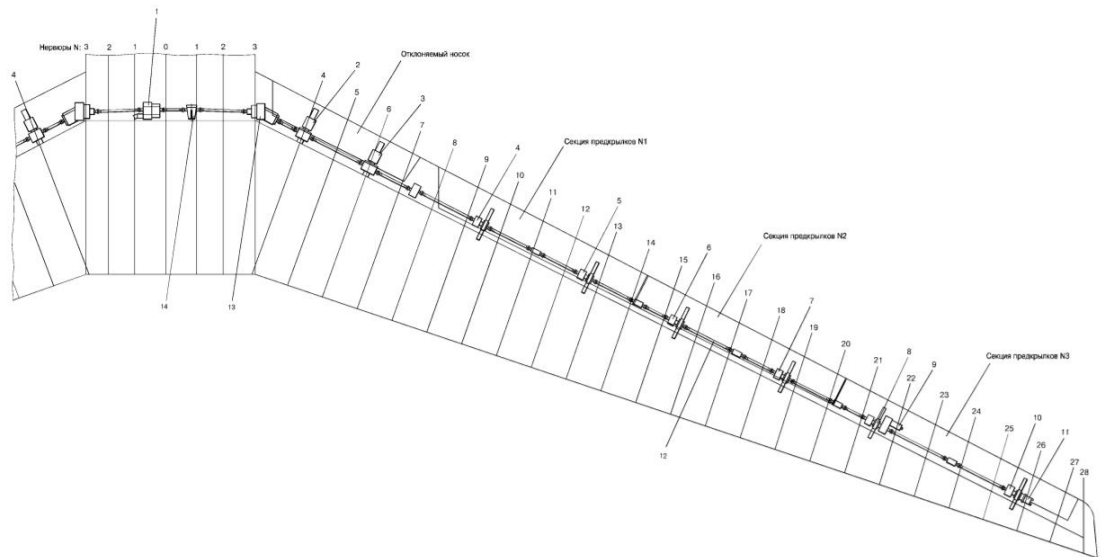
Механізми переміщення передкрилків № 3, 4, 5, 6, 7 та 8 представляє собою пристрій з зубчатою передачею, суміщені з вузлом навіски передкрилків. Ведуча шестерня механізму знаходиться в зачепленні з зубчатим сектором, закріпленим в пазу рейки секції передкрилка, та при повороті ведучої шестерні відбувається переміщення секції передкрилка. Крок по хорді рейки кожного механізму відрізняється від кроку інших механізмів підбором передатного числа пари «шестерня – зубчатий сектор». Тим самим досягається синхронність переміщення секцій передкрилків при відмінній крутизні рейок кожної секції передкрилків.

Редуктор 13 з муфтою обмеження моменту призначена для передачі до підйомників носків та механізмам переміщення передкрилків обмеженого крутного моменту.

У разі заклинюванні або перевищенні допустимих навантажень на півкрилі муфта редуктора гальмує трансмісійний вал передкрилків.

В якості опор секцій передкрилків служать каретки, які закріплені на передньому лонжероні, в яких по роликам в щоках перекочуються рейки з зубчатими секторами.

З механізмом переміщення передкрилків 10 кінематично зв'язаний за допомогою кінцевого редуктора блок резисторів 11, які служать датчиками асиметрії та зворотного зв'язку; з механізмом переміщення передкрилків 8 кінематично зв'язано протизбиральне гальмо 9, призначений для стопоріння трансмісійного валу.



**Рис. 1.17.** Напівмонтажна схема керування носками, що відхиляються та передкрилками. 1- КПМ-148Н; 2, 3- підйомники носків, що відхиляються; 4-8 – механізм переміщення передкрилків; 9- редуктор з протизбиральним гальмом ПУТ-72; 10- механізм переміщення передкрилків; 11- редуктор с блоком резисторів БР-48К; 12- карданний вал; 13- редуктор з МОМ; 14- опора трансмісії.

## Робота

### Основний режим

Керування випуском та прибиранням передкрилків та носків, що відхиляються (далі – передкрилків) – слідкуюче. Випуск передкрилків відбувається одночасно з випуском закрилків, прибирання – після прибирання закрилків.

При переміщенні рукоятки керування закрилками та передкрилками (РУЗП) на випуск замикаються контакти мікроперемикачі (МП) в механізмі кінцевих вимикачів (МКВ), зв'язаним з РУЗП, та на обмотці реле К9 та К10, які розташовані в релейній коробці (РК), подається напруга 27 В. Реле працюють та своїми контактами комутують групу резисторів, які розташовані також в РК таким чином, що в блок БУКЗ поступають сигнали  $U_{ЗЛ}$  та  $U_{ЗП}$ , кожний з яких відповідає (або перевищує) значенню, необхідному для відхилення передкрилків на повний кут. Керуючий (задаючий) сигнал  $U_3$  в блоці БУКЗ визначається як середньоарифметичне значення цих сигналів.

В результаті виниклої неузгодженості між  $U_3$  та  $U_{OC}$  ( $U_{OC}$  – сигнал зворотного зв'язку, який поступає в БУКЗ з датчиків зворотного зв'язку – ДОС лівого та ДОС правого, які розташовані в блоках резисторів (БР) по кінцям трансмісії). При перевищенні середньоарифметичного значення сигналів  $U_{ДОС\ л}$  та  $U_{ДОС\ п}$  порогу спрацьовування – БУКЗ видає сигнали в гідросистему на включення насосної станції (НС), електромагнітного клапану подачі тиску та електромагнітного клапану випуску. Клапани відкриваються, гідромотор комбінованого приводу механізації (КПМ) розгальмовується та його вихідний вал починає обертатися у напрямку, який відповідає випуску передкрилків. Обертання вихідного валу через зв'язаний з ним трансмісійним валом та редуктори передається на:

- шарикогвинтові підйомники носків, що відхиляються;
- зубчати монорейки передкрилків, що відхиляються;
- блоки резисторів (БР);

При цьому на початку висування закрилків в КПМ закрилків замикаються контакти мікроперемикачів та через них та замкнуті раніше контакти реле К9 та К10 відбувається самоблокування цих реле, а в БУКЗ поступають:

- з КПМ – сигнал розгальмованого стану гідроприводу;
- з протиприбиральних гальм (ПУТ) – лівого та правого – сигнали їх розгальмованого стану;
- сигнали  $U_{ДАПЛ}$  та  $U_{ДАПП}$  величина яких пропорційна числу обертів трансмісійного валу, з датчиків асиметрії положення (ДАП) передкрилків.

Кут відхилення передкрилків ( $\delta_n$ ) відображається на екранах індикаторів КСЭИС у вигляді мнемосигналів, що змінює свій вертикальний розмір в залежності від кута відхилення. Інформація для КСЭИС формує СУОСО на основі аналізу сигналів від трьох датчиків, два з яких розташовані в блоках резисторів по кінцям трансмісії, та один (датчик положення) – в КПМ. Сигнали з цих датчиків поступають також в бортову систему технічного

обслуговування (БСТО), а з інших датчиків БР – в бортовий пристрій реєстрації параметрів (БУР).

При повністю випущених передкрилках розмикаються контакти відповідного МП приводу передкрилків, в результаті чого знеструмлюються ланцюги керування КПМ і тим самим блокується подальше обертання його вихідного валу. [3]

При встановлені РУЗП в положення, яке відповідає прибраному положенню закрилків та передкрилків, контакти мікроперемикачів в МКВ розмикаються, але контакти мікроперемикачів приводу закрилків залишаються замкнутими протягом часу їх прибирання, що утримує реле К9, К10 в стані самоблокування та, відповідно, наявність на входах БУКЗ максимальних значень  $U_{3л}$ , та  $U_{3п}$ . Після повного прибирання закрилків мікроперемикачі в КПМ закрилків розмикаються, реле відпускають та під впливом сигналів з ДОС передкрилки прибираються. При  $\delta_{п}=0$  розмикаються контакти відповідного МП приводу передкрилків, ланцюги керування КПМ знеструмлюються та вихідний вал загальмовується.

БУКЗ здійснює контроль справності системи та симетричності положення передкрилків при їх випуску та прибиранні. Виявлені відмови реєструються в енергонезалежній пам'яті блоку та в БСТО.

При несправності в ланцюгах формування та проходження сигналів  $U_{3л}$ ,  $U_{3п}$  або , якщо різниця значень цих сигналів перевищує допустиму (3,5 %), то в БУКЗ видає через СУОСО в БСТО повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» та далі аналізує стан наступних пар датчиків:

- ДАП лівий та ДАП правий;
- ДОС лівий та ДАП правий;
- ДАП лівий та ДОС правий;

Якщо є пара датчиків, в ланцюгах яких не виявлена несправність та різниця значень виданих ними сигналів не перевищує допустиму, то по сигналам з цих датчиків формується сигнал  $U_{ос}$ . Якщо не виконується хоча б одна з цих умов для перерахованих пар датчиків, то БУКЗ:

- знеструмлює клапани подачі тиску;
- видає в СУОСО сигнал на індикацію на екранах КСЭИС повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» (КИСС, МФИ) та формує сигнал «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» в БСТО;
- знімає сигнал включення НС;
- блокує режим резервного керування;
- видає сигнали на включення протизбиральних гальм та після надходження сигналів їх загальмованого стану в СУОСО сигнал для формування повідомлення на КИСС та МФИ «АСИММЕТРИЯ ПРЕДКРЫЛКОВ».

Аналогічну комутацію БУКЗ здійснює, якщо передкрилки мимовільно переміщуються з заданого положення.

Зняття блокування керування передкрилками відбувається на землі після усунення причини, яка визвала їх стопоріння, відключення автоматів захисту «"ПРЕДКР ОСНОВН УПРАВЛ» та «ПРЕДКРЫЛКИ СИГНАЛ».

Розгальмування ПУТ відбувається при нажаті кнопки на пульті розгальмування. Спочатку розгальмовується лівий ПУТ, потім – правий, після чого на пульті висвічується табло «ПУТ РАСТОРМОЖЕН».

По прибутті з БУКЗ сигналів на включення клапану подачі тиску та клапану випуску (прибирання) МП гідроприводу протягом 1 с повинен переключитися з положення «заторможен» в положення «расторможен». Якщо цього не станеться, тоді блок видає сигнал на індикацію повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» (КИСС, МФИ) та формує сигнал в БСТО через СУОСО «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» без зняття сигналів з клапанів та зареєструє відмову «Неисправность гидропривода».

Якщо МП переключиться в положення «рсаторможен», тоді повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» зникне.

Якщо протягом 1с після зняття сигналів з клапанів подачі тиску стан МП гідроприводу із розімкнутого стану («расторможен») не зміниться на замкнуте

(«заторможен») – в БСТО поступить повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ».

У випадку появи самоходу передкрилків різниця ( $U_3 - U_{OC}$ ) може перевищити допустиме значення. Тоді БУКЗ включити відповідні клапани подачі тиску та вал приводу буде обертатися у напрямку зменшення цієї різниці та при досягненні порогу спрацювання гідропривод буде відключений, а в програмний лічильник буде внесена одиниця.

Якщо цикл включення та виключення гідроприводу відбудеться більше шести разів, тоді в енергонезалежну пам'ять блоку зареєструється повідомлення «СЧЕТЧИК САМОХОДА БОЛЕЕ ИЛИ РАВЕН 6».

Повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» з'явиться також, якщо значення сигналу зворотного зв'язку  $U_{OC}$  перевищить значення дублюючого коефіцієнту МП блокування випуску або стане менше дублюючого коефіцієнта МП блокування прибирання. При цьому фіксується відмова відповідного МП.

Індикація повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» та формування сигналу «ПРЕДКРЫЛКИ– НЕИСПРАВНОСТЬ» супроводжується самоблокуванням в БУКЗ сигналів, які викликали їх появу, а в енергонезалежну пам'ять блоку вноситься відповідна відмова.

Самоблокування повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» не відбувається у випадках:

- при переході на резервний режим роботи (при поверненні на основний режим повідомлення зникає);
- відсутній сигнал розгальмованого стану гідроприводу протягом 1 с з моменту подачі сигналів керування на клапани (після появи сигналу повідомлення зникає);
- відсутнє одна з напруг (E1) живлення блоку (при надходженні напруги живлення повідомлення зникає);

Повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» не самоблокується у випадках:

- відсутній сигнал розгальмованого стану гідроприводу протягом 1 с з моменту подачі сигналів керування на розподільники (після появи сигналу сигналізація виключається);
- відсутня одна з напруг – E1 або E2 – живлення блоку (при відновленні живлення сигналізація виключається);

Самоблокування повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОТКАЗ» або «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» знімається при відключенні живлення або за допомогою кнопки «СБРОС» на джгуті МС-3ТК, який підключається до контрольного з'єднувача.

### **Резервний режим**

Резервний режим включається установкою перемикача режиму (під кришкою «ПРЕДКРЫЛКИ») на щитку «РЕЗЕРВ» в положення «ВКЛ». При встановленні іншого перемикача під цією ж кришкою в положення «ВЫПУСК» або «УБОРКА» керуючі сигнали з перемикача через релейну коробку закрилків поступають на електродвигун приводу КПМ. Гальмівна муфта електродвигуна розгальмовується та вихідний вал обертається в заданому напрямку. При встановленні перемикача в нейтральне положення (знеструмлення електродвигуна) гальмівна муфта загальмовує вал.

В крайніх положеннях передкрилків ланцюги керування електродвигуна розмикаються мікроперемикачі, розташовані в приводі.

При переході на резервний режим при справному основному на КИСС з'являється повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» та блокується включення електромагнітних клапанів.

В резервному режимі відбувається самоконтроль блоку, контроль справності елементів СУП та контроль симетричності положення передкрилків.

Якщо при нейтральному положенні перемикач «ВЫПУСК – УБОРКА» відбудеться переміщення (самохід) передкрилків на 5 % в будь-якому напрямку, то блок видає сигнали на включення ПУТ, а в СУОСО – сигнали на

індикацію повідомлення «ПРЕДКРЫЛКИ – ОСН УПР ОТКАЗ» (КИСС, МФИ) та формування сигналу «ПРЕДКРЫЛКИ – НЕИСПРАВНОСТЬ» в БСТО з СУОСО. Після надходження в БУКЗ сигналу загальмованого стану обох ПУТ на КИСС та МФИ додатково поступить повідомлення «АСИММЕТРИЯ ПРЕДКРЫЛКОВ» та відбудеться блокування резервного режиму.

**Редуктор кутовий з MOM.** Кутовий редуктор с муфтою обмеження моменту (MOM) призначений для передачі обертання вихідного валу КПМ-148Н до механізмів переміщення передкрилків та для захисту трансмісії при збільшені опору вище допустимого значення. [4]

Кутовий редуктор передкрилків кріпиться на передній лонжерон лівого та правого напівкрила.

Конструкція кутового редуктору передкрилків показана на рис.1.18.

Ділянка трансмісії до механізмів переміщення передкрилків зв'язана шліцьовим з'єднанням з валом 9 та муфтами 8.

На валу 9, зв'язаному шліцьовим з'єднанням з трансмісійним валом передкрилків, встановлена металофторопластова втулка, на якій встановлена ведена напівмуфта 5.

На шариковій шпонці встановлено ведуча напівмуфта 7.

Між обома напівмуфтами 5 та 7 у конусних гніздах, створені в тілі напівмуфти, встановлені чотири шарика 6.

Ведуча напівмуфта 7 до веденої муфти 5 через шарики 6 піджимають спіральні пружини 11.

До зовнішніх поверхонь обмеженого виступу валу 9 плоскими пружинами піджимаються ролики 3, які встановлені в пазах торця веденої напівмуфти 5.

Шестерня веденої напівмуфти 5 та вузол шестерні 1 створює кутовий редуктор.

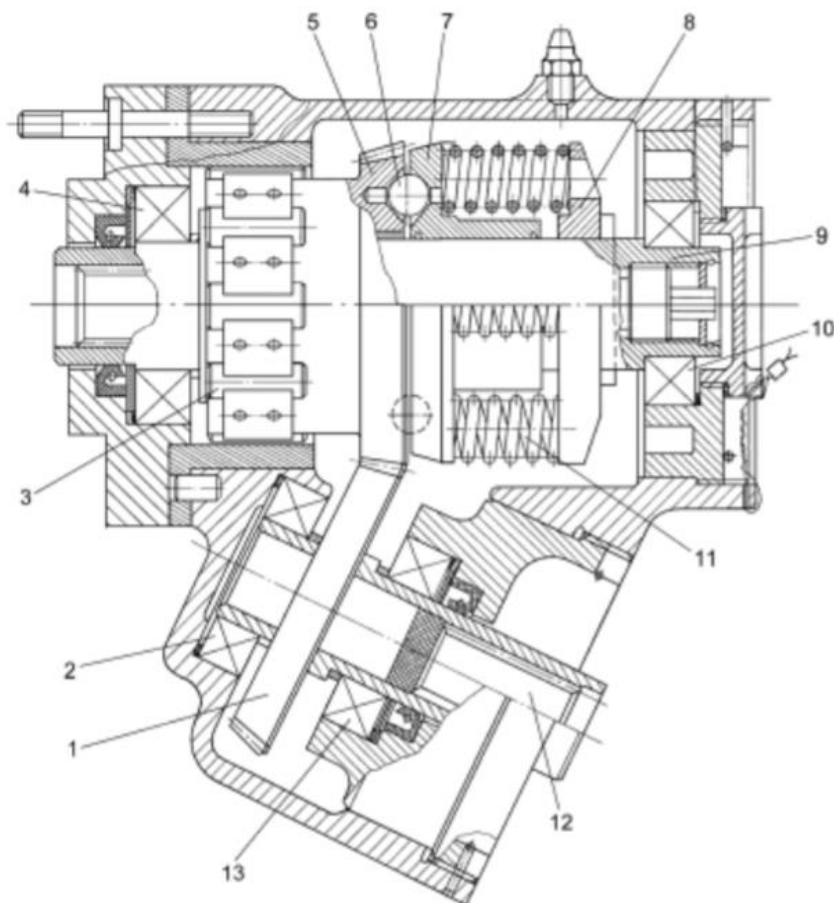
До вилки валу 12 вузла шестерні 1 під'єднаний вал з карданами, зв'язуючи кутовий редуктор з MOM та трансмісію передкрилків.



При збільшені опору переміщення передкрилка діюча на шарики 6 складова сили опору зрушує шарики в конусних гніздах муфт. Тиск шариків переміщує ведучу напівмуфту 7 вздовж вісі валу 9.

Ведена напівмуфта 5, переміщення якої вздовж вісі валу 9 обмежено, повертається навколо вісі валу. Ролики 3 заклинюються у звужуючому зазорі між гранями виступу валу та корпусом редуктора. При цьому крутний момент, який розвиває привод КПМ-148Н, передається на корпус редуктора та всі передкрилки зупиняються.

Кутові редуктори системи керування передкрилками лівого та правого напівкрила – взаємозв'язані.



**Рис. 1.18.** Конструкція кутового редуктора з МОМ. 1- вузол шестерні редуктора; 2- підшипник; 3- ролик; 4- підшипник; 5- ведена напівмуфта; 6- шарик; 7- ведуча напівмуфта; 8- муфта; 9- вал; 10- підшипник; 11- спіральна пружина; 12- вал; 13- підшипник.

**Підйомники носків, що відхиляються.** Шарикогвинтові підйомники № 1 та 2 призначені для відхилення носка крила шляхом перетворення обертання трансмісійного валу передкрилків у поступовий рух носка. [18]

Конструкція підйомників № 1 та 2 показана на рис. 1.19.

Підйомники складаються з редуктора та шарикогвинтового механізму переміщення.

Ведуча шестерня 1 редуктора внутрішніми шліцами з'єднана з валом трансмісії. Шестерня 1 знаходиться в конічному зачепленні з зубчатим колесом 6, ступиця якого внутрішніми шліцами зв'язана з гвинтом 12 ходової пари. Шестерня та зубчате колесо спирається на підшипник 5, встановлені в корпусі 3. Гвинт 12 фіксується від поздовжнього переміщення гайки 16. Ведене зубчате колесо утримується в корпусі 3 гайкою 15, ведуча шестерня – гайками 4 з ущільнювачем. [1,2]

Ходова пара підйомника створена гайкою 8 з відсікачами 7 та 10, гвинтом 12, шариками 22. Шарики перекочуються в канавці, які створені поверхнями гайки 8 та ходового гвинта 12. Канавка має круглий профіль.

На ходовому гвинті 12 встановлені упори 13 прибраного та 14 випущеного положення, які обмежують крок гайки 8 в крайніх положеннях. Упори гайки 21 та 23 встановлено на відсікачах 7.

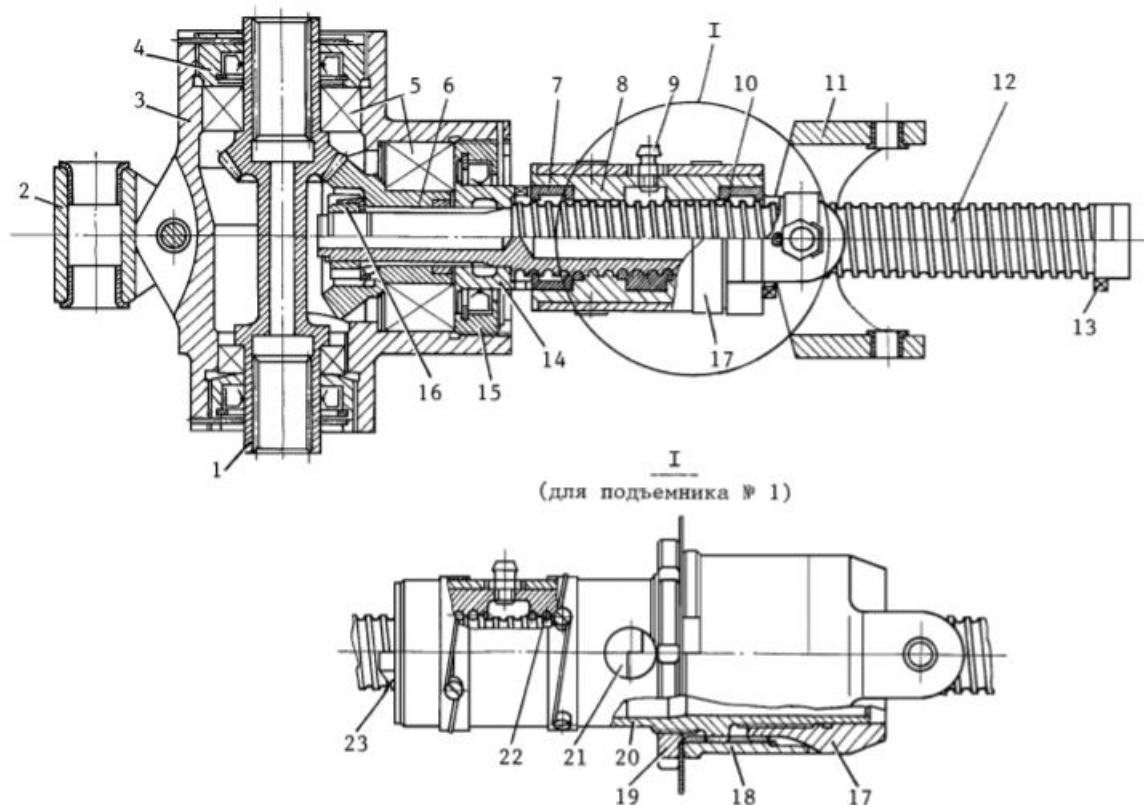
Довжина підйомників № 1 та 2 різна.

Довжина підйомника № 1 регулюється, що досягається обертанням різьбової вилки 17 на трубі 20 при зрушеній шліцьовій муфти 18. Візуальний контроль за дотиком упорів гайки та гвинта у випущеному положенні виконується через отвір в корпусі труби 20. Довжина підйомника фіксується зміщенням муфти 18 по шліцам до дотику з вилкою 17 з піджаттям гайкою 19.

Довжина підйомника № 2 не регулюється. Вилка 17 підйомника безпосередньо закріплена на гайці 8. Кільце 11, яке встановлено на вилці 17, шарнірно зв'язано з силовими нервюрами носка.

Поповнення мастилом конічного редуктору підйомника – через отвір в корпусі 3, закрите пробкою. Поповнення мастилом пари «гвинт – найка» - за допомогою прес-маслянки 9.

Шарикогвинтовий механізм переміщення перетворює обертальний рух зубчатого колеса 6 в поступальний рух кільця 11.

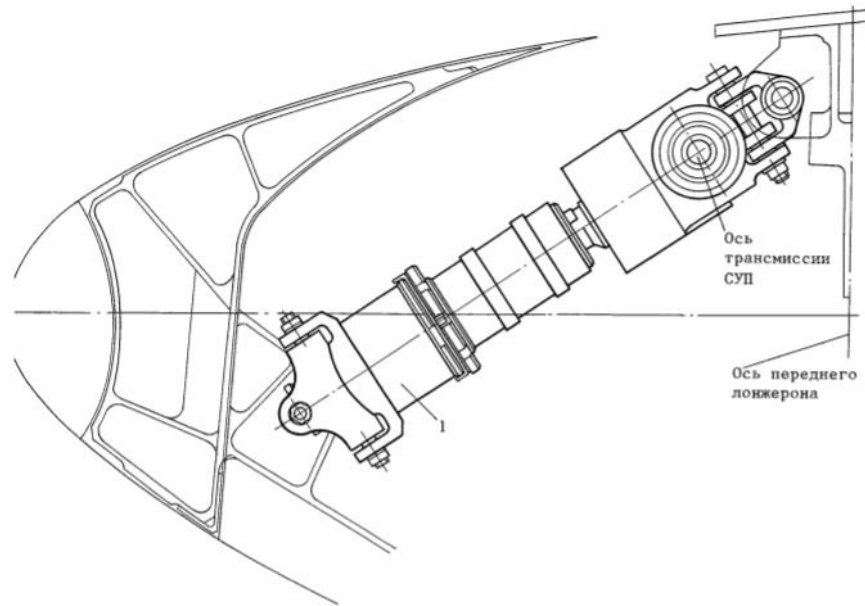


**Рис. 1.19.** Підйомник носка, що відхиляється. 1- ведуча шестерня; 2- серезка; 3- корпус; 4- гайка з ущільненням; 5- підшипник; 6- зубчате колесо; 7- відсікач; 8- гайка ходова; 9- прес-маслянка; 10- відсікач; 11- кільце; 12- гвинт ходовий; 13- упор випущеного положення на гвинті; 14- упор прибраного положення на гвинті; 15- гайка; 16- гайка; 17- вилка; 18- муфта; 19- гайка; 20- труба; 21- упор випущеного положення на гайці; 22- шарик; 23- упор прибраного положення на гайці.

Гвинт 12, обертаючись, зрушує гайку 8 ходової пари в межах діапазону переміщення.

До корпусу 3 редуктора шарнірно кріпиться серезка 2, яка зв'язує підйомник з переднім лонжероном по нервюрам крила № 4 та 6.

Установка підйомника носка показано на рис. 1.20.



**Рис. 1.20.** Установка підйомника № 1 носка, що відхиляється. 1- підйомник № 1.

**Механізми переміщення передкрилків.** Механізми переміщення передкрилків призначені для перетворення обертального руху трансмісійного валу передкрилків в поступове переміщення передкрилків.

Механізми переміщення передкрилків № 3, 4, 5, 6 призначені для випуску та прибирання секцій № 1 та 2 передкрилків та мають аналогічну конструкцію. Кожний з них включає приводний редуктор, зубчатий сектор в рейці та ведучу шестерню.

Механізм переміщення передкрилків № 5 показана на рис. 1.21.

Обертання валу-шестерні 2 за допомогою шестеренчатого валу 5 передається на шестерню 6, яка внутрішніми шліцами зв'язана з валом 8 ведучої шестерні 12 механізму переміщення передкрилків.

Шестерня 6 – пустотіла, всередині її вільно проходить наскрізний вал-шестерня 2 та таким чином обертання трансмісійного валу передкрилків передається на сусідні механізми переміщення.

Вал-шестерня 2, шестеренчатий вал 5, шестерня 6 спирається на підшипники, які встановлені в корпусі 4 та в кришці 3 редуктора механізму.

У пазу П-подібного перетину рейки 9 переміщення передкрилків встановлено зубчатий сектор 11, який створюється з ведучою шестернею 12 внутрішнє зубчате зачеплення.

Сектор закріплений на рейці валиками 10. З рейкою шарнірно зв'язана секція передкрилків. Рейка переміщується всередині нерухомої каретки, яка закріплена на лонжероні.

Привідний редуктор 1 закріплений болтами на лівій щоці каретки передкрилка. Вал 2 ведучої шестерні спирається на підшипник 14, змонтований на правій щоці каретки.

Установка механізму переміщення передкрилків № 5 показана на рис.1.22.

Механізми переміщення передкрилків № 3, 4, 5, 6 відрізняються один від одного радіусом зубчатого сектору, висотою пазу рейки, передатне відношення пари «ведуча шестерня – зубчатий сектор».

Механізми переміщення передкрилків № 7 та 8 призначені для випуску та прибирання секції № 3 передкрилків.

На відміну від механізмів № 3, 4, 5, 6 механізм № 7 додатково має редуктор 15 зі встановленим на ньому протизбиральним гальмом 16. Редуктор 15 – трьохступінчатий, циліндричний, його наскрізний вхідний вал 17 зв'язаний за допомогою валу 8 та валу-шестерні 2 з трансмісійним валом передкрилків. [1, 7]

Механізм переміщення передкрилків № 7 показано на рис. 1.23.

Інший кінець вхідного валу 17 редуктору зв'язаний з механізмом переміщення передкрилків № 8.

З валом редуктору 15 зв'язане протизбиральне гальмо ПУТ-72. Спрацьовування протизбирального гальма приводить до стопоріння всіх секцій передкрилків та носків, які приводяться трансмісійним валом передкрилків.

Конструкція інших вузлів механізму № 7 переміщення передкрилків аналогічна конструкції механізмів № 3, 4, 5, 6.

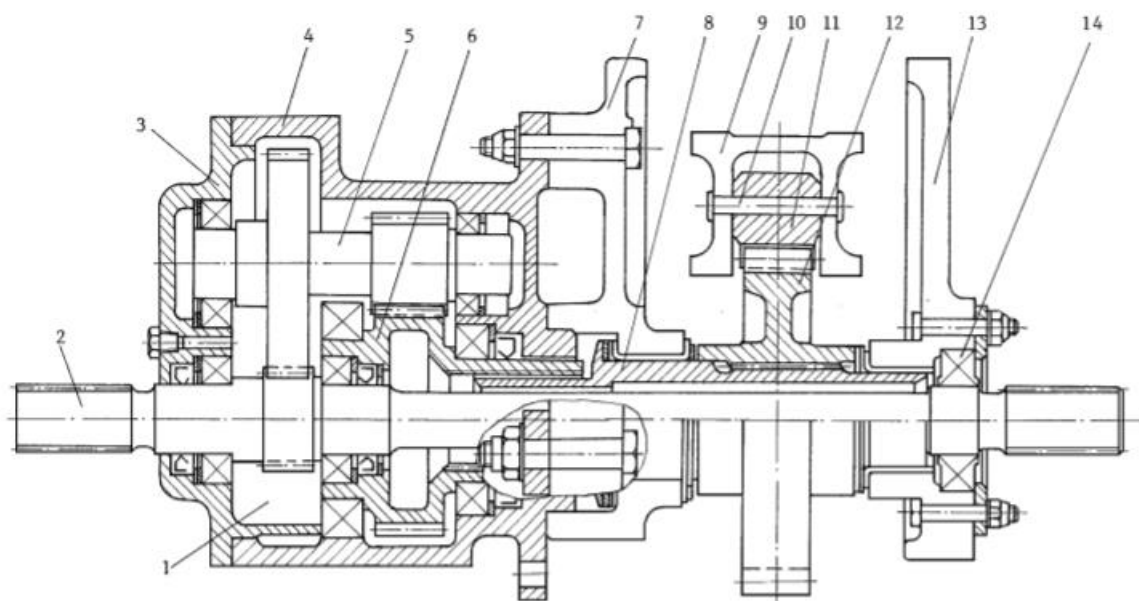
На відміну від інших механізмів переміщення передкрилків механізм № 8 додатково включає редуктор 18 зі встановленим на ньому блок резисторів 19.

Механізм переміщення передкрилків № 8 показано на рис. 1.24.

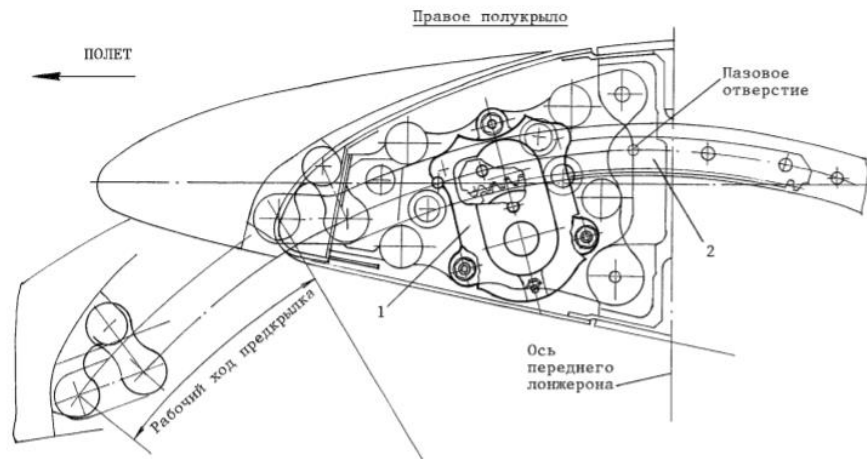
Вхідний вал редуктору 18 зв'язаний за допомогою валу 8 та валу-шестерні 2 приводного редуктору 1 з трансмісійним валом передкрилків. Блок резисторів 19 приводиться валом редуктора 18. Блок є багатоканальним електричним датчиком повороту трансмісійного валу в контурах керування та виявлення асиметрії.

Вал-шестерня 2 редуктору а 1 виконаний не наскрізний ( на відміну від інших механізмів переміщення), так як механізм переміщення передкрилків № 8 є кінцевим в трансмісії передкрилків.

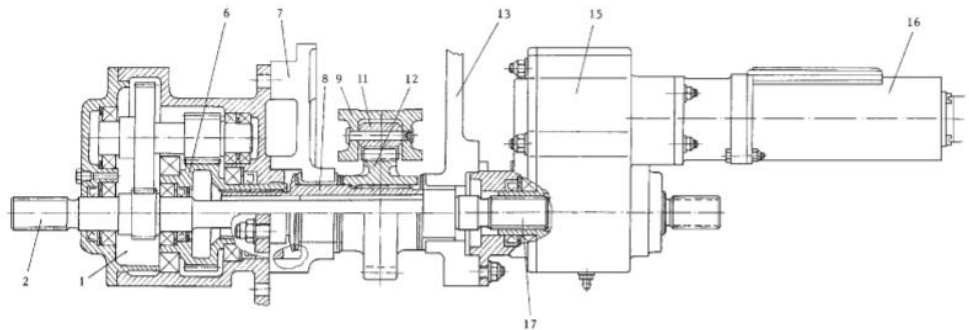
Редуктор 18 з блоком 19 монтується на правій щочі каретки.



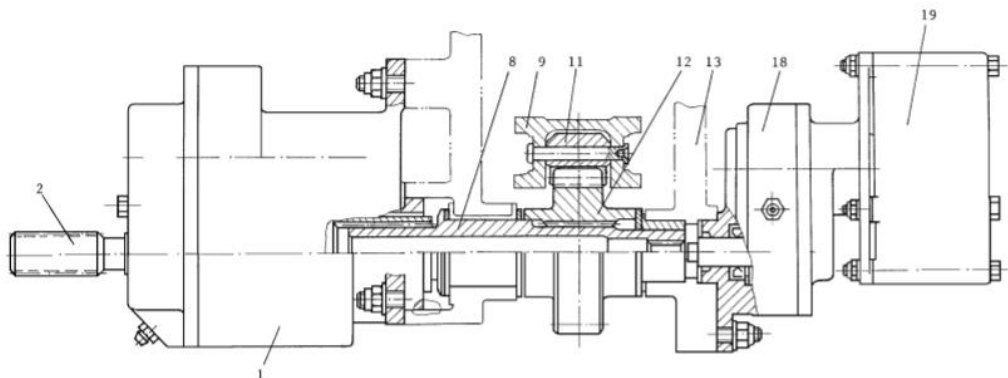
**Рис. 1.21.** Механізм переміщення передкрилків № 5. 1- приводний редуктор; 2- вал-шестерня; 3- кришка; 4- корпус; 5- шестеренчатий вал; 6- шестерня; 7- ліва щоча каретки; 8- вал ведучої шестерні; 9- рейка переміщення; 10- валик; 11- зубчатий сектор; 12- ведуча шестерня; 13- права щоча каретки; 14- підшипник.



**Рис. 1.22.** Установка механизма перемещения передкрылка № 5. 1- механизм перемещения передкрылка № 5; 2- рейка перемещения передкрылка.



**Рис. 1.23.** Механизм перемещения передкрылка № 7. 1- приводный редуктор; 2- вал-шестерня; 6- шестерня; 7- левая щока каретки; 8- вал ведущей шестерни; 9- рейка перемещения; 11- зубчатый сектор; 12- ведущая шестерня; 13- правая щока каретки; 15- редуктор; 16- протицбиральне гальмо ПУТ-72; 17- входний вал редуктору.



**Рис. 1.24.** Механизм перемещения передкрылков № 8. 1- приводный редуктор; 2- вал-шестерня; 8- вал ведущей шестерни; 13- правая щока каретки; 18- редуктор; 19- блок резисторів БР-48К.

## 1.6. Вимоги до системи механізації крила

- Органи управління механізацією крила повинні бути сконструйовані таким чином, щоб пілоти мали можливість встановлювати засоби механізації в будь-яке положення - злітне, крейсерське, для заходу на посадку і посадочне. Механізація крила і повітряні гальма повинні зберігати вибрані положення за винятком випадків, коли вони переміщуються автоматом або пристроєм обмеження навантажень, не відволікаючи надалі увагу пілотів.

- Конструкція і розташування важелів управління механізацією крила і повітряними гальмами повинні бути такими, щоб виключалася можливість їх ненавмисного переміщення. У пристроях управління механізацією крила і повітряними гальмами, призначених для роботи тільки на землі, повинні бути передбачені заходи, що виключають їх ненавмисне спрацьовування в польоті, якщо таке спрацьовування може бути небезпечним.

- Швидкість переміщення поверхонь при роботі важелів управління і характеристики автомата або пристрою обмеження навантажень повинні бути такими, щоб були забезпечені задовільні льотні характеристики при сталих або змінюються швидкостях польоту, потужності двигунів і просторовому положенні літака.

- Конструкція системи управління механізацією крила повинна забезпечувати прибирання поверхонь з повністю випущеного положення під час усталеного польоту при максимальній тривалій потужності двигунів на будь-якій швидкості менш  $V_F + 17$  км / год.

- Повинна бути передбачена індикація, яка вказує пілотам положення всіх засобів механізації крила і повітряних гальм, що мають в кабіні окремі важелі управління.

- Крім того, повинна бути передбачена індикація несиметричних відхилень або інший несправності в системах механізації крила і повітряних



гальм, якщо така індикація необхідна для того, щоб пілоти могли запобігти або париувати небезпечні умови в польоті і на землі, які можуть вплинути на льотні характеристики.

- Якщо можливо відхилення механізації крила і повітряних гальм на кут більше посадкового, цей діапазон повинен бути чітко позначений на важелях управління.

- Якщо літак не володіє безпечними льотними характеристиками з закрилками і предкрилками, прибраними з одного боку і випущеними з іншого, то рух закрилків і предкрилків по різні боки від площини симетрії має бути синхронізоване механічним зв'язком або забезпечено іншими апробованими еквівалентними засобами.

- При наявності системи синхронізації між закрилками або предкрилками конструкція цієї системи повинна бути розрахована на можливість застосування несиметричних навантажень, в тому числі навантажень, що виникають при польоті з відмовили двигунами по одну сторону від площини симетрії і при роботі інших двигунів на режимі злітної потужності.

- Для літаків, закрилки або предкрилки яких не піддаються впливу спутного струменя, конструкція повинна бути розрахована на такі випадки навантаження, коли на закрилки або предкрилки, розташовані з одного боку, діє максимальне навантаження (при описаних вище симетричних умовах навантаження), а на закрилки або предкрилки, розташовані з іншого боку, діє навантаження, складова не більше 80% максимальної.

- Зв'язок між закрилками і предкрилками повинна бути розрахована на навантаження, які мають місце при додатку повної потужності приводить системи в умовах, коли поверхні закрилків або предкрилків по одну сторону від площини симетрії заклинило і вони нерухомі, а по іншу сторону - вільні для руху.

## РОЗДІЛ 2

### НАУКОВА ЧАСТИНА

#### 2.1. Комбінований привод механізації КПМ 148Н

##### Загальні відомості

Комбінований привод механізації КПМ 148Н призначений для переміщення закрилків та передкрилків. Привод представляє собою виконуючий механізм обертання трансмісії в системах керування механізацією крила:

- в основному каналі керування – від гідромотору (основний режим роботи);
- в резервному каналі керування – від електродвигуна (резервний режим роботи).

Привод забезпечує:

- а) обертання вихідного валу в основному та резервному режимах роботи;
- б) загальмовування вихідного валу гідромеханічним гальмом в основному режимі та гальмівною муфтою електродвигуна в резервному режимі;
- в) сигналізацію крайніх положень та поточного положення вихідного валу, положення гідромеханічного гальма – «Расторможен».

Привод може встановлюватися у негерметичний відсік. Вісь вихідного валу приводу повинна співпадати з віссю Z об'єкту. [1, 3, 9]

##### Конструкція

Обертання вихідного валу приводу відбувається при подачі керуючого сигналу на два електрогідравлічні клапани: клапан ЕГК1 (ТИСК) та ЕГК2 (ПРИБИРАННЯ) або клапан ЕГК1 (ТИСК) та ЕГК 3 (ВИПУСК) (крес. НАУ 20 15 16 07 000 ПС).

Вихідний вал приводу кінематично зв'язаний з валом гідромотору та валом електродвигуна через диференційний редуктор та забезпечує відбір потужності на дві симетричні гілки трансмісії об'єкту.

Привод складається з основних елементів:

- реверсивного гідромотору ГМ;
- гідромеханічного гальма ГГ;
- блоку електрогідрокерування БЕГК;
- електродвигуна ЕД з гальмівною муфтою;
- диференційного редуктору Р;
- блоку мікроперемикачів та резисторів МКВ;
- редуктору блоку мікроперемикачів РМ.

Гідромотор ГМ аксіально-плунжерного типу з торцевим золотниковим розподільником робочої рідини та реверсивним напрямом обертання забезпечується обертання вихідного валу приводу в основному режимі роботи.

Гідромеханічне гальмо ГГ загальмовує вал гідромотору ГМ при відсутності тиску робочої рідини на вході гідромотору та розгальмовує вал при подачі тиску в гідромотор. ГГ має вбудований механізм кінцевого мікроперемикача для видачі сигналу «Расторможен».

Блок електрогідрокерування БЕГК призначений для керування роботою приводу в основному режимі та складається з:

- клапану запірного КЗ, який ізолює привод від гідросистеми об'єкту;
- клапану підпірного КП, який забезпечує функціонування приводу при низьких значеннях тиску на вході в привод;
- клапану КУ1, керування обертанням вихідного валу на випуск;
- клапану КУ2, керування обертанням вихідного валу на прибирання;
- регулятора витрати РВ, обмеженого витратою робочої рідини через гідромотор;
- електрогідравлічного клапану ЕГК1 керування запірним клапаном КЗ;
- електрогідравлічного клапану ЕГК2 керування клапаном КУ2;
- електрогідравлічного клапану ЕГК3 керування клапаном КУ1.

Електродвигун ЕД, колекторного типу, постійного струму з гальмівною муфтою, забезпечує обертання (при подачі напруги живлення на клеми

колодки електродвигуна) та гальмування (при знятті напруги живлення) вихідного валу приводу в резервному режимі.

Диференційний редуктор Р призначений для зниження частоти обертання з метою збільшення крутного моменту, який передається від гідромотору або електродвигуна на вихідний вал приводу та має два кінематичні ланцюга: один для основного режиму, другий для резервного режиму роботи приводу.

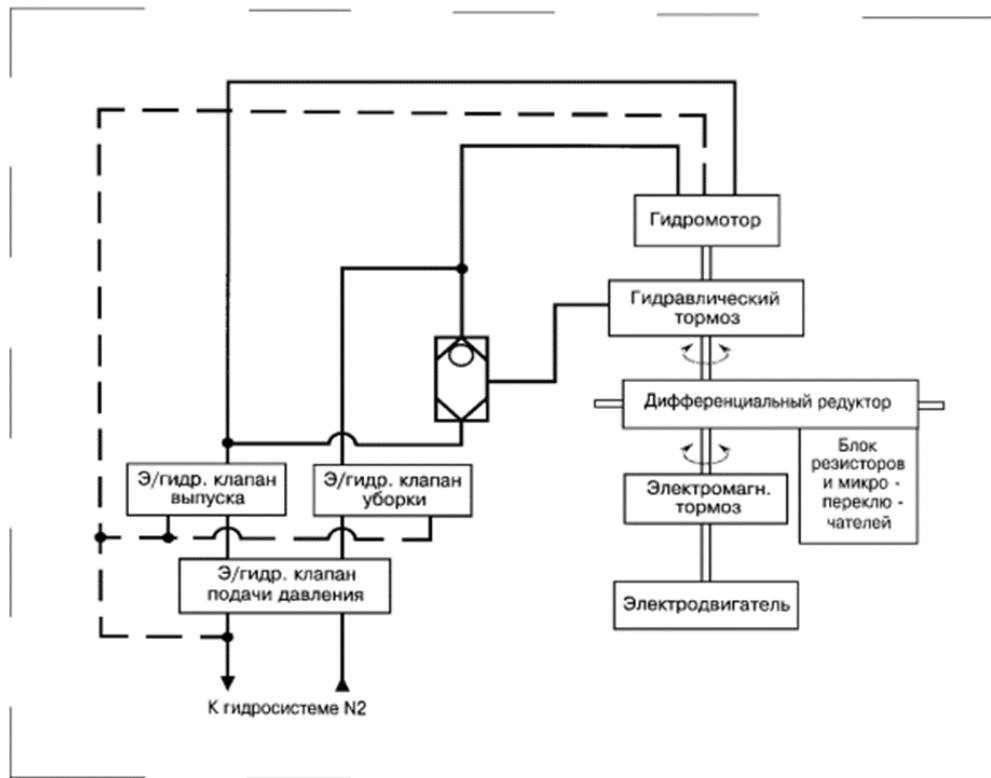
Диференційний редуктор Р зв'язаний з блоком мікрорелемікачів МКВ через редуктор РМ.

Блок мікрорелемікачів та резисторів МКВ складається з:

- механізму повороту кулачків, які впливають на відповідну пару мікроперемикачів, забезпечуючи сигналізацію «Убрано», «Випущено», «Взлет заперещен»;
- резисторів, які формують електричний сигнал про поточне положення вихідного валу приводу.

Блок виконано за двоканальною схемою, кожний канал має свою електроз'єднувач Х3 та Х4 для підключення до ланцюга живлення.

Редуктор РМ встановлено між вихідним валом ВВ приводу та механізмом повороту кулачків та резисторів МКВ та має передатне відношення, яке забезпечує спрацьовування всіх кінцевих мікрорелемікачів та поворот валу кожного резистору на кут  $(295 \pm 3)$  град. при робочому ході вихідного валу  $(120_{-1})$  обертів.



**Рис. 2.1.** Структурна схема приводу КІМ 148Н

### Основні технічні дані

Під час роботи в основному режимі живлення гідромотору приводу відбувається від основної гідросистеми. Клас чистоти робочої рідини – не грубіше 8-го класу.

Робоча рідина – АМГ-10.

Під час роботи в резервному режимі живлення електродвигуна відбувається від бортової електромережі постійного струму. Привод відноситься до приймачів електроживлення I-ї категорії якості. [1, 3]

Таблиця 2.1

Параметри основного режиму	
1	2
Номінальний тиск робочої рідини гідросистеми в лінії напору	$21^{+1,5}_{-0,5}$ МПа $150^{+15}_{-5}$ кгс/см <sup>2</sup>

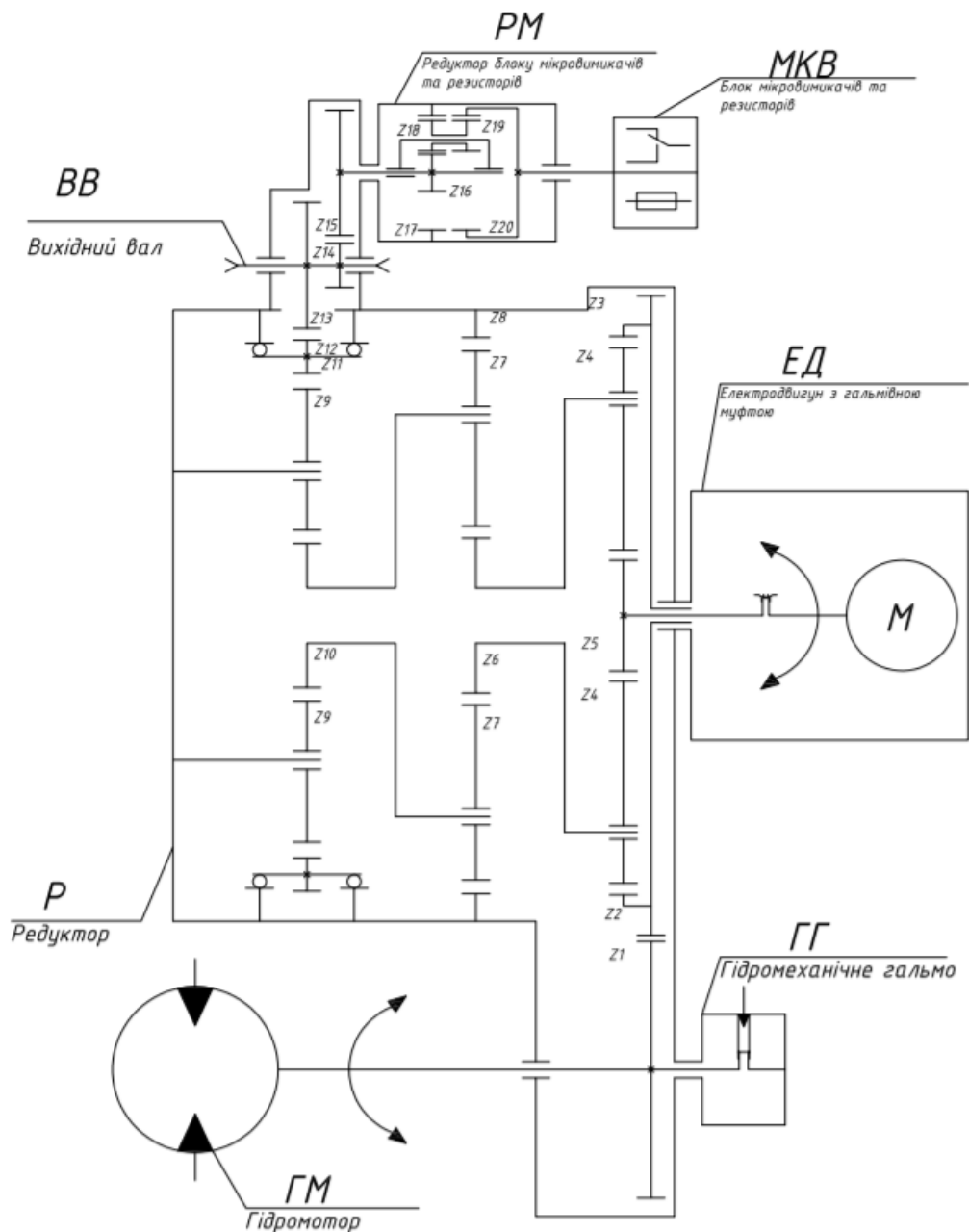
1	2
Тиск робочої рідини гідросистеми в лінії зливу	0,6 – 1,0 МПа 6 – 10 кГс/см <sup>2</sup>
Допустимий закид тиску в лінії зливу на час не більше 1с, при якому характеристики приводу не регламентуються	до 20 МПа 20 кГс/см <sup>2</sup>
Температурний діапазон роботи робочої рідини	від -55°С до +90°С
Частота обертів в основному режимі	200 об/хв
Крутний момент	160 Н*м
Пусковий струм	не більше 65 А
Витрати робочої рідини	75±5 см <sup>3</sup> /с 4,5±0,3 л/хв
<b>Параметри резервного режиму</b>	
Діапазон напруги живлення приводу	24 – 29,4 В
Граничний момент валу приводу	≤ 45 Н*м (4,5 кГс*м)
<b>Енерго – масові параметри</b>	
Робочий хід вихідного валу	120 обертів
Габаритні розміри	480х233х220 (мм)
Маса	не більше 19,5 кг

## **Робота**

### **Основний режим**

Робоча рідина, після заповнення гідросистеми та подачі до штуцера Вхід приводу, по каналу Ж, порожнину Р, відкритий електрогідравлічний клапан ЕГК1 (клапан керування запірним клапаном КЗ), канал П заповнює пружинну порожнину закритого запірного клапану КЗ та чергує до подачі електричного сигналу на клапан ЕГК1, ЕГК3 (Випуск) та ЕГК2 (Уборка).

Інші порожнини з'єднані зі зливом.



**Рис. 2.2.** Структурна схема приводу КПМ 148Н.

### Вихідний стан

Гідромеханічне гальмо ГГ загальмований та через редуктор фіксує вихідний вал приводу ВВ.

Електрогідравлічні клапани ЕГК1 (ДАВЛ), ЕГК2 (УБОРКА), ЕГК3 (ВЫПУСК) знеструмлені. Золотник 2, 4 клапанів керування КУ1, КУ2 та золотник 3 регулятора витрати РВ віджаті зусиллям пружини. При цьому кромками золотників 2 та 4 перекриті порожнини Ш та И підводу робочої рідини до гідромотору. Порожнини гідромотору ГМ через канал Г, вікно С

(клапану КУ1), канал Т, вікно Б1 (регулятор РР); канал к, вікно У (клапан КУ2), канал М, вікно Е (регулятор РР), канал Л, вікно Щ, вікно Ч (клапан підпирний КП) та канал Б з'єднані зі зливом. Порожнина А гідромеханічного гальма ГГ через канал Н, клапан човниковий КЧ з'єднано зі зливом.

Робота приводу в основному режимі здійснюється подачею напруги живлення на електрогідравлічний клапан ЕГК1 (ДАВЛ). При спрацьовуванні ЕГК1 пружинна порожнина запірнього клапану КЗ по каналу П з'єднується з лінією зливу Б, поршень 11 під дією тиску робочої рідини переміщується в сторону пружинної порожнини, відкриваючи сідло клапану 12. Робоча рідина по каналам Ж та Д підводиться через ЕГК2 та ЕГК3 у пружинні порожнини, до розточок Ш та И, в торцеві порожнини золотників 2 та 4 клапанів керування КУ1 та КУ2, а також по каналу Я до підпирного клапану КП в золотникову порожнину Ю.

### **Випуск**

Для випуску закрилків (передкрилків) одночасно з подачею напруги на ЕГК1 подається напруга живлення на електроклапан ЕГК3 (ВЫПУСК). При спрацьовуванні ЕГК3 пружинна порожнина золотника 2 по каналам Ц, в та Б з'єднується зі зливом.

Золотник 2, під дією тиску робочої рідини зі сторони торцьової порожнини, переміщуючись в сторону пружини, відкриває розточку Ш, з'єднуючи канал Д з каналом Г входу в гідромотор ГМ та перекриває вікно С (клапану КУ1).

При подачі робочої рідини по каналу Г до гідромотору, тиск робочої рідини діє на плунжери 15 та створює осьову силу. Плунжери 15 через башмак спираються в нахилену шайбу, при цьому одна із складових осьової сили призводить до обертання блоку циліндрів 13. Блок циліндрів, ковзаючи по робочій поверхні золотника 14, з'єднує по черзі плунжерні отвори з підводящим каналом Г та відводящим К

При цьому робоча рідина з лінії виходу гідромотору ГМ по каналу К, вікно У (клапан КУ2; золотник 4 віджятий пружиною), каналу М, вікна Б1, Е,



порожнина А1 регулятора витрати РВ, канал Л, вікна Щ та Ч підпірного клапану КП та канал Б відводиться в злив.

Одночасно робоча рідина під тиском, по каналу Г, через човниковий клапан КЧ, по каналу Н, шток 6, поступає в порожнину А гідравлічного гальма ГГ. Під дією тиску в порожнині А циліндр 16 переміщується, долаючи зусилля компенсуючої пружини 17. Одночасно переміщується втулка 8, стискаючи пружину гідравлічного гальма 5 та розвантажує диски гальмівного пакету 9, розгальмовуючи вал гідромотору ГМ.

Переміщуючись, втулка 8 натискає на шарик 7, при цьому, спрацьовує механізм кінцевих вимикачів та видається сигнал – РАСТОРМОЖЕН.

Таким чином, обертання блоку циліндрів, через шліцьове з'єднання, передається до розгальмованого валу 1 гідромотору ГМ.

Обертання валу 1 гідромотору ГМ з шестернею Z1 (рис.2.2), через редуктор Р, передається на вихідний вал приводу.

Обертання вихідного валу приводу, через жорстко закріплену на валу шестерню Z14, передається шестерня Z15, яка, через редуктор блоку мікрвимикачів та резисторів РМ, зв'язана з валиком кулачкового механізму блоку мікрвимикачів та резисторів МКВ. [1, 3]

Після виконання вихідним валом приводу повного робочого ходу, спрацьовують мікроперемикачі сигналізації ВІПУЩЕНО, після чого знеструмлюється електроживлення ЕГК1 та ЕГК3:

- при знеструмленні ЕГК3 пружинна порожнина золотника 2 відсікається від зливу. Золотник 2 віджимається пружиною, перекриває розточку Ш, відсікаючи канал Д від каналу Г входу в гідромотор, та відкриває вікно С.

Обидві порожнини гідромотору та порожнина А гідравлічного гальма з'єднуються з порожниною Б1 регулятора та далі через вікно Е, канал Л та підпірний клапан КП з'єднані зі зливом. Тиск в порожнині А гідравлічного гальма падає. Циліндр 16 відтискається пружиною 17.

Одночасно втулка 8 віджимається пружиною 5, диски гальмівного пакету 9 гідромеханічного гальма ГГ стискаються та загальмовують вал гідромотору та відповідно вихідний вал приводу.

Втулка 8, переміщуючись під дією пружини 17 та 5, звільняє шарик 7, спрацьовує механізм кінцевого вимикача та відключається сигналізація – РАСТОРМОЖЕН;

- при знеструмленні ЕГК1 пружинна порожнина запірнього клапану через канал П та ЕГК1 знову з'єднуються з каналом Ж. тиск в пружинній порожнині клапану КЗ росте. Поршень 11 переміщується, закриваючи сідло клапану 12. Підвід робочої рідини від гідросистеми об'єкту в канал Д перекривається.

### **Прибирання**

Для прибирання закрилків (передкрилків), подається напруга живлення на електроклапан ЕГК1 (ДАВЛ) та ЕГК2 (УБОРКА). При спрацьовуванні ЕГК 2 порожнина пружини золотника 4 з'єднується по каналу Б зі зливом.

Золотник 4, під дією тиску робочої рідини зі сторони торцьової порожнини, переміщуючись в сторону пружини, відкриває розточку И, з'єднує канал Д входу в привод з каналом К входу в гідромотор ГМ та перекриває вікно У. при цьому робоча рідина з лінії виходу гідромотору ГМ по каналу Г, вікно С клапану КУ1 (золотник 2 віджатиї пружиною), по каналу Т поступає в порожнину Б1 регулятора РР.

Подальша робота приводу аналогічна роботі на випуск.

Пружинна порожнина регулятору витрати РВ по каналам Ф та Б з'єднана зі зливом. Торцьова порожнина підпірного клапану КП по каналам Ю та Я з'єднана з виходом запірнього клапану КЗ, пружинна порожнина через вікно Ч та канал Б – зі зливом. Відвід робочої рідини з гідромотору в злив на УБОРКЕ здійснюється по каналу Г, вікно С, каналу Т, вікна Б1, Е та порожнина А1 регулятору витрати РВ, канал Л, вікно Щ та Ч підпірного клапану КП та канал Б.

При номінальному тиску робочої рідини на вході приводу золотника 10 підпірного клапану КП під дією тиску в порожнині Ю (вхідний тиск) долає зусилля зтяжки пружини клапану та знаходиться на упорі, забезпечуючи певне відкриття вікна Ч.

При збільшенні витрати через гідромотор росте перепад тиску на вікні Ч та тиск в порожнині А1 регулятора витрати, тобто росте зусилля на золотнику 3 регулятора витрати РВ. Золотник 3, долаючи зусилля пружини, переміщується в сторону пружинної порожнини, зменшуючи прохідний перетин вікна Е. Витрата через гідромотор зменшується.

При зменшенні витрати через гідромотор золотник 3, віджимається пружиною, збільшуючи прохідний перетин вікна Е. Витрата через гідромотор збільшується. При низьких тисках робочої рідини на вході в привод золотник 10 підпірного клапану віджимається пружиною, перекриваючи прохідний перетин вікна Ч.

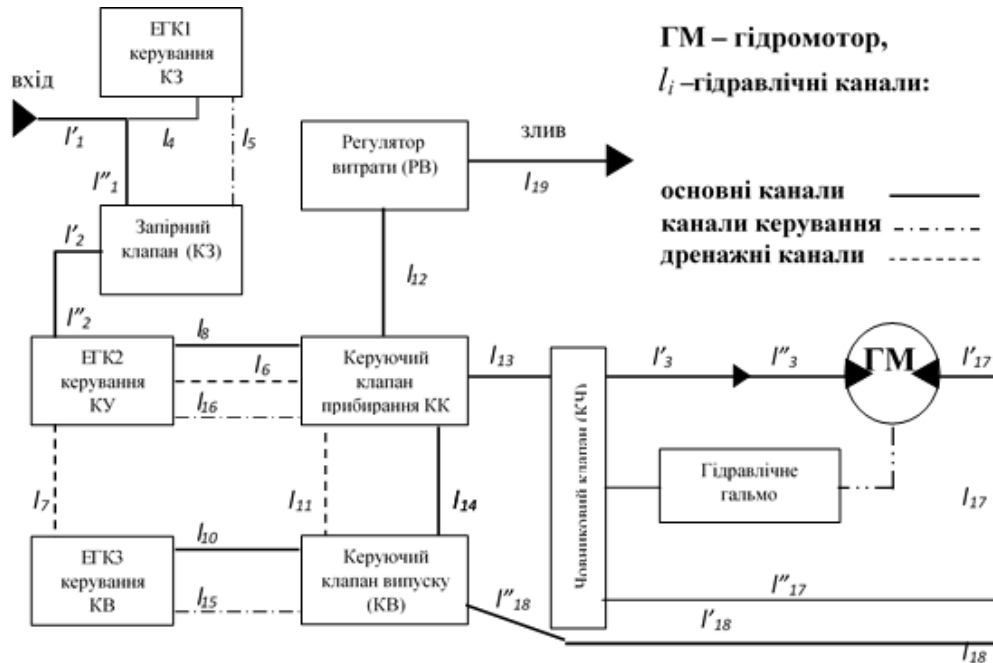
Злив через підпірний клапан зменшується та таким чином, підтримуються приблизно постійними перепадами тиску на вікні Ч підпірного клапану КП та відповідно витрата робочої рідини через гідромотор та частоту обертання вихідного валу приводу.

Підвід напруги живлення до електромагнітним клапанам ЕГК1, ЕГК2, ЕГК3 здійснюється через роз'єм Х1. Сигнал про положення гідромеханічного гальма знімається з електророз'єма Х2.

## **2.2. Розрахункова гідравлічна модель приводу КППМ 148Н**

Розрахункова гідравлічна схема приводу КППМ 148Н керування закрилками (передкрилками) літака представлено на рис.2.3. У відповідності з розрахунковою схемою та описом роботи агрегату необхідно визначити траєкторію проходження потоку рідини через елементи схеми та задати параметри цього потоку. Оскільки траєкторія потоку може змінюватися як в залежності від умов експлуатації (наприклад, збільшення опору при зниженні

температури, що визиває спрацьовування запобіжного клапану), так і від режимів роботи (збільшення навантаження на привод вище допустимого). Варіантів траєкторії може бути декілька, та вони повинні охоплювати весь спектр можливих експлуатаційних ситуацій роботи приводу. [4]



**Рис. 2.3.** Розрахункова гідравлічна схема приводу КПМ 148Н

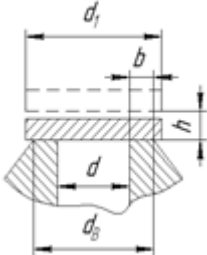
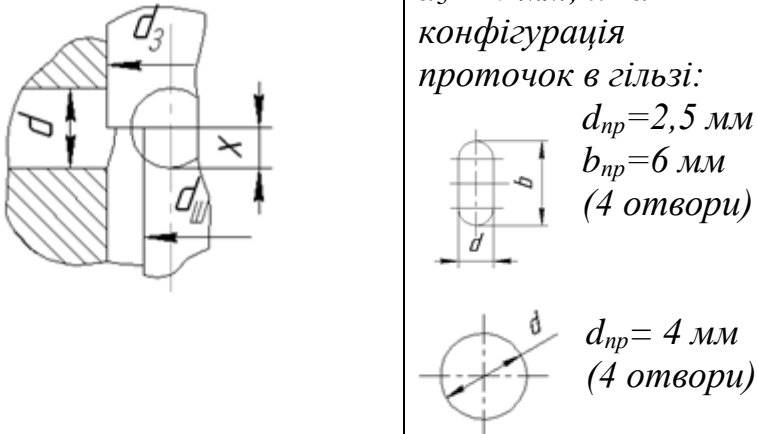
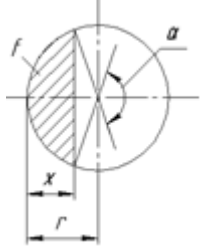
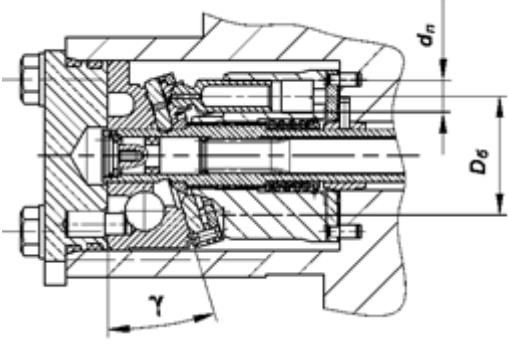
Розглянемо роботу приводу в розрахунковому режимі (штатний режим).

При траєкторії потоку, який проходить по каналам  $l_1'$ ,  $l_1''$  та  $l_4$ , система заповнюється робочою рідиною. У подальшому, при спрацьовуванні запірного клапану КЗ, по каналам  $l_2$ ,  $l_6$ ,  $l_7$ ,  $l_{11}$  рідина попадає під торці золотників керуючих клапанів ЕГК (КУ), КУ, ЕГК (КВ) та КВ. Канали  $l_5$ ,  $l_{15}$  и  $l_{16}$  створюють лінію керування роботою клапанів КЗ, КВ, та КУ. В режимі прибирання одночасно спрацьовують два клапани – запірний клапан КЗ та керуючий клапан прибирання КУ. При цьому лінія нагнітання робочої рідини створюється наступними каналами  $l_1'$ ,  $l_1''$ ,  $l_2'$ ,  $l_2''$ ,  $l_8$ ,  $l_{13}$ ,  $l_3'$ ,  $l_3''$ . Лінія зливу робочої рідини для розглянутого варіанту положення клапанів буде проходити по каналам  $l_{17}'$ ,  $l_{17}$ ,  $l_{18}$ ,  $l_{18}'$ ,  $l_{18}''$ ,  $l_{14}$ ,  $l_{12}$  та  $l_{19}$ .

## Геометричні параметри елементів КПМ 148Н

Геометричні параметри елементів КПМ 148Н вказані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Елемент гідросистеми	Геометричні параметри	
Запірний клапан		$d_1=11 \text{ мм}$ $d=7,5 \text{ мм}$ $b=0,9 \text{ мм}$
Керуючий клапан прибирання (випуску)		$d_3=10 \text{ мм}; x=d$ <i>конфігурація проточок в гільзі:</i> $d_{np}=2,5 \text{ мм}$ $b_{np}=6 \text{ мм}$ <i>(4 отвори)</i> $d_{np}=4 \text{ мм}$ <i>(4 отвори)</i>
Регулятор витрати		$d_3=9 \text{ мм}; x=0,3d.$ <i>проточки в гільзі круглої форми:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>d_{np}=4 \text{ мм}</math></li> <li>2. <math>d_{np}=2,5 \text{ мм}</math></li> </ol>
Гідромотор		$d_n=6 \text{ мм}$ $D_6=22,5 \text{ мм}$ $\gamma=16^\circ$ <i>кількість поринів</i> $z=9$

## Розрахунок характеристик золотникового клапану (випуску КВ, прибирання КУ).

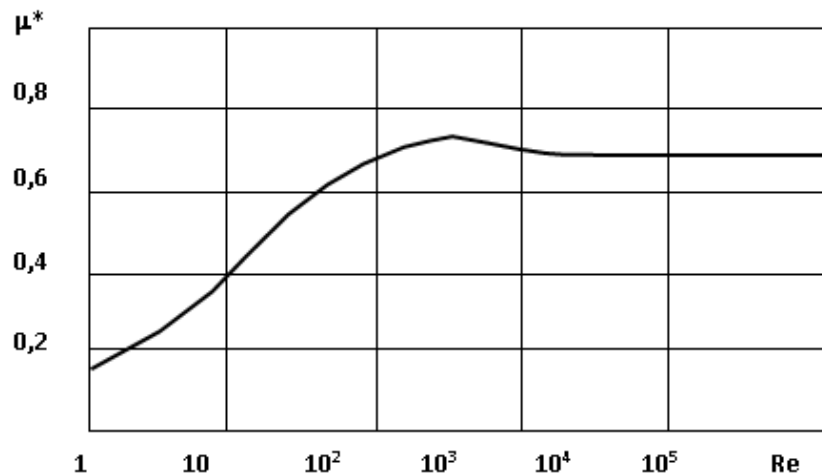
Втрата тиску в розподільному елементі визначаються втратами у вікнах золотникових пар клапану при витраті  $Q$ :

$$Q = \mu^* * f \sqrt{\frac{2}{\rho} * \Delta p}, \Delta p = \frac{1}{2} * \rho \left( \frac{Q}{f * \mu} \right)^2$$

де  $\mu^*$  - коефіцієнт витрати;  $f$  – площа золотникової пари;  $\rho$  – густина робочої рідини (АМГ – 10 при температурі +20°C  $\rho=851$  кг/м<sup>3</sup>).

Площа щілини золотникової пари (овальної форми) для перетину 1 та 3:

$$f_1 = f_3 = \frac{\pi * d_1^2}{4} + (b - d_1) * d_1 = \frac{3,14 * 2,5^2}{4} + (6 - 2,5) * 2,5 = 13,65 \text{ мм}^2$$



**Рис. 2.4.** Залежність коефіцієнту витрати для вікна клапану від числа Рейнольдса

З врахуванням чотирьох отворів в гільзі клапану, розрахункова площа щілини дорівнює  $54,6 * 10^{-6} \text{ м}^2$ .

При визначенні коефіцієнту витрати  $\mu^*$  для вікон клапанів враховуємо можливі зміни числа  $Re$ , що виникли змінною геометрії та формою вікна, режимами роботи агрегату (рис. 2.4).

Число Рейнольдса знаходимо для місцевого опору:

$$Re = \frac{4 * Q}{v * \Pi}$$

Де  $Q$  – розрахункове значення витрати робочої рідини,  $\nu$  – коефіцієнт в'язкості АМГ-10,  $\Pi$  – змочений периметр перетину ( $\Pi=(\pi*d_1+2*(b-d_1))*4=21,4*10^{-3}$  м).

$$Re = \frac{4 * 250 * 10^{-6}}{26 * 10^{-7} * 21,4 * 10^{-3}} = 1,7 * 10^4$$

Знаючи  $\mu$  визначаємо втрати тиску в перетинах 1 та 3 клапану КК:

$$\Delta p_1 = \Delta p_3 = 17,7 \text{ кПа.}$$

Аналогічний розрахунок проводимо для перетину 2:

$$f_{2p} = 50,24 * 10^{-6} \text{ м}^2, \Pi_{2p}=50,24*10^{-3} \text{ м,}$$

$$Re = \frac{4 * 250 * 10^{-6}}{26 * 10^{-7} * 50,24 * 10^{-3}} = 765$$

$$\Delta p_2 = \frac{1}{2} * 851 * \left( \frac{250*10^{-6}}{0,71*50,24*10^{-6}} \right)^2 = 29,85 \text{ кПа}$$

Загальна втрата тиску на клапані КК дорівнює сумі втрат на робочих вікнах:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = 38,6 \text{ кПа.}$$

### **Розрахунок клапану ЕГК 1.**

Втрати тиску визначається з урахуванням геометричних розмірів: площа дросельної щілини:  $f_K = \pi * d * h$ , де  $d$  – діаметр прохідного каналу сідла клапану ( $d=7,5$  мм),  $h$  – хід клапану. [12, 14] Максимальний хід клапану  $h_{max}=0,25*d=1,875$ мм. Площа дросельної щілини:

$$f_K=3,14*7,5*1,875=44*10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт витрати  $\mu^* = 0,565$  визначаємо з урахуванням співвідношення  $b/d$  та  $h/d$ . Втрати тиску в запірному клапані  $\Delta p = 43$  кПа.

### **Розрахунок характеристик регулятора витрати РВ.**

Розрахунок регулятора витрати проводиться аналогічно розрахунку розподільного клапану КК. Максимальні втрати при стабільній витраті будуть в момент максимального відкриття щілини робочого вікна. Прийmemo хід

золотника регулятора 30% від повного відкриття  $x=30\%*d$ . Площа дросельної щілини:

$$f = z * \frac{d^2}{8} * \left[ \frac{4 * \pi}{180} \arcsin \sqrt{\frac{x}{d}} - \sin \left( \arcsin \sqrt{\frac{x}{d}} \right) \right]$$

де  $z$  – кількість проточок в гільзі золотникової пари.

З врахуванням геометричних розмірів та форми:  $f_1 = 37,7 * 10^{-6} \text{ м}^2$ ,  $\Pi_1 = 46,48 * 10^{-3} \text{ м}$ , число Рейнольдса:  $Re = \frac{4*Q}{v*\Pi_1} = 8,2 * 10^3$ . Визначаємо коефіцієнт  $\mu^* = 0,71$  та знаходимо втрати тиску в дросельному вікні перетину 1 регулятора витрати:  $\Delta p_1 = 0,5 * \rho * \left( \frac{Q}{f_1 * \mu} \right)^2 = 37,2 \text{ кПа}$ . [18]

Аналогічні розрахунки для перетину 2 ( $f_2=14,72*10^{-6} \text{ м}$ ,  $\Pi_2=29,04*10^{-3} \text{ м}$ ,  $Re=1,3*10^4$ ,  $\mu = 0,71$ ) дозволяє визначити втрати тиску:  $\Delta p_2 = 243,4 \text{ кПа}$ . Загальна втрата тиску на дросельних вікнах:  $\Delta p_{\text{заг}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 = 280 \text{ кПа}$ . Втрата тиску на дроселі  $\Delta p_{\text{д}}$  приймає 60% від перепаду на обмежувачі витрати  $\Delta p_{\text{заг}}$ :  $\Delta p_{\text{д}} = 0,6 * \Delta p_{\text{заг}} = 0,6 * 280 = 168 \text{ кПа}$ . Повна втрата тиску на дроселі з регулятором:

$$\Delta p_{\text{рв}} = \Delta p_{\text{д}} + \Delta p_{\text{заг}} = 448 \text{ кПа}$$

### Розрахунок характеристик гідромотору

В гідравлічних приводах основну частину опору зовнішнього ланцюга складає навантаження на валу гідромотору. Якщо знехтувати тертям, то крутний момент можна рахувати прямо пропорційна величині перепаду тиску в гідромашині:  $M = k_m * \Delta p$ , де  $M$  – теоретичний крутний момент,  $\Delta p = p_1 - p_2$  - перепад тиску;  $k_m$  – коефіцієнт моменту гідромотору. Перепад тиску знаходимо з формули потужності:  $\Delta p_{\text{ГМ}} = \frac{M * \omega}{Q}$ , де  $\omega$  – кутова швидкість обертання валу гідромотору,  $Q$  – витрата. З врахуванням значень параметрів для номінального режиму КПМ отримаємо:  $\Delta p_{\text{ГМ}} = 10,048 \text{ кПа}$ . [14,15]



Крім втрат тиску на виконання корисної роботи визначаємо гідравлічні втрати в робочих вікнах гідромотору з врахуванням параметрів конструкції (табл.2.2):

$$\Delta p_{\text{в}} = \frac{1}{2} * \rho \left( D_{\text{б}} * \omega * \text{tg} \gamma * \frac{f_0}{\mu^*} \right)^2,$$

Де  $D_{\text{б}}$  – діаметр окружності, на якій розташовано циліндри в блоці гідромотору;  $\gamma$  – кут встановлення похилого диску;  $f_0$  – площа перетину вікні;  $f$  – площа перетину поршня;  $\mu^*$  - коефіцієнт витрати вікна, який дорівнює 0,72.

Розрахуємо площу вікна гідромотору КПМ. Вікно овальної форми:  $f_{\text{в1}} = \frac{\pi * d_0^2}{4} + (b_0 - d_0) * d_0 = 10,65 \text{ мм}^2$ , де  $d_0 = 2,5 \text{ мм}$ ,  $b_0 = 4,8 \text{ мм}$ . Втрати тиску на вікні 1:

$$\Delta p_{\text{в1}} = \frac{851}{2} * \left( \frac{0,225 * 2 * \pi * 200 * 0,7867 * 10,65 * 4}{60 * \pi * 6^2 * 0,72} \right)^2 = 1,7 \text{ кПа.}$$

Для вікна 2 круглої форми з діаметром  $d_{\text{в2}} = 2,5 \text{ мм}$ , отримаємо:  $f_{\text{в2}} = 4,9 \text{ мм}^2$ , втрати тиску  $\Delta p_{\text{в2}} = 0,36 \text{ кПа}$ . Повна гідравлічна втрата тиску на гідромоторі:  $\Delta p_{\text{пов.}} = 2\Delta p_{\text{в1}} + 2\Delta p_{\text{в2}} = 4,12 \text{ кПа}$ . Фактична втрата тиску  $\Delta p_{\text{ф}}$  на 10-15 % більше розрахункової, що обумовлено в основному змінною площею відкриття вікон в процесі переміщення поршня:

$$\Delta p_{\text{ф}} = \Delta p_{\text{пов.}} + 15\% \Delta p_{\text{пов.}} = 4,738 \text{ кПа.}$$

### **Розрахунок гідравлічних каналів приводу.**

Гідравлічні лінії КПМ 148Н складаються з каналів різної форми. В цих гідравлічних каналах відбувається втрата тиску, яка обумовлена впливом сили тертя при русі робочої рідини. У зв'язку з вимогами компактності, конфігурації каналів має велику кількість вигинів та раптових змін площі та форм перетинів. Розрахунок втрат в лініях проводимо по ділянкам з однаковою витратою. Гідравлічні втрати складаються з втрат по довжині  $\Delta p_L$ , та втрат у місцевих опорах  $\Delta p_M$ , розрахунок яких виконаний з врахуванням

геометричних розмірів, форм, параметрів, значень витрати, характеристик робочої рідини та температури експлуатації за залежністю:

$$\Delta p_L = \frac{1}{2} * \frac{\lambda * l * \rho * V^2}{d}, \Delta p_M = \frac{1}{2} * \xi * \rho * V^2,$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт тертя,  $l$  – довжина ділянки,  $d$  – діаметр каналу,  $V$  – середня швидкість,  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору.

Гідравлічний розрахунок втрат тиску в гідравлічних лініях реалізований з застосуванням програми Excel (табл.2.3). Це дозволяє коректувати вхідні дані, які стосуються як конструктивних розмірів, так і властивостей рідини або режиму роботи приводу – зміни температури, тиск живлення або зливу, величини навантаження (моменту на валу гідромотору), швидкість обертання вихідного валу.

Для розрахунку втрати на тертя, проаналізувавши конструкцію приводу, визначаємо геометричні параметри каналів. Наприклад, канал  $l_1$  має довжину  $l = 95$  мм та діаметр  $d = 8$  мм. Середня швидкість течії рідини знаходимо за формулою  $V=Q/S$ , де  $Q$  – витрата,  $S$  – площа перетину каналу.

Коефіцієнт тертя  $\lambda$  залежить від режиму течії рідини та визначається за числом Рейнольдса:  $Re=15311$  при температурі  $+20^\circ\text{C}$  та коефіцієнту в'язкості  $\nu = 26$  сСт – для масла АМГ-10 ( $R_z = S/\Pi = 2$  мм – гідравлічний радіус,  $\Pi = \pi d = 25,12$  мм – змочений периметр). З урахуванням шорсткості стінок каналу ( $\Delta=0,025$  мм), товщини ламінарної плівки ( $\delta_{\text{пл}} = 0,109$  мм), знаходимо:  $\lambda=0,3164*Re^{-0.25}=0,028$ . Втрати тиску на тертя в каналі  $l_1$ :  $\Delta p_{l1} = 3,5$  кПа.

Результати розрахунку втрат тиску по довжині для гідролінії при роботі клапану прибирання КУ зведені в таблицю 2.3. Розрахункові значення втрат тиску в місцевих опорах приводу приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.3

Номер ділянки	$l$ , мм	$d$ , мм	$V$ , м/с	$Re$	$\lambda$	$\Delta p_l$ , кПа
L1'	95	8	4,97	15311	0,028	3,5
L1''	7	7	6,48	17048	0,027	0,48
L2'	13	12	2,21	10207	0,031	0,07
L2''	14,5	7	6,5	17498	0,027	1,01
L8	14	7	6,48	17048	0,027	0,96
L13	7	7	6,48	17048	0,027	0,48
L3'	3,5	8	4,97	15311	0,028	0,13
L3''	15,5	4,3	17,22	18485	0,036	16,38
L17'	68	8	4,97	15311	0,08	2,5
L17	15	8	4,97	15311	0,028	0,55
L18	15	8	4,97	15311	0,028	0,55
L18'	52	8	4,97	15311	0,028	1,92
L18''	7	6,4	7,67	18706	0,027	0,74
L14	8,5	7	6,48	17048	0,027	0,58
L12	10	7	6,48	17048	0,027	0,69
$\Delta p_L = \sum_{i=1}^n \Delta p_{Li}$						30,54

Отримані дані дозволяють побудувати діаграму зміни тиску уздовж потоку рідини в приводі КПМ. В загальному випадку, потік рідини може мати розгалуження, і тоді діаграма буде представлена декілька паралельними ділянками. Якщо розгалуження немає, тоді діаграма може бути представлена двома ділянками – діаграмою лінії нагнітання та діаграмою лінії зливу (рис.2.6). Враховуючи, що основні втрати тиску припадають на гідромотор, то для визначення балансу втрат тиску зручніше розглядати кожну лінію окремо.

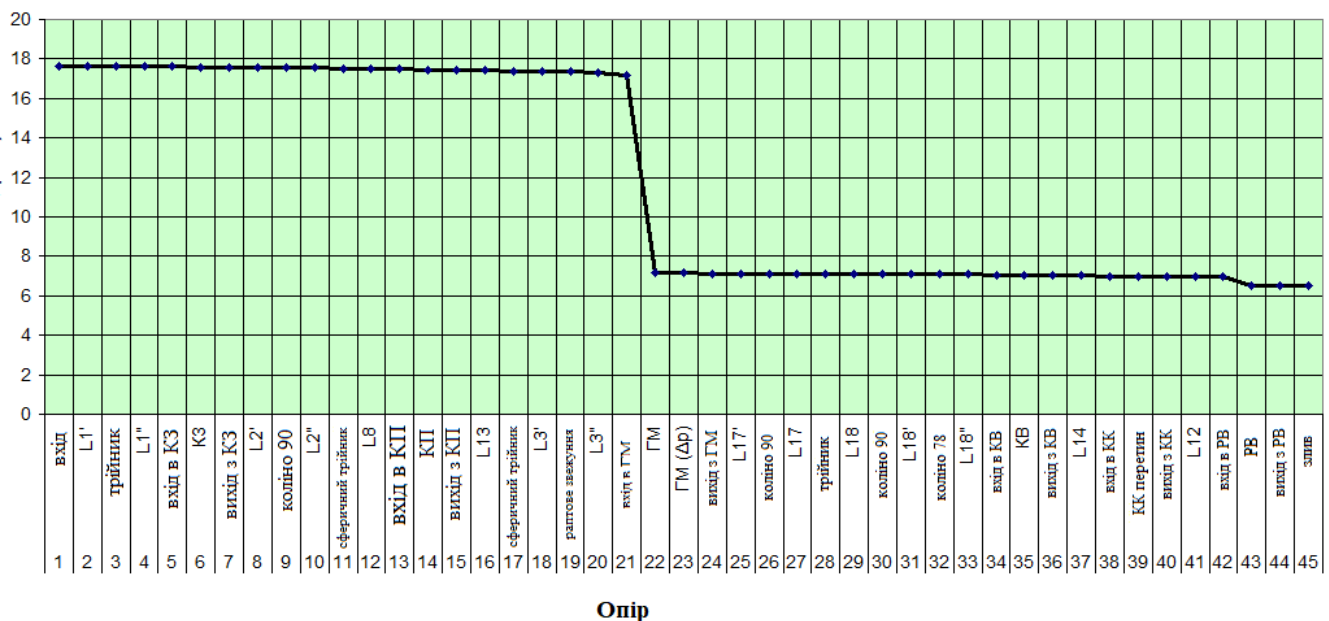
Таблиця 2.4

Номер ділянки	Вид опору	$\xi$	$\Delta p_i$ , кПа
L1'	Трійник	1,3	13,6
L1''	Штуцер	1	17,8
L2'	Перехідник	0,7	1,45
L2'	Коліно 90	1,2	2,49
L2''	Сферичний трійник	4,87	87,55
L8	Штуцер	1	17,86
L13	Перехідник	0,7	12,5
L13	Сферичний трійник	4,87	87,01
L3'	Раптове звуження	0,35	3,67
L3''	Штуцер	1	126,17
L17'	Перехідник	0,7	7,35
L17'	Коліно 90	1,2	12,61
L17''	трійник	1,3	13,66
L17''	Коліно 90	1,2	12,31
L18'	Коліно 78	0,85	8,93
L18''	Штуцер	1	25,03
L14	Перехідник	0,7	12,5
L14	Штуцер	1	17,86
L12	Перехідник	0,7	12,5
L12	Штуцер	1	17,86
Зливна лінія	перехідник	0,7	12,5
$\Delta p_M = \sum_{i=1}^n \Delta p_{Mi}$			523,21 кПа

Початкова координата лінії тиску визначається з урахуванням його значення на вході в агрегат (рис.2.5). Проте така діаграма описує баланс як

корисної, так і витраченої потужності тільки при одному варіанті навантаження, одному типу робочої рідини та при фіксованій температурі.

Якщо розглядати експлуатацію приводу протягом його життєвого циклу, тоді з'ясується, що цим усередненим параметрам відповідає тільки декілька процентів з часового періоду роботи агрегату. Також з'ясується, що найбільш відповідальні режими роботи приводу характеризуються 'іншими навантаженнями, та температурними умовами, а характеристики робочої рідини відповідають паспортним даним тільки на початку експлуатації, та й якщо рідина заливається в не працюючий агрегати. А якщо агрегати раніше експлуатувалися з іншою рідиною, тоді характеристики роботи системи та межі її працездатності можуть відрізнитися від розрахункових значень для нової рідини. [16]

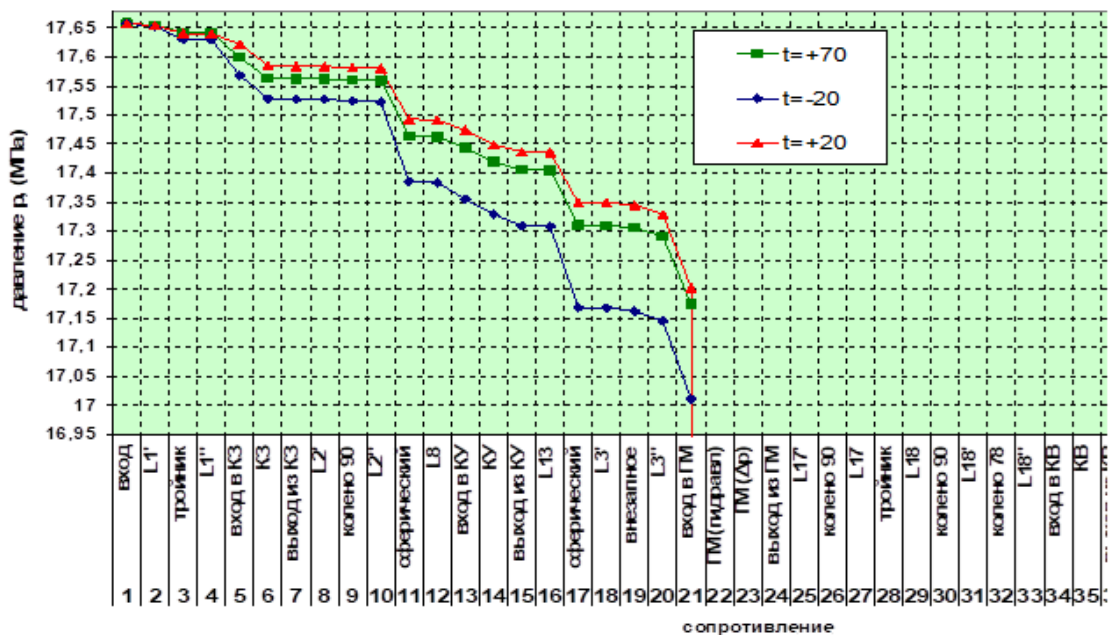


**Рис. 2.5.** Діаграма зміни тиску в гідросистемі приводу з робочою рідиною АМГ-10 при номінальній витраті  $Q= 15$  л/хв та температурі  $+20^{\circ}\text{C}$

### Побудова розрахункової гідравлічної моделі КПМ 148Н

Розглянемо застосування розрахункової гідравлічної моделі приводу при зміні конструктивних та експлуатаційних параметрів, а саме, температуру робочої рідини, значення витрати в гідросистемі, коефіцієнтів місцевих

опорів. Враховуючи, що коефіцієнти місцевих опорів  $\xi$  також змінюються зі зміною температури робочої рідини. Визначаємо їх відповідно методу еквівалентних довжин:  $\xi_{t2} = \frac{l_{\text{екв}} * \lambda_{t2}}{d}$ , де  $l_{\text{екв}} = \frac{\xi_{t1} * d}{\lambda_{t1}}$  – еквівалентна (за опором) довжина каналу. Аналіз адекватності роботи гідравлічної моделі при зміні температури робочої рідини можна провести за отриманими залежностями (рис.2.6 та 2.7) та експериментально визначеним значенням параметрів приводу – величині крутного моменту при заданому перепаді тисків на приводі та відомому значенні витрати.



**Рис. 2.6.** Перепад тисків в гідросистемі приводу з робочою рідиною АМГ-10 при різних температурах та номінальній витраті  $Q = 15$  л/хв

Перевірка адекватності розрахункової гідравлічної моделі приводу КПМ проведена для номінальної області визначення основних параметрів його роботи, а саме, температури робочої рідини, значення витрати в гідросистемі, коефіцієнтів місцевих опорів.

Для масла АМГ-10 при температурі  $+70^{\circ}\text{C}$  щільність  $\rho$  знижується до  $810 \text{ кг/м}^3$  значення, а в'язкість  $\nu$  приймає значення  $4,6 \text{ сСт}$ . При цьому, втрати тиску в гідролінії теоретично також повинні зменшатися. При зниженні температури до  $-20^{\circ}\text{C}$ , щільність масла АМГ-10 зростає до  $\rho=878 \text{ кг/м}^3$ , в'язкість

збільшиться до  $v=140$  сСт. Це, при збереженні швидкості обертання гідромотора, викличе додаткові втрати тиску, які будуть обумовлені як збільшеною кінетичною енергією, так і гідравлічним тертям. Враховуємо, що коефіцієнти місцевих опорів  $\xi$  приймуть нові значення, викликані зміною температури робочої рідини. Згідно з методом еквівалентних довжин отримаємо:  $\xi_{r2} = \frac{\ell_{\text{екв.}} \cdot \lambda_{r2}}{d}$ ,

де  $\ell_{\text{екв.}} = \frac{\xi_{r1} \cdot d}{\lambda_{r1}}$  - еквівалентна (по опору) довжина каналу.

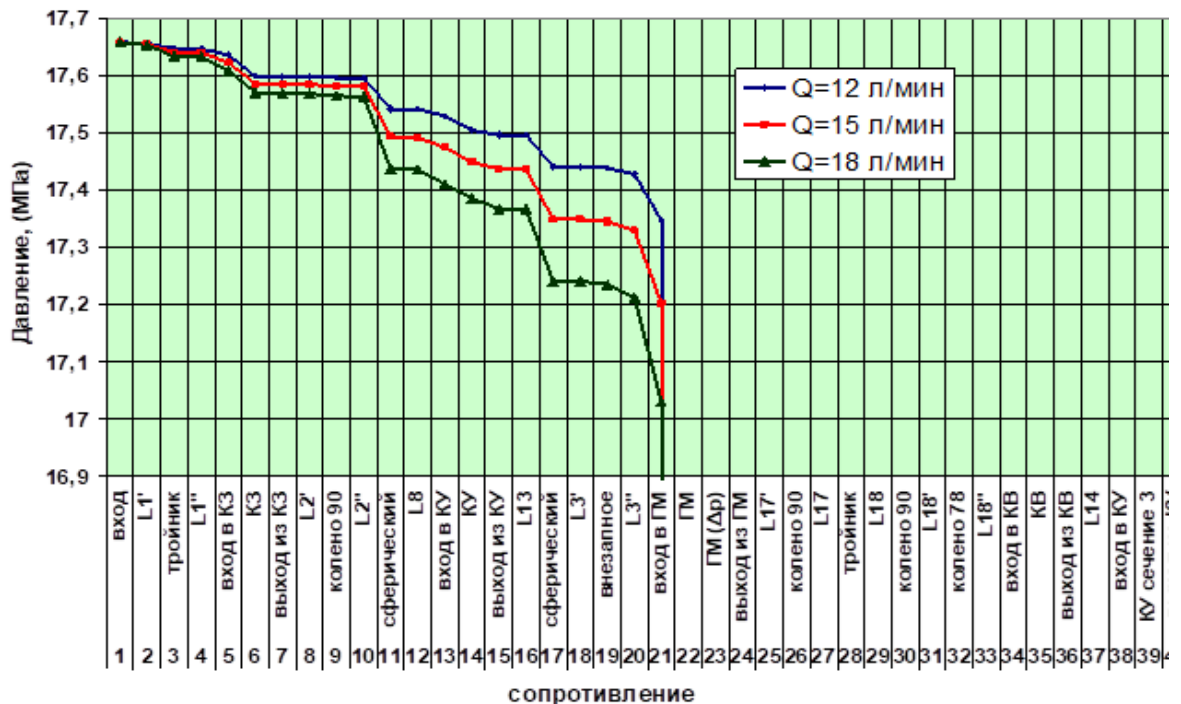
Перевірку адекватності гідравлічної моделі при зміні температури робочої рідини можна провести за отриманими значеннями заміряного часу випуску закрилків і рівнів тиску в підводящих і відводящих лініях (рис.2.6).

Перший розрахунковий експеримент проведемо для зміни температури робочої рідини при номінальній витраті. Аналіз отриманих залежностей (рис.2.6) показує, що зниження температури від  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  потребують компенсаційного збільшення тиску харчування приблизно на  $0,2$  МПа. Причому мова йде про компенсацію втрат тільки в лінії підведення. У той же час, зниження температури від  $+70^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  практично не змінює втрат потужності.

Другий розрахунковий експеримент направимо на вивчення впливу витрати (часу перестановки або швидкості приводу). Задаємо зміни витрати в встановлених межах ( $\pm 20\%$ ). Витрата  $Q$  робочої рідини в системі викликає зміни швидкості руху рідини по каналах:  $V = Q/S$ . Відповідно в різних елементах будуть отримані різні значення числа Рейнольдса. Можливо, вони приведуть до змін режимів течії, переходу течії з області гідравлічно гладких до шорстких каналів, і в результаті обліку всіх змін - до нових значень втрат тиску. [9, 16]

Ввівши в розроблену гідравлічну модель приводу КПМ різні значення витрати (12, 15 і 18 л/хв), отримаємо графіки, що дозволяють оцінити можливі зміни втрат тиску в окремих гідролініях і у всій системі приводу. Наприклад,

розрахунки вказують на зростання втрат тиску в лінії підведення приблизно на 0,35МПа (рис.2.7).



**Рис. 2.7.** Втрати тиску в гідролініях КПМ з робочою рідиною АМГ-10 при різних значеннях витрати та температурі +20°C

Розрахункові експерименти показують, що гідравлічна модель приводу КПМ може використовуватися для оцінки впливу різних режимів і умов експлуатації, заданих змінами обраних параметрів, на характеристики приводу.

### 2.3. Використання розрахункової гідравлічної моделі приводу

Застосування алгоритмічного уявлення гідравлічної моделі за допомогою програми Excel дозволяє розглядати не конкретну конструкцію агрегату або гідравлічну лінію, а перейти до моделей окремих елементів, що об'єднуються загальними даними для лінії, режиму роботи, схеми приводу. Таким чином, моделі елементів, що входять, наприклад, в одну гідравлічну лінію, об'єднуються загальним значенням витрати, температурою, типом і властивостями робочої рідини, початковим тиском в лінії нагнітання або кінцевим тиском в лінії зливу. В результаті модель агрегату, його напірної або



зливний лінії, виходить шляхом вказівки послідовності елементів, їх геометричних параметрів та загальних даних для агрегату. При цьому елементами моделі є розрахункові залежності для ділянок трубопроводу різної геометрії і довжини, для місцевих опорів або з'єднань трубопроводів, для входів і виходів з клапанів або інших пристроїв, вбудованих фільтрів, функціональних елементів агрегату, в тому числі гідравлічних елементів виконавчих пристроїв, наприклад, гідравлічного мотора або гальма. [5, 7, 14]

Проведемо оцінку змін гідравлічної характеристики втрат тиску в приводі механізації КПМ для ряду експлуатаційних ситуацій. Крім цього, визначимо вплив конструктивних елементів приводу, точніше, геометричних розмірів або форми каналів, на характеристики. Складемо прогноз про можливі зміни в роботі приводу при заміні типу робочої рідини, зміні температури, збільшення або зменшення зовнішнього навантаження, можливо, зміні тиску живлення або зростанні тиску зливу та інших експлуатаційних ситуацій. Все перераховане може бути зведене до п'яти основних груп розрахункових експериментів з гідравлічної моделлю агрегату:

- при різних температурах робочої рідини;
- при різних типах робочої рідини;
- при різних експлуатаційних параметрах;
- при різних формах перетинів і конфігураціях каналів;
- при різних розмірах каналів.

Як впливає з реологічних властивостей робочих рідин, зміна температури в широких межах істотно позначається на таких параметрах, як в'язкість і щільність. У гідравлічній системі управління літака робоча рідина має широкий діапазон зміни температур. Так в зимовий час, після тривалого простою машини, температура робочої рідини може досягати значення  $-60^{\circ}\text{C}$ . Мінімальна температура, при якій агрегат повинен нормально функціонувати - мінус  $20^{\circ}\text{C}$ . Нормальна робоча температура рідини знаходиться в діапазоні  $+ (60 \dots 80)^{\circ}\text{C}$ , але короткочасно вона може досягати  $+ 150^{\circ}\text{C}$ .

Застосування середовища Excel при побудові розрахункової моделі агрегату дозволяє знаходити оптимальну геометрію шляхом багаторазового визначення гідравлічних втрат для заданої траєкторії потоку в гідроприводі. Простота алгоритму розрахунку дозволяє отримувати підсумковий результат для кожної конфігурації каналу практично відразу після введення початкових даних розрахункового експерименту.

Порядок роботи з розрахункової моделлю розглянемо на прикладі схеми, заданої складом і послідовністю з'єднань її елементів:

ВХІД - трійник - клапан запірний КЗ - управління КЗ - управління КУ - клапан керуючий КУ - гідромотор - випускний клапан КВ - регулятор витрати РР - ЗЛИВ.

Попередня підготовка даних

Для початку роботи необхідно задати для елементів схеми значення конструктивних, а для всієї схеми - експлуатаційних параметрів:

- Довжина, діаметр, форма перетину каналів і трубопроводів;
- Момент, що обертає і зусилля навантаження для гідромоторів або циліндрів;
- Кутова або лінійна швидкість встановлені виконавчі пристрої;
- Коефіцієнти місцевих опорів в каналах;
- Шорсткість поверхні в трубопроводах;
- Коефіцієнти місцевих опорів елементів агрегату;
- Тиск, що підводиться до агрегату;
- Тиск на виході з агрегату;
- Витрата (якщо не задані значення швидкості);
- Параметри і властивості рідини (щільність, в'язкість і ін.);
- Діапазони зміни температури;
- Режими роботи агрегату (відхилення навантаження, швидкості вихідного валу від номінального, критичні значення температури).

Залежно від діапазону робочих температур, режимів навантаження приводу, вимог до пожежної безпеки та іншим експлуатаційним показниками,

вибираємо тип робочої рідини. Для відомого типу рідини вводимо в розрахункову модель її основні параметри і характеристики: щільність, в'язкість, коефіцієнт об'ємного стиснення, коефіцієнт температурного розширення та інші. Всі гідравлічні лінії на розрахунковій схемі розбиваємо на окремі ділянки (від входу до елемента №1, елемент №1, вихід з елемента №1, перехід від попереднього елемента до наступного - елементу №2 і т.д.). Надаємо кожній ділянці свій номер в порядку їх з'єднання в гідравлічній лінії. Коефіцієнти місцевого опору для поворотів трубопроводів і каналів, трійників, фітингів, фільтрів, вікон та інших елементів підбираємо з довідкових даних або характеристик цих елементів. Задаємо геометричні розміри елементів, необхідні для розрахунку числа Рейнольдса, змоченого периметра, площі живого перетину, гідравлічного радіуса, шорсткості, а також для можливості дослідження впливу розмірів на гідравлічні втрати. [4, 18]

Після попередньої підготовки даних, вводимо їх для всіх ділянок трубопроводу, яка є початковою частиною алгоритму розрахунку:

- Геометричні розміри (довжина  $l$ , діаметр  $d$ , гідравлічний радіус  $R_r$  \*),  
\* - для некруглих перетинів;
- Коефіцієнти місцевого опору  $\xi$ ;
- Параметри і характеристики робочої рідини: щільність  $\rho$ , в'язкість  $\nu$ , модуль об'ємної пружності, інші коефіцієнти;
- Крутний момент  $M_{кр}$  (для завдання навантаження гідравлічного мотора);
- Тиск  $p_{поч}$ , що підводиться до агрегату;
- Розрахункову подачу  $Q$  (л / хв).

2) Після введення повного набору початкових даних, програма автоматично прораховує втрати тиску по довжині і місцеві втрати для всіх елементів досліджуваного агрегату.

3) Відповідно до заданої схемою розташування каналів і елементів в досліджуваному агрегаті, складаємо ланцюжка опорів для потоку робочих рідин.

4) У готові ланцюги елементів вводимо додаткові дані, що описують зміну досліджуваного параметра, наприклад, різні значення температури, інший тип рідини, геометричні розміри.

5) Отримуємо ряд діаграм зміни тиску, що характеризують вплив досліджуваного параметра на функції приводу.

Розглядається агрегат, елементи якого розташовані в наступному порядку:

вхід - лінія 1 - вхід в елемент №1 - елемент №1 - вихід з елемента №1 - лінія 2 - вигин - лінія 3 - вхід в елемент №2 - елемент №2 - вихід з елемента №2 - лінія 4 - трійник - лінія 5 - вхід в елемент №3 - елемент №3 - вихід з елемента №3 - слив.

Відповідно до таким розташуванням вносимо значення втрат тиску, а також початкове (заданий) тиск на вході, де  $\Delta P$  (Па) - місцеві втрати тиску,  $P_{\text{поч}}$  (МПа) - тиск, що підводиться до агрегату. В результаті маємо розрахункове значення тиску зливу.

б) Відповідно до поставленим завданням, результати розрахунку можуть бути представлені як у вигляді таблиць, так і в формі графічних залежностей, наприклад, такого змісту:

- a. Розподіл втрат тиску по шляху проходження рідини в агрегаті;
- b. Розподіл втрат тиску по шляху проходження рідини в напірній лінії;
- c. Розподіл втрат тиску по шляху проходження рідини в зливний лінії;
- d. Розподіл втрат тиску по шляху проходження рідини в агрегаті при заданому значенні навантаження;
- e. Розподіл втрат тиску по шляху проходження рідини в агрегаті при заданому значенні температури;
- f. Порівняльні характеристики для даного типу рідини при різних значеннях температури;
- g. Порівняльні характеристики при заданих значеннях температури і навантаження для різних типів рідини;

- h. Вплив температури на величину моменту гідромотора;
- i. Вплив температури і типу рідини на величину втрат ККД.

Розрахунок в таблиці фактично відповідає послідовному застосуванню таких формул і умов їх використання:

### Розрахунок втрат по довжині.

$$\Delta p = \frac{0.5 * \lambda * l * \rho * V^2}{d},$$

Де  $\rho$  - щільність рідини, кг / м<sup>3</sup>;  $l$  - довжина лінії, м;  $d$  - діаметр трубопроводу (лінії), м;  $V = \frac{Q}{S}$  - швидкість рідини, м / с;  $S$  - площа перерізу, м<sup>2</sup>. ( $S = (\pi * d^2) / 4$  - для круглого перетину;  $S = a * (b - 2R) + 2 * R * (a - 2R) + \pi R^2$  - для вікон не круглого перетину);  $\lambda$  - коефіцієнт тертя, який визначається за кількістю Рейнольдса і залежить від режиму течії рідини. При ламінарному плинні рідини ( $Re < 2300$ ):  $\lambda_{лам} = \frac{64}{\sqrt{Re}}$ .

При турбулентному плинні ( $Re < 2300$ ) коефіцієнт тертя залежить не тільки від числа Рейнольдса, але і від відносної шорсткості стінок каналу  $\Delta$ , наприклад:

$$- \text{якщо } \delta_{nl} \leq \Delta_{cp}, \text{ то } \lambda_{тур} = 0,1 \left( \frac{1,46 * \Delta_{cp}}{d_{тр}} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25},$$

де  $\delta_{nl} = \frac{62,8 * d_{тр}}{Re^{0,875}}$  - товщина плівки ламінарного шару;  $\Delta_{cp}$  - шорсткість поверхні;

$$- \text{якщо } \delta_{nl} \geq \Delta_{cp}, \text{ то } \lambda_{тур} = 0,3164 * Re^{-0,25},$$

де  $Re = \frac{V * d}{\nu}$  - число Рейнольдса для круглого перетину;  $Re_{пер} = \frac{V * 4 * R_{г}}{\nu}$

- число Рейнольдса для перетину довільної форми;  $R_{г} = \frac{S}{\Pi}$  - гідравлічний радіус.[12, 15]

### **Розрахунок втрат тиску в місцевих опорах.**

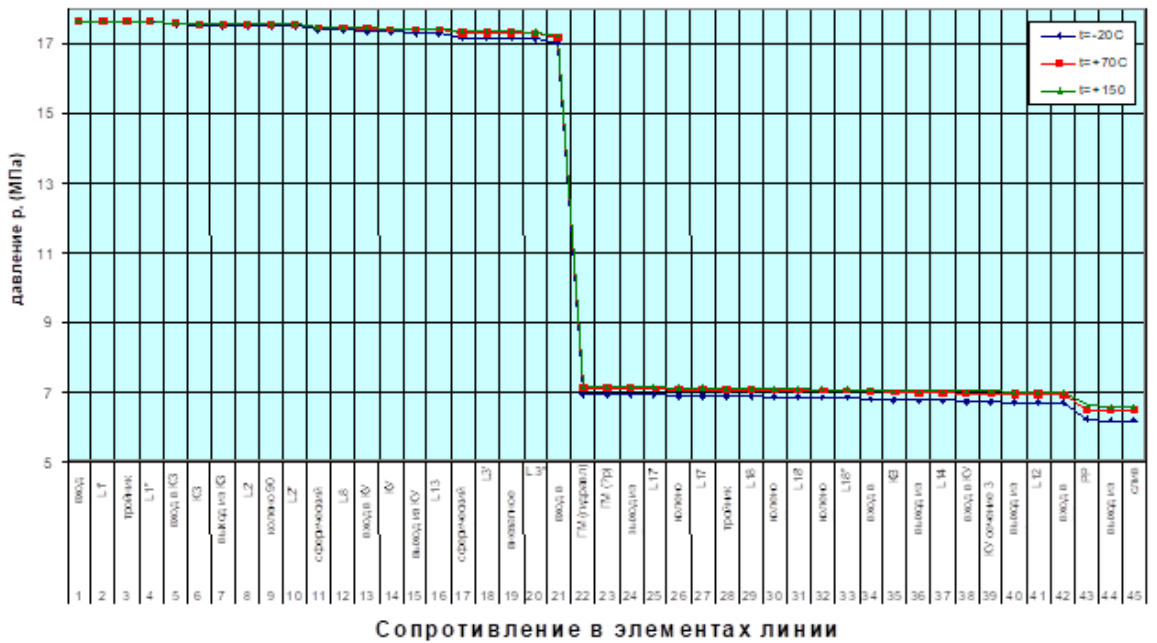
Втрати тиску визначаються за формулою:  $\Delta p = 0.5 * \rho * \xi * V^2$ ,

де  $\xi$  - коефіцієнт місцевих втрат.

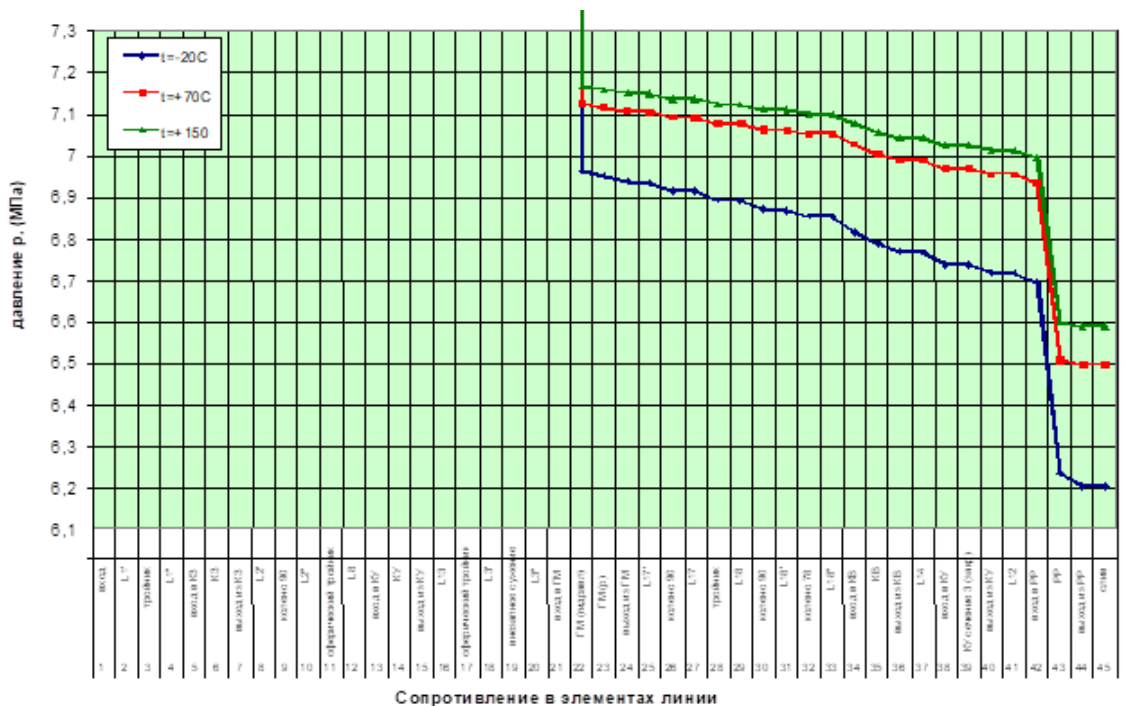
Значення швидкості визначається з урахуванням геометричних розмірів перетину місцевого опору і витрати для лінії, в якій це опір знаходиться. Величина коефіцієнта опору коригується при зміні температури робочої рідини за методом «еквівалентних» довжин, що дозволяє враховувати зміну властивостей і заміну типу рідини.

За допомогою розрахункової моделі розглянуто вплив температури рідини на роботу авіаційного приводу. Наприклад, задавши значення тиску в нагнітальному лінії і в зливній лінії можна визначити потужність, що підводиться до гідравлічного мотору. За величиною зовнішнього навантаження, що задається аеродинамічної силою, інерційним навантаженням і іншими факторами, і при відомій потужності, розраховуємо швидкість обертання вихідного валу двигуна і час випуску закрилків.

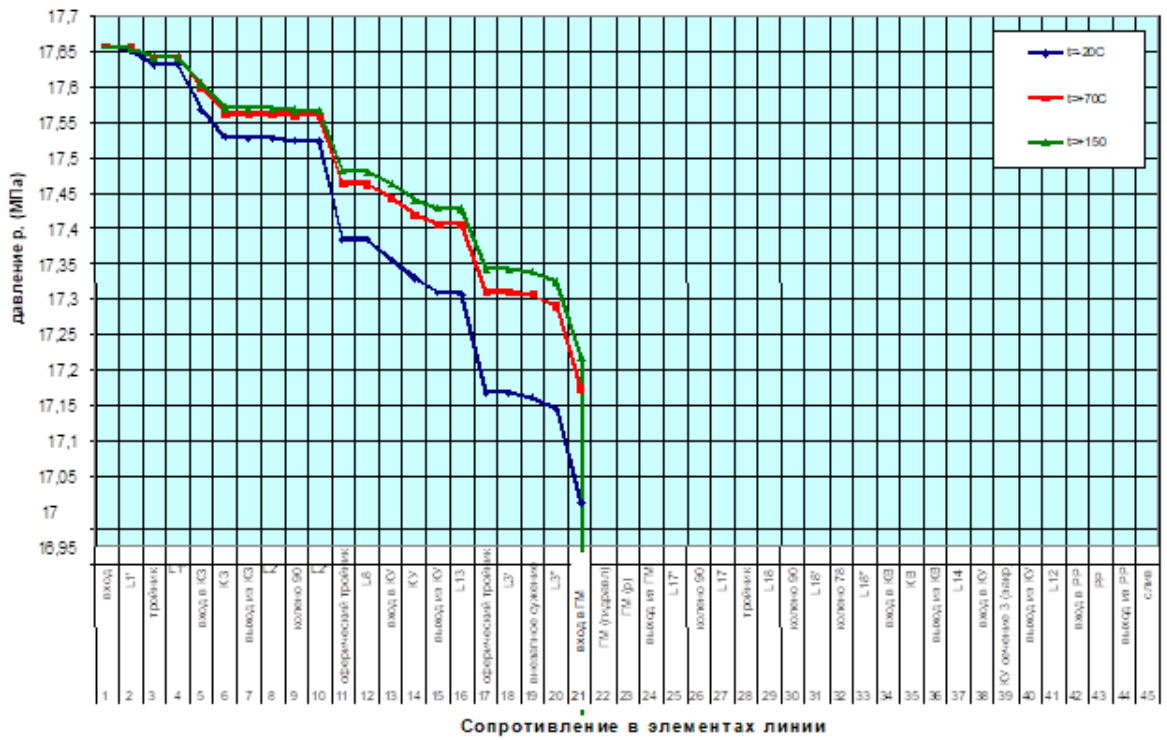
Для розрахункових експериментів були обрані характеристики двох видів рідини: авіаційного гідравлічного масла АМГ-10Б і негорючої гідравлічної рідини НГЖ-5У (в деяких експериментах НГЖ-4). Отримані в ході дослідження залежності для різних температур і типів робочої рідини представлені на рис. 2.8 - 2.11. Для більш наочного порівняння результатів розрахунку на рис. 2.12 - 2.15 наведені залежності для різних масел і граничних значень температур при роботі приводу. Використання в розрахунках програми Excel дозволяє збільшувати або зменшувати масштаб характеристик, що використано при розгляді напірної і зливної ліній. [5, 9]



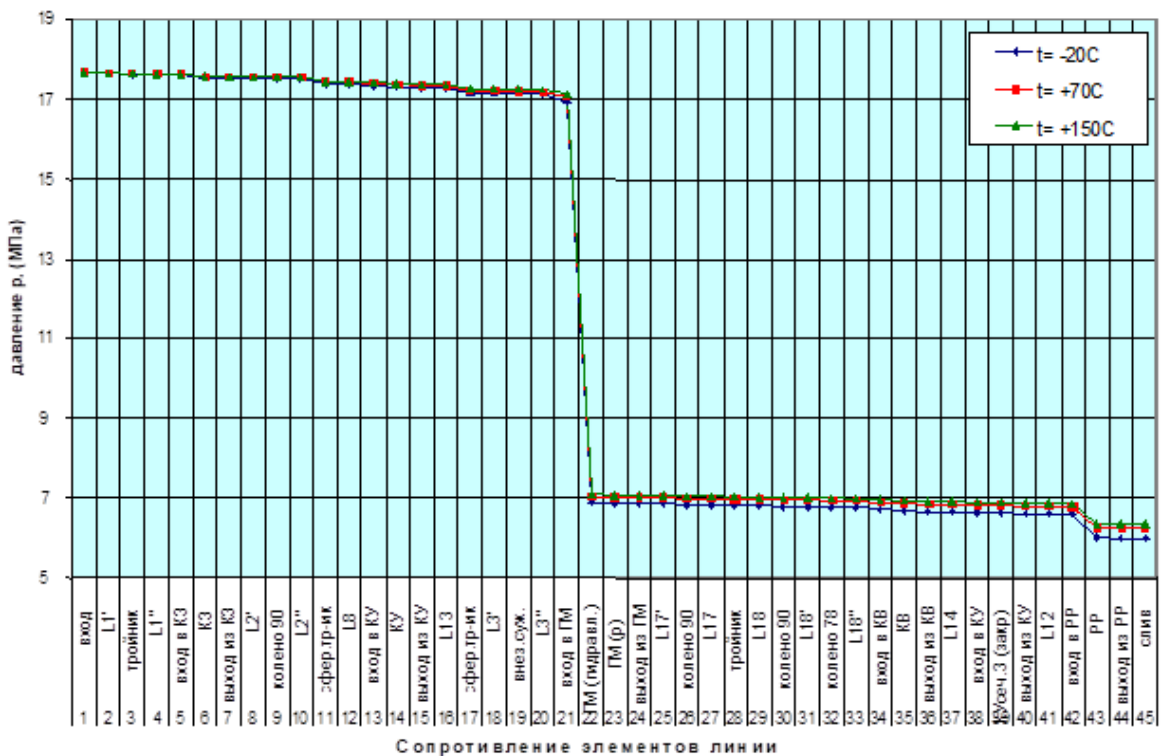
**Рис. 2.8.** Втрати тиску в гідросистемі приводу з робочою рідиною АМГ-10Б при температурі -20°C, +70°C та +150°C та номінальній витраті Q=15л/хв



**Рис. 2.9.** Втрати тиску в гідросистемі приводу (до гідромотору) з робочою рідиною АМГ-10Б при критичних температурах та номінальній витраті Q=15л/хв

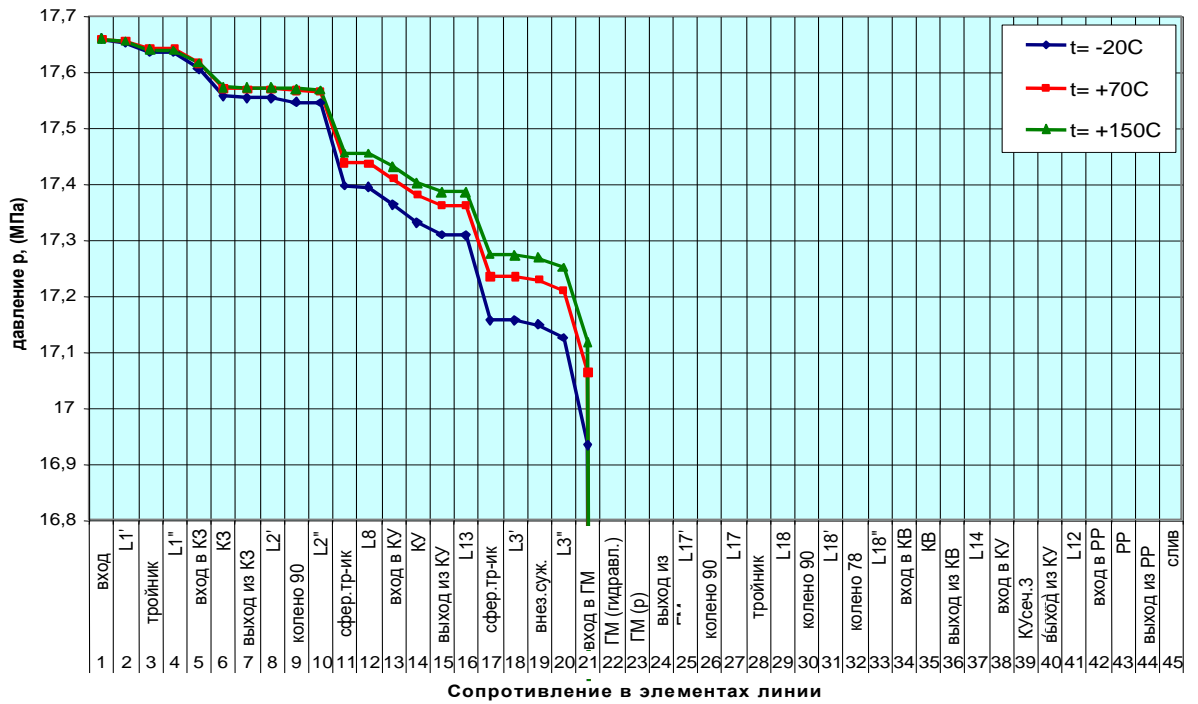


**Рис. 2.10.** Втрати тиску в гідросистемі приводу (після гідромотору) з робочою рідиною АМГ-10Б при різних температурах та номінальній витраті  $Q=15\text{л/хв}$

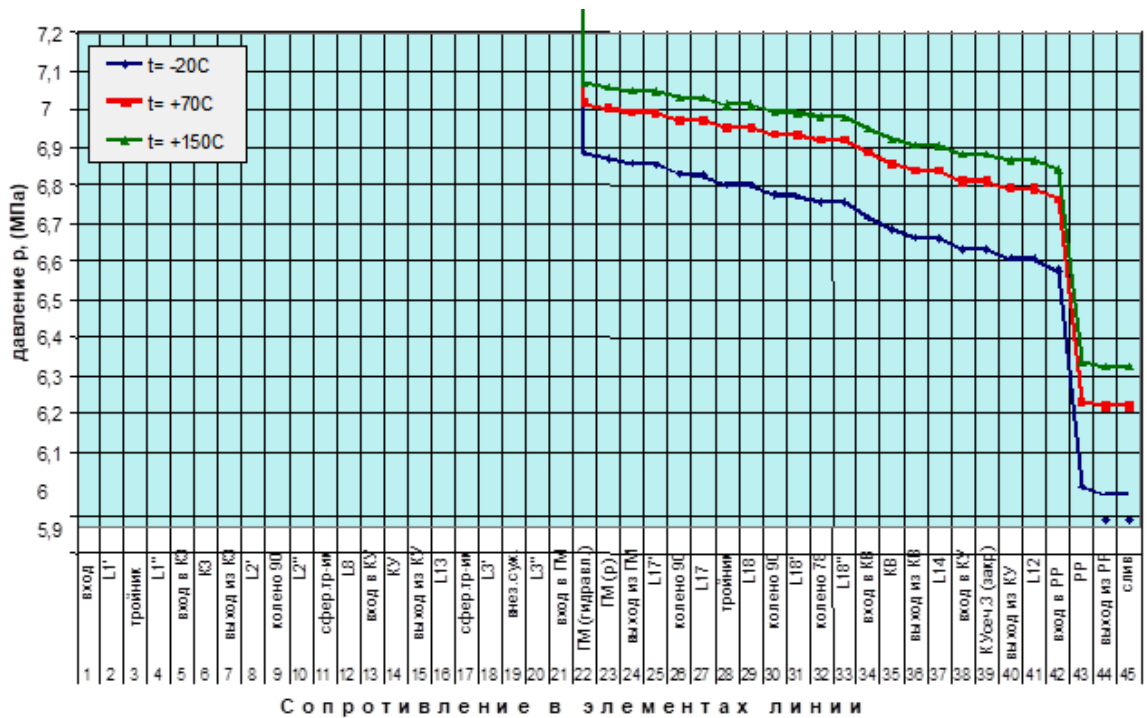


**Рис. 2.11.** Втрати тиску в гідросистемі приводу з робочою рідиною НГЖ-5У при критичних температурах та номінальній витраті  $Q=15\text{л/хв}$

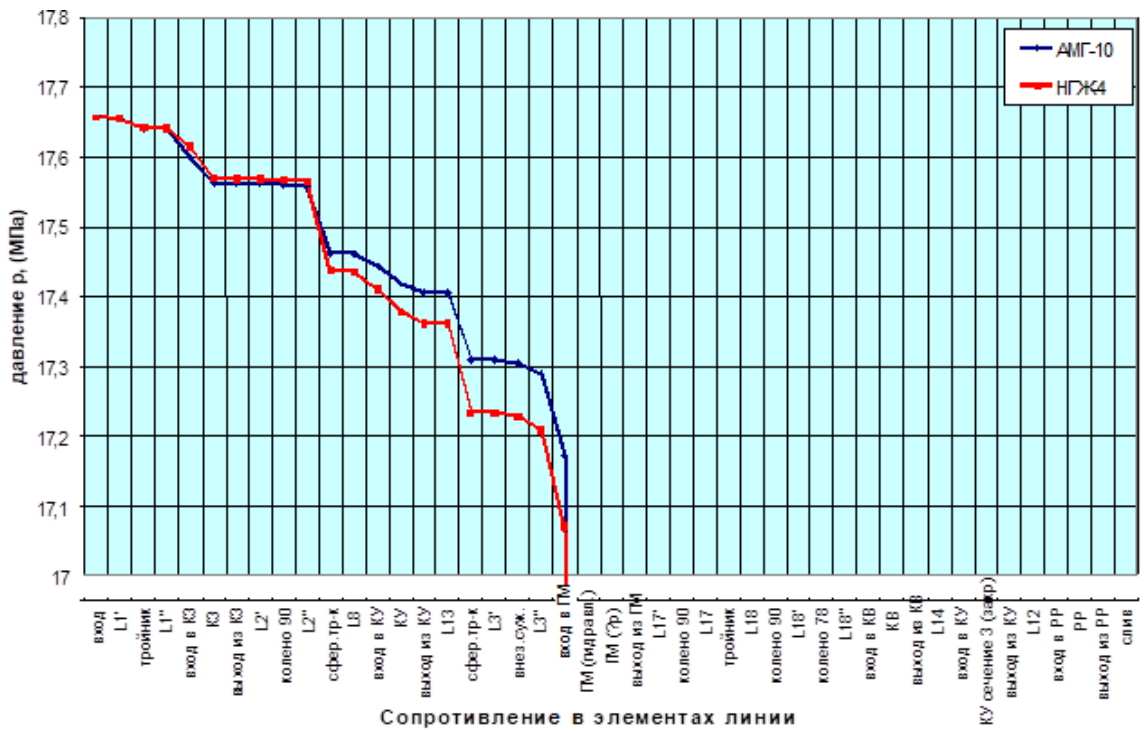




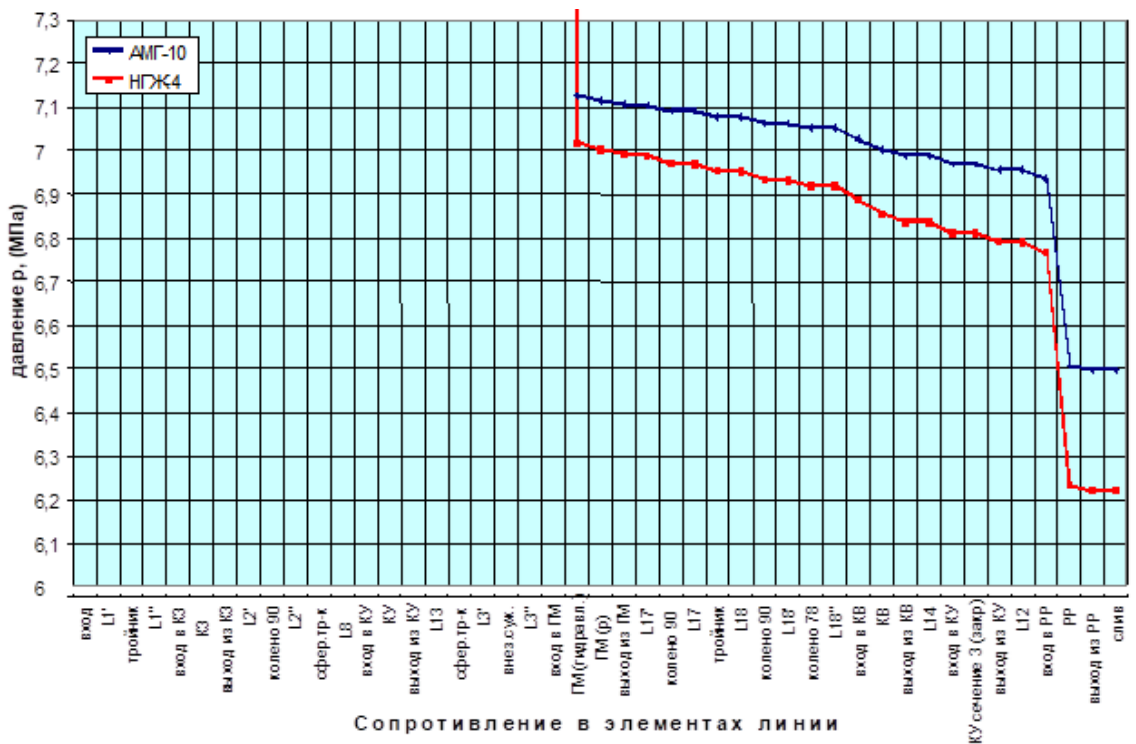
**Рис. 2.12.** Втрати тиску в гідросистемі приводу (до гідромотору) з робочою рідиною НГЖ-5У при критичних температурах та витраті  $Q=15\text{л/хв}$



**Рис. 2.13.** Втрати тиску в гідросистемі приводу (після гідромотору) з робочою рідиною НГЖ-5У при критичних температурах та номінальній витраті  $Q=15\text{л/хв}$



**Рис. 2.14.** Порівняльний графік тиску в гідросистемі приводу (до гідромотору) при номінальній витраті  $Q=15\text{л/хв}$  та робочою температурою  $+70^\circ\text{C}$  зі застосуванням різних мастил



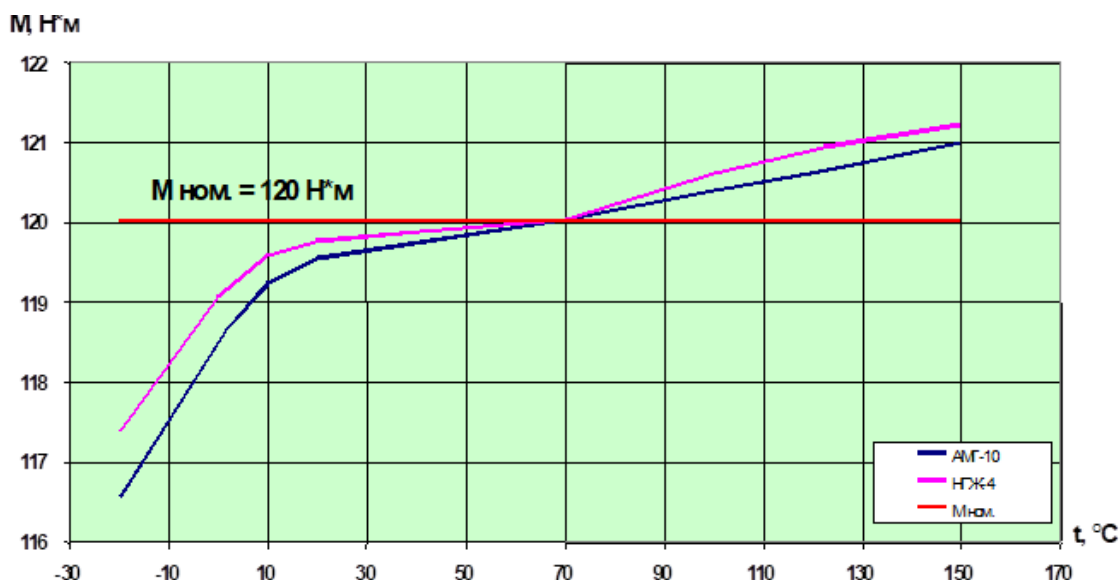
**Рис. 2.15.** Порівняльний графік тиску в гідросистемі приводу (після гідромотору) при номінальній витраті  $Q=15\text{л/хв}$  та робочою температурою  $+70^\circ\text{C}$  зі застосуванням різних мастил

На підставі отриманих в ході розрахункових експериментів залежностей можна прогнозувати зміну деяких характеристик гідроприводу, в тому числі при зміні умов експлуатації. Наприклад, зміна потужності гідромотора при зміні температури робочої рідини. [7, 12]

Потужність, що розвивається гідромотором, без урахування механічних втрат, може бути визначена за параметрами потоку робочої рідини, що розвивається моменту і кутової швидкості вихідного валу:

$$\left. \begin{aligned} N &= Q \cdot \Delta p \\ N &= \omega \cdot M \end{aligned} \right\}$$

Якщо розглянути режим роботи приводу з постійним числом обертів валу, і врахувати, що номінальне значення підводиться витрати - величина постійна, то момент на валу прямо пропорційний перепаду тиску на гідромоторі. В цьому випадку, розглянувши залежність втрат тиску в лініях гідромотора при змінах температури робочої рідини, отримаємо втрати розвивається мотором крутного моменту. З огляду на, що до мотору підводиться постійна потужність, величина моменту буде змінюватися відповідно до зміни втрат (рис.2.16).



**Рис. 2.16.** Залежність моменту на валу гідромотору від температури при номінальній витраті  $Q=15$ л/хв та частоті обертання  $n=200$  хв<sup>-1</sup>

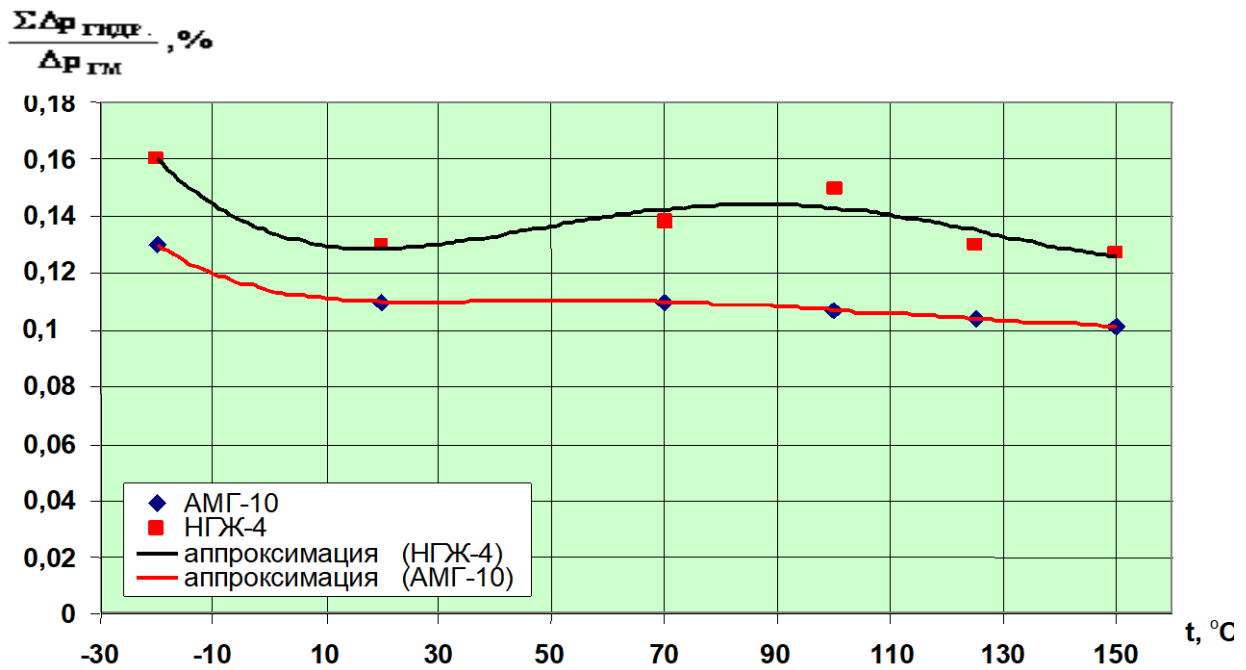
Крім чутливості приводу до температури рідини і величиною навантаження, розрахункова модель дозволяє оцінити коефіцієнт корисної дії всього гідроприводу, використовуючи для цього відношення корисної роботи

до затраченої енергії:  $\eta = \frac{A_{\kappa}}{A_3}$ .

У нашому випадку корисною роботою є обертання вихідного валу гідромотора з певним навантаженням і швидкістю, для виконання якої використовується енергія потоку рідини. Якщо знехтувати витоками і стисненням рідини, мірою корисною енергії є втрата тиску в гідромоторі при постійній витраті. Практично, вона наближається до 90% всіх втрат в гідроприводі. Витраченої енергією є втрата тиску на елементах і в гідравлічних лініях приводу  $\Sigma \Delta p_{\text{ГИДР.}}$ , включаючи гідравлічні втрати в гідромоторі. Використовуючи відмічені допущення, формулу для розрахунку ККД приводу можна записати у вигляді:

$$\eta = \frac{\Sigma \Delta p_{\text{ГИДР.}}}{\Delta p_{\text{ГМ}}}.$$

В ході попередніх розрахункових експериментів було визначено, що втрата тиску в гідросистемі авіаційного гідроприводу залежить від типу робочої рідини і температури, що призводить до зміни ККД приводу. На рис. 2.17 представлені розрахункові залежності такої зміни для двох типів авіаційних рідин. [2, 16]



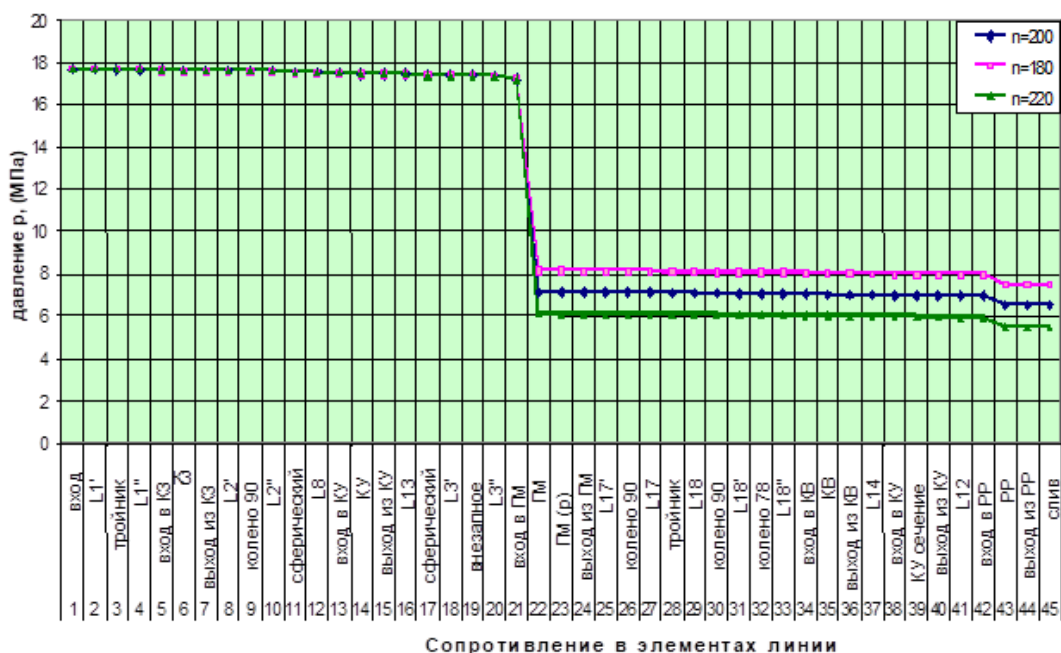
**Рис. 2.17.** Залежність втрат ККД гідроприводу від температури робочої рідини при номінальному числі обертів  $n=200 \text{ хв}^{-1}$  та витраті  $Q=15 \text{ л/хв}$

За допомогою розрахункових гідравлічних експериментів з моделлю приводу КПМ можна оцінити втрати енергії, викликані збільшенням навантаження і відхиленням швидкості обертання валу гідромотора від номінального значення, наприклад, на величину  $\pm 10\%$  (рис. 2.18).

Крім окремих залежностей, що характеризують вплив факторів на втрати тиску і потужності, може бути побудована загальна схема втрат тиску на гідравлічних елементах приводу. На підставі розрахункових даних, для оцінки ефективності роботи гідроприводу, побудована схема розподілу тиску уздовж траєкторії потоку на окремих гідравлічних елементах (рис. 2.19).

За розподіленої гідравлічної схеми приводу видно, що в залежності від температури робочої рідини значення втрат тиску по довжині і в місцевих опорах на кожному елементі змінюються нелінійно. Це явище викликане нелінійним зміною коефіцієнта тертя, який залежить від шорсткості каналу і товщини ламінарної плівки.

Також можна відзначити, що втрати в місцевих опорах і на тертя в каналах гідравлічних ліній становлять 53% від гідравлічних втрат в системі, з них 94% припадає на втрати в місцевих опорах.



**Рис. 2.18.** Втрати тиску в гідросистемі з робочою рідиною АМГ-10 при різних числах обертів гідромотору та номінальній витраті  $Q=15\text{л/хв}$

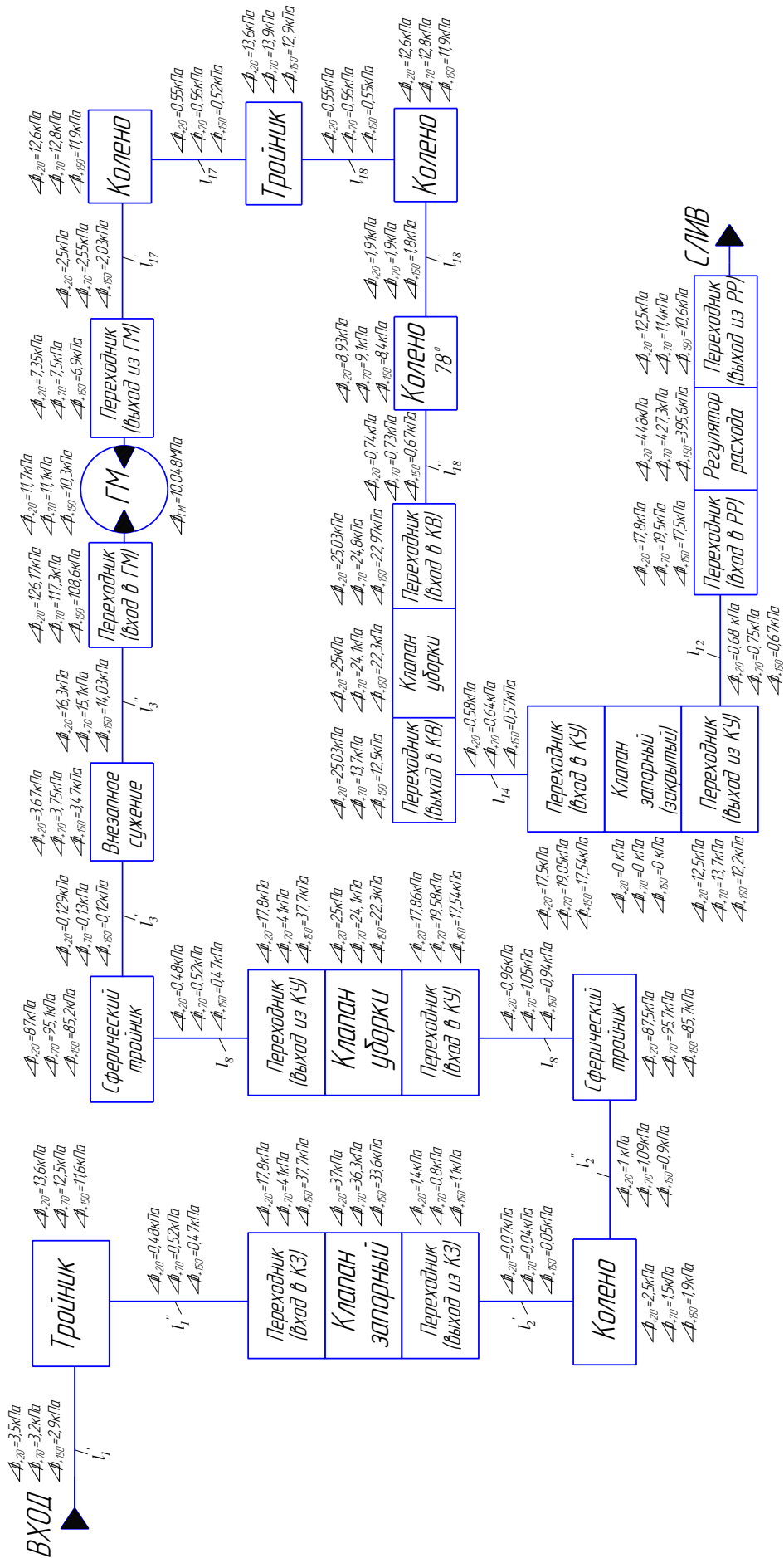
Відштовхуючись від отриманих результатів розрахунку, можна зробити висновок, що за допомогою зміни конфігурації гідроліній системи КПМ і максимально можливого скорочення «зайвих поворотів потоку» можна істотно змінити енерго-масові та масо-габаритні характеристики приводу. Розроблена гідравлічна модель авіаційного приводу дозволяє також проаналізувати втрати тиску в гідравлічній системі приводу зі зміною площі прохідного перетину і довжини каналів гідравлічних ліній.

Крім форми каналів, розрахункова гідравлічна модель дозволяє оцінити вплив геометричних розмірів перетинів і пов'язаної з ними середньої швидкості рідини. На рис. 2.20 наведені результати розрахунку для трьох значень витрати і двох типів робочої рідини (АМГ-10 та НГЖ-4).

Проведені розрахункові дослідження (рис. 2.20) не тільки підтверджують, але і дають кількісну оцінку того, на скільки збільшення діаметра каналів забезпечує зменшення втрат тиску в гідросистемі.

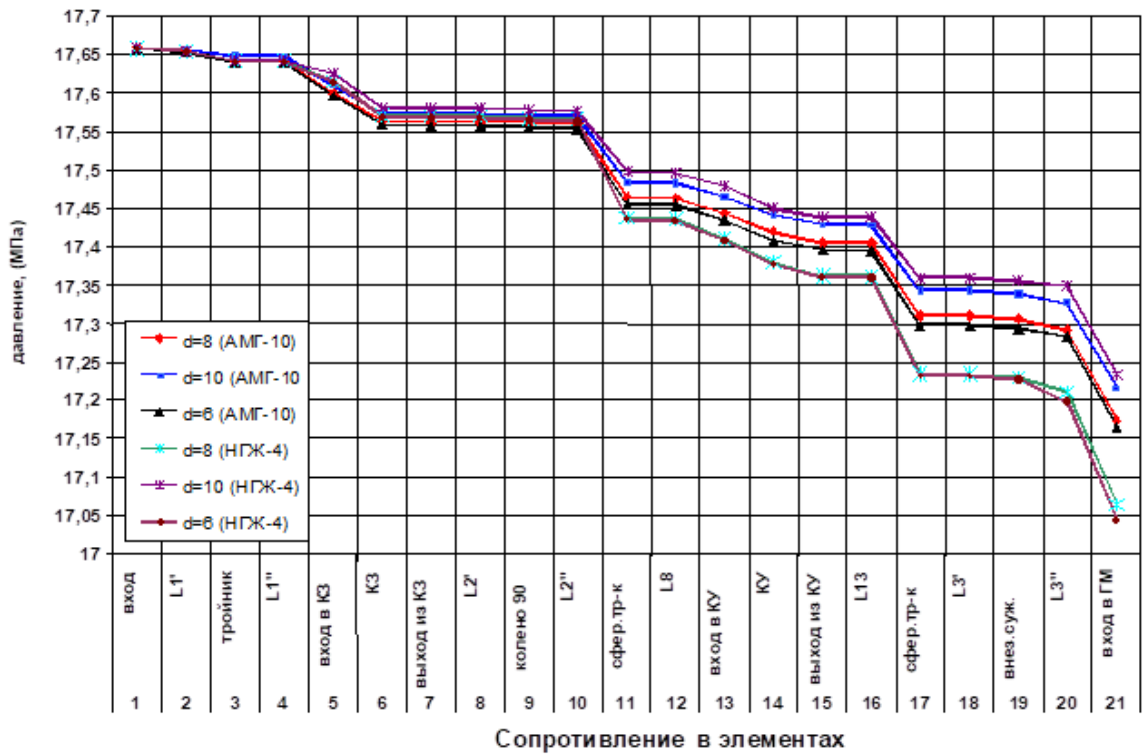
На підставі розрахункових експериментів з гідравлічної моделлю приводу встановлено, що втрати потужності обумовлені не тільки впливом в'язкості, а й істотною зміною щільності в розрахунковому діапазоні температур і тисків. [3, 13, 16]

Втрати потужності для робочої рідини АМГ-10 складають 9,23% (при + 150°C) і 12,27% (при 20°C). Для рідини НГЖ-4 ці втрати сягають 11,3% (при + 150°C) і 13,91% (при 20°C). Залежно від температури рідини нелінійно змінюється момент, що розвивається гидромотором, що призводить до змін ККД гідроприводу в діапазоні (0,125 - 0,16) для НГЖ-4 і (0,1 - 0,13) для АМГ-10.



**Рис. 2.19.** Розподілена схема падіння тиску в гідравлічній системі приводу для трьох значень температури робочої рідини





**Рис. 2.20.** Зміни втрат тиску в гідросистемі приводу в залежності від діаметру прохідного перетину клапану при температурі +70°C та номінальній витраті  $Q=15$  л/хв для двох типів робочої рідини

## РОЗДІЛ 3

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Даний розділ дипломної роботи виконаний відповідно до Закону України «Про охорону праці» (Постанова Верховної Ради України від 14 Жовтня 1994р).

У вище зазначеному законі визначено положення по реалізації конституційного права кожного громадянина України на охорону життя і здоров'я під час трудової діяльності. Він регулює відношення між власником підприємства або уповноваженим ним органом і працівником підприємства з питань безпеки та гігієни праці, встановлює порядок організації охорони праці в Україні. Закон поширюється на всі підприємства, установи та організації, також на всіх громадян України, що працюють та задіяні у роботі на цих установах.

#### **3.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при ТО, ремонті та випробуваннях системи механізації крила.**

Розділ виконано згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Стандартом встановлено загальні вимоги безпеки при технічному обслуговуванні літаків, виконуваному згідно до посібника з експлуатації і регламенту технічного обслуговування. [19]

Заходи безпеки при технічному обслуговуванні (ТО), ремонті й випробуваннях літака та його систем, регламентуються наступними чинниками:

- законодавством і галузевими стандартами безпеки праці;
- наставленнями по виробництву польотів, технічній експлуатації (ТЕ) і ремонту авіаційної техніки; регламентами технічного обслуговування (ТО);
- технологією іспитів та ремонту, інструкціями та керівництвом з безпеки праці і т.д.

При виконанні ТО на персонал можуть діяти наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- спецавтотранспорт, самохідні механізми, літаки, що рухаються;
- рухливі елементи механізації крила, які не захищені, рухливі елементи спецавтотранспорту (кабіни, що опускаються, поворотні платформи, сходи), механізмів (завантажувально-розвантажувальне устаткування літака);
- літак, що обривається;
- недостатня штучна освітленість робочої території;
- падаючі вироби авіаційної техніки, інструмент і матеріали при роботах по технічному обслуговуванню літаків на площинах, фюзеляжі і при роботі на висоті з застосуванням механізованих підйомників;
- струмені газу, що минає, і рідин із ємностей і трубопроводів, що працюють під тиском;
- підвищена запиленість і забруднення (загазованість) повітря в зоні ТО літального апарату;
- підвищена чи знижена температури поверхонь авіаційної техніки, матеріалів та устаткування;
- задирки та шорсткості, а також гострі крайки, на поверхні механізації, устаткування й інструмента;
- недостатність або навіть відсутність природного світла;
- зависоке розташування робочого місця (більш 1,3м від землі);
- хімічні речовини, що входять до складу застосованих матеріалів (паливно-мастильні матеріали, спецрідини, які потрапляють в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, слизові оболонки а також шкіряні покриви);
- фізичні (статистичні і динамічні) і нервово-психічні перевантаження.

### **3.2. Організаційні та конструкторсько-технологічні заходи для зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників**

#### **3.2.1. Інженерно-організаційні рішення по запобіганню можливих впливів небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працюючого.**

*Розділ виконано згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ.*

У дипломній роботі передбачені заходи, які запобігають впливу факторів на робітників, які зайняті обслуговуванням, ремонтом та іспитом системи. Основними інженерно-організаційними рішеннями дипломної роботи є встановлення пристроїв, які блокують чи запобігають помилкове прибирання та випуск механізації крила. [11, 19]

Проектування, організація і проведення технічного обслуговування системи, механізація та автоматизація технічних операцій виконуються для забезпечення чи усунення зменшення впливу небезпечних і шкідливих факторів, чому сприяють вбудовані в систему засоби контролю відмовлень і несправностей.

При наявності сигналу про відмовлення системи у бортовій автоматизованій системі контролю відмовлень і несправностей, виконується заміна чи ремонт агрегату, який вийшов з ладу. При демонтажі та монтажі агрегатів і вузлів системи необхідно попередньо стравити тиск у ГС і виключити напругу її живлення і вивісити на пускових пристроях знак, що замкнеться: "Не включати, працюють люди!". А також, щоб уникнути її включення вивішуються написи, що забороняють, відповідно, на кранах керування ГС.

При обслуговуванні системи механізації і гідросистеми можливі наступні шкідливі і небезпечні фактори:

- рухомі елементи літака;
- падаючий літак (що зірвався з домкрату, або ж при руйнуванні останнього);
- ударна хвиля;
- витікання рідини і газів із ємностей, що працюють під тиском, внаслідок розгерметизації, або руйнації трубопроводів;
- хімічні речовини (токсичні, подразнювальні, тощо), які застосовуються у виробництві, експлуатації і ремонті системи;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра і інфразвуку (при роботі допоміжної силової установки).

З метою запобігання можливої дії вище перелічених шкідливих і небезпечних факторів на працюючий персонал обов'язково необхідно:

1) Суворе дотримання правил і техніки безпеки при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті системи.

2) В гідравлічній системі для запобігання розриву трубопроводів, що працюють під тиском, штокових порожнин циліндрів, передбачена установка в системі запобіжних клапанів, що спрацьовують при досягненні граничного значення тиску (0,43 МПа), датчика тиску і сигналізатор тиску передбачені для блокування по тиску в амортизаторах.

3) Випробування мережі джерел тиску на міцність герметичність повинні виконуватися у повній відповідності з діючими нормами і правилами випробувань ємностей, що працюють під тиском. Випробування передбачено виконувати на спеціальних стендах, в спеціально обладнаних приміщеннях. Щоб запобігти впливу шуму на працюючий персонал, що виникає в процесі випробування системи, рекомендовано виконувати випробування системи взагалі (або окремих її агрегатів) в спеціальних звукоізованих кімнатах.

4) Щоб запобігти можливої дії на працюючий персонал токсичних та шкідливих речовин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті мережі передбачено такі заходи:

- заміна шкідливих речовин, що використовуються в виробничих процесах, найменш шкідливими;
- застосування персоналом засобів індивідуального захисту;
- спеціальна підготовка і інструктаж робочого персоналу;
- застосування прогресивних технологій виробництва (замкнений цикл, дистанційне керування і контроль);
- проведення попередніх і періодичних медичних оглядів людей, що мають контакт з шкідливими речовинами.

5) При експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті мережі передбачено суворе дотримання техніки безпеки і технології виконання робочих процесів.

### 3.2.2. Розрахунок освітлення цеху при збірці системи прибирання – випуск механізації крила

Складання, монтаж і кріплення трубопроводів, вузлів і агрегатів системи механізації крила виконується у загальному складальному цеху-ангарі.

В дипломній роботі, при проектуванні штучного освітлення потрібно: вибрати систему освітлення, тип джерела світла, тип світильників, визначити розташування світлових приладів, виконати розрахунки штучного освітлення та визначити потужності світильників та ламп. [20]

Для виробничих приміщень прийнято проектувати систему загального чи комбінованого освітлення. При виконанні робіт I—IV розрядів рекомендовано використовувати, комбіновану систему освітлення, так як досягнення потрібної освітленості при загальній системі освітлення вимагає великих витрат електроенергії і є досить недоцільним. З цієї ж точки зору надається перевага локалізованому освітленню, в тому числі й в системі комбінованого, дотримуючись допустимих норм нерівномірності освітлення. Освітленість робочої поверхні, яку створюють світильники загального освітлення в системі комбінованого, необхідна бути не менше 10% нормованої для комбінованого, однак у всіх випадках не менше 150 лк при газорозрядних лампах і 50 лк — при лампі розжарювання.

Перевагою системи загального освітлення є те, що вона дає можливість більш рівномірно розподілити світлову енергію.

При виборі джерела світла, необхідно надавати перевагу люмінесцентним лампам, які мають більшу енергетичну економічність. Також за спектральними характеристиками вони максимально наближаються до природного світла, що доцільно при використанні суміщеного освітлення.

При освітленні виробничих приміщень, стіни та стеля яких мають високі відбивальні властивості, необхідно використовувати світильники переважно прямого світла.

Розміри приміщення:  $A \times B = 80 \times 60$  (м).

Висота підвісу світильників:  $H_p = 16,4$  (м).

Найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0.5 до 1.0 (мм).

В залежності від розмірів об'єкту розрізнення встановлюємо розряд зорової роботи – 4, підрозряд – б).

Контраст об'єкту розрізнення з фоном – середній.

Характеристика фону – середня.

Мінімальне значення освітлення газорозрядними лампами  $E_n=200$  (лк).

Визначимо індекс приміщення:

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}; \quad \varphi = \frac{80 \cdot 60}{16,4 \cdot (80 + 60)} = 2,09.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку в приміщенні  $\eta = 0.6$

Прийmemo коефіцієнт запасу освітлення  $k = 1.5$  та коефіцієнт нерівномірності освітлення  $z = 1.1$ .

$$\text{Середнє освітлення цеху дорівнює: } E_{cp} = \frac{n \cdot F_{л} \cdot \eta}{S \cdot k};$$

$F_{л}$  - світловий потік від однієї лампи (люмен).

Обираємо лампи типу Philips 3030 SMD LEDS LSLBL,  $F_{л} = 50000$ лм,

де  $n$  – число ламп у приміщенні;

$S$  - площа робочої поверхні ( $m^2$ );

$$S = A \cdot B = 80 \cdot 60 = 4800 m^2$$

$$n = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta \cdot F_{л}} \quad n = \frac{200 \cdot 4800 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{0,6 \cdot 50000} = 52,8$$

Прийmemo кількість ламп рівною 54.

Тип та кількість світильників – ЛСП-2, 27 світильників.

$$\text{Тоді: } E_{cp} = \frac{54 \cdot 50000 \cdot 0,6}{4800 \cdot 1,5} = 225 \text{ (лк)} > 200 E_n$$

Висновок:

Згідно розрахунку освітлення у цеху складання ГС не менш допустимої норми освітлення зі ДБН В.2.5-28-2006

$$E_n=200 \leq E_{cp} =225 \text{ лк.}$$

### **3.3. Пожежна і вибухова безпека при технічному обслуговуванні системи прибирання – випуск механізації крила**

Розділ виконано у відповідності з ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ, ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. [19]

В дипломній роботі передбачено проведення ряду заходів, які спрямовані на забезпечення пожежної та вибухової безпеки.

Основними засобами запобігання небезпеки становлять наступні заходи:

- ізоляція теоретично можливих джерел загоряння від місць, які можуть контактувати з електропроводкою, розміщення агрегатів системи на відстані від небезпечних у пожежному відношенні зон і агрегатів, що можуть бути потенційним джерелом загоряння;
- витримувати максимальну можливу віддаленість між балонами високого й низького тисків і електричною проводкою;
- наявність пожежних приладів.

Агрегати системи розташовуються в центроплані та на передньому та задньому лонжеронах крила, тому при розгерметизації системи та витіканні гідравлічної рідини і її загорянні буде пошкоджена електрична проводка живлення агрегатів системи. Тому потрібно використовувати вогнегасячий склад, який не проводить електричний струм. Це можуть бути газові вогнегасячі склади, такі як - двоокис вуглецю, інертні гази й ін.

В гідравлічній системі спроектованого літака використовується НГЖ5-У, що є пальною речовиною. Для запобігання пожежі в системі відповідно до ГОСТ 12,1.004-91 ССБТ передбачено:

- підвищена герметичність з'єднань агрегатів і трубопроводів, і при можливості заміна нарізних сполучень звареними;
- заземлення літального апарату на стоянці.

В дипломній роботі передбачено виконання мережі з рядом конструктивних особливостей, що дає змогу забезпечити безпеку мережі в пожежному відношенні; підбір вибухобезпечної робочої рідини; беззаперечне



виконання інструкції з техніки безпеки під час стендових випробувань системи.

Одна із основних причин пожежі на літаку – займання речовини що витікає. До основних засобів запобігання цього належать: ретельне дренажування рідини із ймовірних місць займання; забезпечення вентиляції, за допомогою якої відбуватиметься збіднення паливо-повітряної суміші, а також, якщо можливо, ізоляцію потенційних джерел запалювання.

Конструктивні особливості системи.

З метою забезпечення пожежної та вибухової безпеки в дипломній роботі передбачено виконання мережі джерел тиску, яка містить в собі ряд конструктивних особливостей:

- електричні компоненти, які експлуатуються в зонах можливих витоків робочої рідини, відповідають всім вимогам з пожежної і вибухової безпеки. В результаті іскрення вони не можуть бути джерелом запалювання, а їх поверхні мають нижчу температуру, ніж температура самозапалення рідини;
- металічні трубопроводи з робочою рідиною знаходяться на максимальній відстані від електричної проводки (для запобігання іскрення між проводкою і трубопроводами);
- присутня достатня вентиляція в зоні розміщення мережі (для збіднення паливо-повітряної суміші);
- джерела ймовірних витоків рідини усуваються за допомогою встановлення гумових ущільнень;
- у справній системі зовсім відсутні умови для можливого запалення робочої рідини, так як температура поверхонь, з якими стикається рідина, менше ніж температура самозапалення робочої рідини;
- трубопроводи систем не потрібно розташовувати у відділеннях, де робоча рідина може потрапити на гарячі деталі, що можуть викликати самозапалення. При виникненні пожежі передбачено проводити гасіння за допомогою вогнегасників ОВП-100. Також можна використовувати

наступні методи гасіння пожежі: розпилена вода, піна, пісок; при об'ємному гасінні – вуглекислий газ, склад СЖБ, склад “3,5” та пар. У випадку загоряння у робочому приміщенні використовують наступні методи пожежогасіння: розпилену воду, піну, вогнегасячі порошки П-2АП, П-2АПМ і ПСБ-3; ПСБ-3, Пірант-АН, ПФ або ПХК П-2АП, Пірант-А, Пірант-АН, П-2АП, ПСБ-3, ПФ, Пірант-А.

Вогнегасники можуть бути переносні та стаціонарними. У авіації застосовуються обидва типи.

До основних типів вогнегасників належать:

- порошкові вогнегасники, повна маса яких складає не більше 20 кг. Застосовуються вони для гасіння всіх класів пожеж. Мають широкий діапазон температур експлуатації. Вогнегасники застосовуються для гасіння нафтопродуктів та легкозаймистих рідин, горючих матеріалів, та для гасіння займання електроустановок, які знаходяться під напругою до 1000 В;

- вуглекислотні вогнегасники, використовуються з метою гасіння займання різного типу електрообладнання, що знаходяться під напругою до 10000 В. Застосовуються ефективно при об'ємному гасінні і якщо для гасіння пожеж потрібні «чисті» вогнегасячі складові, непошкоджуючі обладнання чи об'єкти (ЕОМ, радіоелектронну апаратуру). Вогнегасяча речовина – двоокись вуглецю ( $\text{CO}_2$ ). Вуглекислота при попаданні на займаний об'єкт, охолоджує його і призводить до гасіння. Після випаровування вона не залишає ніяких слідів.

- повітряно-пінні вогнегасники доцільно використовувати для гасіння тліючих матеріалів, а також горючих рідин. Конструктивне виконання насадок забезпечує подачу повітряно-механічної піни середньої та низької кратності. Ефективність повітряно-пінних вогнегасників значно зростає при використанні в якості зарядки фторованих плівкоутворюючих піноперетворювачів. В залежності від

принципу створення тиску в корпусі вогнегасники діляться на закачні та з високим тиском.

У цеху збірки механізації крила найдоцільніше використовувати такі вогнегасники: ОП-50 (місткість - 50л, маса заряду-45 кг, довжина викиду - 6 м, час викиду - 20 с, вогнегасяча здатність- 10а;233В.); ОУ-80 (об'єм - 2х40 л, маса заряду - 50 кг, вихід заряду не менше - 20 с, довжина струменя не менше - 4 м, вогнегасяча здатність - 144В); ОВП-50 (маса заряду – 42,5 кг, довжина викиду - 4 м, час викиду - 40 с, вогнегасяча здатність - 144В); ОУ-2, ОУ-5, ОУ-40, ОП-100.

### **3.4. Інструкція з охорони праці та техніці безпеки при обслуговуванні**

Перед початком робіт необхідно:

- заземлити літак;
- встановити літак на підйомники;
- встановити огороження з червоними прапорцями в районі основних і носової опори;
- перевірити наявність тиску в гідросистемі;
- розташувати засоби гасіння пожежі біля літака.

Під час роботи необхідно:

- дотримуватись інструкцій по виконанню даних робіт;
- під час роботи системи обов'язкова наявність персоналу в кабіні пілотів;
- використовувати стандартне обладнання;
- при роботі з гідравлічною системою стравити тиск в системі, при зливів рідини не допускати її проливання.

Спеціальні вимоги. Після ТО та ремонту системи її необхідно випробувати на функціонування, для цього передбачуються наступні правила по техніці безпеки:

- при виконанні робіт необхідно дотримувати вказівки по техніці безпеки, які викладені в інструкції по експлуатації системи та вимоги по техніці безпеки при виконанні робіт на об'єкті та при відпрацюванні об'єкту під струмом;
- до виконання відпрацювання системи допускаються працівники, які вивчили документацію по системі та здали залік по техніці безпеки;
- забороняється знаходитись стороннім особам всередині літака та в зоні огороження та виконувати роботи не пов'язані з відпрацюванням;
- між особами, які проводять відпрацювання, повинен бути забезпечений чіткий зв'язок по переговорному пристрою.

Таким чином, при дотриманні всіх правил і інструкцій, дані інженерно-організаційні рішення зводять до мінімуму вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів на людей.

### **3.5.Вимоги безпеки при роботі із застосуванням робочої рідини НГЖ-5У**

За ступенем дії на організм людини у відповідності з класифікацією шкідливих речовин згідно ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ робоча рідина НГЖ-5У належить до 2-го класу небезпеки. Рідина НГЖ-5У легко проникає в організм людини через непошкоджену шкіру й має загальнотоксичні властивості. У виробничих умовах при роботі з рідиною повинні дотримуватись запобіжні заходи, що виключають попадання рідини всередину організму, а також на шкіру та слизові оболонки (сильна подразнююча дія). Згідно ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ робоча рідина НГЖ-5У належить до важкозаймистих речовин та являє собою висококіпучим продуктом із температурою займання 202°C; температура спалаху на відкритому тиглі вище 155°C, а температура самозаймання вище 590°C. [11, 20]

При загорянні рідини НГЖ-5У застосовуються наступні засоби пожежогасіння: тонкорозпилена вода, піна, вуглекислотні вогнегасники.

При роботі з рідиною НГЖ-5У необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту згідно типовим галузевим нормам, які затверджені встановленим порядком.

Робітники повинні бути проінструктовані й навчені безпечним способам праці при роботі з рідиною; повинні бути оснащені окулярами ЕНЗ-Т, респираторами типу РУ-60М з пароном марки А та засобами спеціального захисту відповідно до ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ та ГОСТ 12.4.103-83 ССБТ

Робітники, які мають безпосередній контакт з рідиною НГЖ-5У, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту згідно "Типовим галузевим нормам" №13 від 1988 р.: чоботами марки 158ФТ за ТУ38-6-60-69; захисними рукавицями, стійкими до дії рідини НГЖ-5У, типу БНЖ пза ТУ38-106-530-89 або рукавицями антиокислюючими №374 марки БЛ-1-М за ТУ 53-66-73, або рукавицями гумовими технічними типу 1, виду Б за ГОСТ 20010-93, або рукавицями хірургічними; фартухами й рукавицями, стійкими до робочої рідини НГЖ-5У.

Спецодяг, сильно забруднений рідиною НГЖ-5У, перед пранням повинен підлягати хімчистці (перхлоретиленом, трихлоретиленом).

У приміщеннях для зберігання й експлуатації рідини НГЖ-5У забороняється поводитись з відкритим вогнем, а приміщення повинно бути оснащено приточно-витяжною вентиляцією згідно до ГОСТ 12.4.021-75 ССБТ, а місця інтенсивних виділень парів – місцевими відсмоктувачами.

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1. Ефективність розробленої системи керування та її вплив на загальну екологію

Охорона навколишнього середовища є надзвичайно актуальною проблемою. Джерела забруднення біосфери з кожним днем стають все більш численними. Якщо розглянути джерела забруднення більш глобально, то можна бачити три основні групи: забруднення промисловими відходами, забруднення пестицидами (хімічними сільськогосподарськими добривами), радіоактивне забруднення. [11, 19, 20]

Одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища є транспорт. За статистичними даними 60% забруднень біосфери припадає на автомобільний і авіаційний транспорт. В атмосфері накопичується все більша кількість токсичних газів, джерелом яких є продукти згоряння всіляких видів палив і продукти діяльності промислових підприємств. Це відноситься до авіабудування і до авіаперевезень. Наприклад, реактивний літак, перелітаючи через Атлантичний океан, витрачає 35 тонн кисню. З огляду на обсяг перевезень на сьогоднішній день, можна припустити, що кількість витрачається кисню або вкрай близько до кількості вироблюваного в результаті діяльності реакцій фотосинтезу, або перевищує цю кількість, що призводить до настільки сумного стану біосфери, яке людство має зараз.

Активно триває вирубка лісів, які є "зеленими легенями" планети, що призводить до постійного збільшення вмісту вуглекислого газу, а так як він поглинає інфрачервоних промені, то постійне збільшення цього газу в повітрі призводить до підвищення температури на всій Земній кулі.

Оскільки географічне положення промислових, в тому числі авіабудівних, центрів збігається з положенням адміністративних центрів з великою щільністю населення, то забруднення атмосфери досягає максимуму в великих урбанізованих містах, що тягне за собою погіршення генофонду населення цих міст.

Смог, який представляє собою токсичний туман з високим вмістом кіптяви і сірчистого газу, є причиною загибелі, хвороб, виродження тисяч людей і тварин.

Бездушне використання природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища призводить до вимирання цілих видів тварин, рослин, корисних мікроорганізмів, що в свою чергу призводить до порушення екологічного балансу планети в цілому і появи "ефекту бумеранга" - корисні і безпечні форми життя набувають смертельну загрозу для людини в слідстві мутації і переродження (те ж саме спостерігається і у людини - народження потворних і мутівіровавших людських організмів і їх окремих органів).

Було б помилково думати, що багатства Земної кулі невичерпні і що відходи людської діяльності можуть розсіятися в біосфері, не завдаючи їй шкоди. Зміна ставлення до питань, пов'язаних з охороною навколишнього природного середовища та раціональним використанням природних ресурсів, має велике екологічне і соціальне значення.

Як відомо, велика частина забруднень пов'язана з функціонуванням авіаційної галузі народного господарства. Існуючі технології не завжди актуальні з точки зору екології. На частку сучасного інженера випало завдання розробляти нові, науково обґрунтовані методи, які виходять із ідеї збереження біосфери, що і пропонується в даному дипломному проєкті.

В умовах швидкого розвитку авіаційної техніки та виробничої бази з обслуговування та ресурсу повітряних суден, охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів є важливою соціально-економічним завданням розвитку галузі.

#### **4.2. Порівняльний аналіз матеріало- і енергоємності виробництва існуючої і розроблюваної системи управління закрилками**

Система керування закрилками літака МВЛ, розроблена в даному дипломному проєкті, відрізняється від базової тим, що замість двох шарико

підйомників на кожному полукриле літака, використовуються три, шануй дозволяє істотно поліпшити злітно-посадочні і льотні характеристики, а також підвищити аеродинамічну якість крила, що несе в собі такі переваги: скорочення довжини розбігу і пробігу, максимальне використання енергетичних характеристик двигунів і одночасно економія палива на всіх режимах польоту, ніж зводиться до мінімуму екологічні збитки від викидів в біосферу шкідливих і емісійних речовин.[11]

Впровадження у виробництво розробленого в даному проекті комбінованого приводу управління закрилками, дозволяє різко зменшити забруднення навколишнього середовища при виробництві, ремонті, обслуговуванні агрегату завдяки застосуванню самозмащувальних покриттів типу БФГ-50, а також застосування герметиків в маловідповідальних вузлах агрегату, що виключає потоку змащувальних і захисних засобів, що застосовуються в агрегаті.

Застосування запропонованої в проекті стратегії обслуговування "за технічним станом" дозволяє різко скоротити шкідливі викиди і відходи, що утворюються в процесі роботи системи і комбінованого приводу, а при їх утворенні - легке і безпечне їх видалення з подальшою утилізацією на самому підприємстві - виробнику або експлуатанта, що знижує собівартість системи і підвищує безпеку при ремонті і обслуговуванні системи.

Застосування в якості мастила рідини французького виробництва типу "VICOIL" FH-15 дозволяє застосувати процес вторинного використання відпрацьованої рідини шляхом її перегонки і очищення в центрифугах і фільтраційних ректифікаційних колонах. Це дозволяє різко зменшити її вартість і істотно зменшити екологічну шкоду від її застосування, так як таким шляхом легко вирішується питання утилізації відпрацьованої мастила.



### 4.3. Оцінка зменшення екологічного збитку від витрати матеріалів, напівфабрикатів і виробів при впровадженні спроектованої системи

Оскільки електрична, гідравлічна та більша частина механічних агрегатів для спроектованої системи управління закрилками запозичена у базової системи управління, оцінку зменшення екологічного збитку будемо виробляти по заміні і додаванню деяких вузлів і агрегатів системи.

За попередніми оцінками, модернізація системи управління закрилками літака МВЛ, описана в даному дипломному проекті, принесе економію маси в 10 кг. [20]

Таким чином, можна прорахувати чисту масу спроектованої системи, використовуючи формулу:

$$M_{np} = M_a - \sum_{i=1}^n M_{z_i} + \sum_{j=1}^v M_{Д_j},$$

Де:  $M_{np}$  – маса спроектованої системи;  $M_a$  – маса аналогу (базової системи);  $\sum_{i=1}^n M_{z_i}$  – маса заміненних і-тих деталей;  $\sum_{j=1}^v M_{Д_j}$  – маса встановлених (спроектованих) j-тих деталей.

Виконуємо обчислення:

$$M_{np} = 85 - 45 + 40 = 80 \text{ кг.}$$

Застосовуючи коефіцієнт використання матеріалу  $K_n$  для пристрою базового аналога і спроектованого зразка системи, визначасмо масу сировини і матеріалів для обох систем управління закрилками:

$$\bar{M}_i = \frac{M_i}{K_n \times M_i},$$

Де  $\bar{M}_i$  – маса сировини та матеріалів, які використовуються при виробництві і-тої системи;  $M_i$  – маса і-ої системи;  $K_i$  – коефіцієнт використання матеріалу для і-тої системи.

Виконуємо обчислення:

$$\overline{M}_i = \frac{85}{0,7 \times 85} = 121,42 \text{ кг};$$

$$\overline{M}_{np} = \frac{80}{0,8 \times 80} = 100 \text{ кг}.$$

Визначимо екологічний збиток, що заподіюються аналогом (базової) системою і спроектованої системою відповідно:

$$Y_i = \overline{M}_i \times y_i,$$

Де:  $Y_i$  – оцінка збитку, який наноситься і-тою системою;  $\overline{M}_i$  - маса сировини та матеріалів, які використовуються при виробництві і-тої системи;  $y_i$  – коефіцієнт, який враховує зміни, які внесені в і-ту систему.

$$Y_i = 121,42 \times 100 \times 10^{-3} = 12,142 (\text{долл.}).$$

$$Y_{np} = 100 \times 16 \times 10^{-3} = 1,6 (\text{долл.}).$$

Як видно, екологічний збиток від впровадження спроектованої в даному дипломному проекті системи управління закрилками літака МВЛ, в 1,5 раз менше, ніж шкода, яка завдається виробництвом базової системи.

## ВИСНОВКИ

За результати магістерської роботи можна зробити наступні висновки:

1. В магістерській роботі досліджено та розроблено гідромеханічну систему прибирання-випуску механізації крила ближньомагістрального вантажного літака, яка відповідає вимогам АП-25.
2. В науковій частині магістерської роботи було виконано:
  - аналіз роботи комбінованого приводу механізації крила;
  - побудовано розрахункову гідравлічну модуль приводу;
  - розрахунок елементів приводу;
  - проведення дослідів роботи приводу з різними типами мастил, а саме АМГ-10 та НГЖ-5У;
  - за результатами виконаних дослідів, виконано зміни в конструкції приводу.
3. В розділі «Охорона праці» проведений аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, розроблені заходи, які дозволяють підвищити безпеку праці.
4. В розділі «Охорона навколишнього середовища» виконаний аналіз ефективності спроектованої системи керування, та її вплив на загальну екологію.
5. Результати магістерської роботи можна використовувати при проведенні доробок системи прибирання-випуску механізації крила літака-прототипу Ан-178.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Руководство по эксплуатации самолета Ан-148.
2. Руководство по технической эксплуатации Ан-148. ГП АНТК им. О.К.Антонова. – Киев, Украина: 2006г.
3. Руководство по эксплуатации КППМ 148Н.
4. Абрамов Е.И., Колисниченко К.А., Маслов В.Т. "Элементы гидроприводов", Киев, "Техника", 1977г.
5. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 1991г.
6. Авіаційні правила. Частина 25. Норми льотної придатності літаків транспортної категорії. Міждержавний авіаційний комітет. К.:1994. – 322 с.
7. Киселёв П.Г. Справочник по гидравлическим расчётам.М.: Энергия, 1976.
8. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы/ Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. -432 с.
9. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975.
10. Охрана окружающей среды в ГА, 1992 г.
11. Применение многощелевых закрылков на реактивных самолётах. О.В. Флоринский, 1997 г. – 16 с.
12. Системи керування рухом повітряних кораблів. Терміни та визначення. ДСТУ 3249-95.– К.: Держстандарт України,1996. – 16 с.
13. Гуськов Ю. П. Управление полетом самолета: Учебник для авиационных вузов / Ю.П. Гуськов, Г.И. Загайнов. Под общ. ред. Г.В. Александрова. – М.: Машиностроение, 1980. – 213 с.
14. Дмитриев В.А. "Детали машин", Москва, "Машиностроение", 1970г.
15. Кудрявцев В.Н. "Планетарные передачи", Москва, "Машиностроение", 1963г.
16. Егер С. М. Проектирование самолетов. – М.: Машиностроение, 1983.

17. Р. Дорф, Р. Бишоп «Современные системы управления». – М.: Лаборатория Базовых знаний, 2004г.

18. Расчёт и проектирование устройств гидравлической струйной техники / В.П. Бочаров, В.Б. Струтинский, В.Н. Бадах, П.П. Таможний. – К.: Техніка, 1987. – 127 с., ил.

19. Буриченко Л.А., Ененков Н.П. «Охрана окружающей среды в гражданской авиации». М., 1982.

20. Романченко І.С., Сбітнєв А.І., Бутенко С.Г. Екологічна небезпека: екологічний стан та методи його моніторингу. Навчальний посібник. – К., 2006. – 560 с.