

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ГІДРОПРИВІД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Методичні вказівки
щодо виконання курсової роботи на тему «Розрахунок
гідравлічного приводу сільськогосподарських машин»
для бакалаврів 5 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія»
заочної форми навчання**

СУМИ – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінжинірингу

ГІДРОПРИВІД
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи на тему
«Розрахунок гідравлічного приводу сільськогосподарських
машин» для бакалаврів 5 курсу спеціальності 208
«Агроінженерія» заочної форми навчання

СУМИ – 2023

УДК 631.3

Укладач: *ст. викладач Саєнко А. В.*

Автор Саєнко А. В.
УДК 631.3 Гідропривід сільськогосподарської техніки. Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи на тему: «Розрахунок гідравлічного приводу сільськогосподарських машин» для бакалаврів 5 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» заочної форми навчання. – Суми: СНАУ, 2023. – 19 с.

Методичні вказівки містять інформацію щодо виконання курсової роботи на тему: «Розрахунок гідравлічного приводу сільськогосподарських машин» та додатки для вибору необхідних компонентів гідравлічних схем.

Рецензенти:

Сіренко Ю.В., PhD, доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем. **Саржанов Б.О.** PhD, старший викладач кафедри агроінжинірингу.

Відповідальний за випуск: **Шуляк М.Л.**, професор, завідувач кафедрою агроінжинірингу СНАУ.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету СНАУ (Протокол № 6 від 22 травня 2023 р.)

© Сумський національний
аграрний університет, 2023

Зміст

Вступ.	5
Вихідні дані.	6
Порядок розрахунків.	9
ДОДАТОК А. Технічні характеристики шестеренних насосів малих типорозмірів.	14
ДОДАТОК Б. Технічні характеристики шестеренних насосів середніх типорозмірів.	15
ДОДАТОК В. Технічні характеристики шестеренних насосів середніх типорозмірів.	16
ДОДАТОК Г. Технічна характеристика плунжерних гідроциліндрів.	17
ДОДАТОК Е. Технічна характеристика поршневих гідроциліндрів.	17
ДОДАТОК Є. Технічна характеристика поршневих гідроциліндрів.	18
ДОДАТОК Ж. Технічна характеристика поршневих гідроциліндрів.	18

Вступ

Курсова робота є формою індивідуальної роботи студентів, яка виконується самостійно при консультуванні в терміни, визначені навчальним планом.

Метою курсової роботи є:

- систематизація, закріплення та розширення теоретичних та практичних знань, вміння застосовувати їх при вирішенні конкретних задач;
- розвиток навичок самостійної роботи і оволодіння методикою дослідження та експерименту при вирішенні проблем і питань, що поставлені в курсовій роботі;
- підготовка студентів до самостійної роботи в умовах сучасного виробництва.

Курсова робота повинна містити наступні пункти:

титульний аркуш;
реферат;
завдання;
зміст;
вступ;
основну частину;
висновки;
літературу.

Завдання на курсову роботу:

- схематично зобразити схему гідроприводу;
- виконати розрахунок основної апаратури гідроприводу;
- провести вибір апаратури гідроприводу;
- зробити висновки.

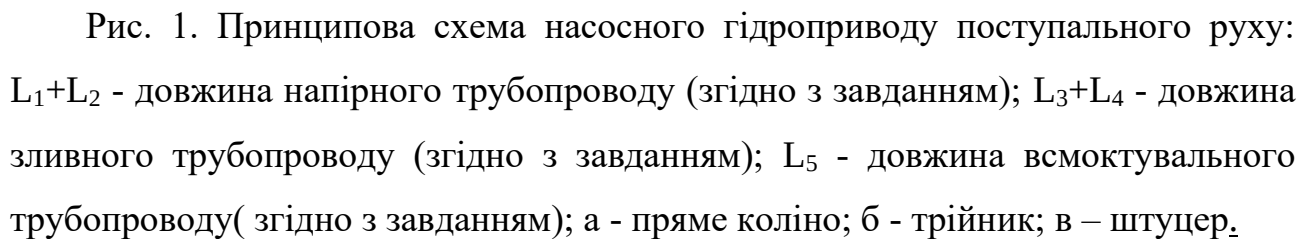
Вихідні дані.

Вихідними даними для розрахунку є: принципова схема гідроприводу (рис. 1) та параметри представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Завдання для розрахунку об'ємних гідроприводів поступального руху.

№ з/п	Параметр	Варіанти							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Хід штока поршня l , м	400	450	500	550	600	650	700	750
2	Тривалість операції зусилля на штоці t , с	5	6	7	4	6	5	4	5
3	Довжина напірного трубопроводу L_1 , м	2	3	4	2	3	4	3	4
4	Довжина напірного трубопроводу L_2 , м	6	7	8	9	6	7	8	9
5	Довжина зливного трубопроводу L_3 , м	6	7	8	9	6	7	8	9
6	Довжина зливного трубопроводу L_4 , м	1	2	3	1	2	3	4	5
7	Довжина всмоктувального трубопроводу L_5 , м	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2
8	Номінальний тиск $P_{ном}$, МПа	20	16	14	20	16	14	20	16
9	Кількість насосів	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Кількість гідроциліндрів	2	4	2	4	2	4	2	4
11	Зусилля на штоці гідроциліндра, кН	20	30	40	20	30	40	20	30

№ з/п	Параметр	Варіанти							
		9	10	11	12	13	14	15	16
1	Хід штока поршня l , м	750	700	650	600	550	500	450	400
2	Тривалість операції зусилля на штоці t , с	6	5	4	5	5	6	7	4
3	Довжина напірного трубопроводу L_1 , м	3	4	2	3	4	2	3	4
4	Довжина напірного трубопроводу L_2 , м	6	7	8	9	6	7	8	9
5	Довжина зливного трубопроводу L_3 , м	6	7	8	9	6	7	8	9
6	Довжина зливного трубопроводу L_4 , м	1	2	3	1	2	3	4	5
7	Довжина всмоктувального трубопроводу L_5 , м	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2
8	Номінальний тиск $P_{ном}$, МПа	16	20	16	14	20	16	14	20
9	Кількість насосів	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Кількість гідроциліндрів	4	2	2	4	2	4	2	4
11	Зусилля на штоці гідроциліндра, кН	30	20	30	40	20	30	40	20



Порядок розрахунків

Швидкість переміщення поршня

$$v_{\text{п}} = \frac{l}{t}, \text{ м/с}$$

де l - хід штока, м; t - тривалість операції, с.

Значення швидкостей в межах 0,05-0,5 м/с.

Потужність гідроприводу

$$N_{\text{г}} = F_{\text{ш}} v_{\text{п}}, \text{ Вт}$$

де $F_{\text{ш}}$ - зусилля на штоку, Н; $v_{\text{п}}$ - швидкість поршня, м/с.

При спільній роботі декількох гідроциліндрів потужність підраховують за сумою потужностей найбільшої кількості гідроциліндрів, що працюють одночасно:

$$N_{\text{г}} = F_{\text{ш1}} v_{\text{п1}} + F_{\text{ш2}} v_{\text{п2}} + \dots + F_{\text{ши}} v_{\text{пи}}$$

Потужність гідроприводу розрахункова:

$$N_{\text{г.р}} = K_F K_v N_{\text{г}}, \text{ Вт}$$

де K_F - коефіцієнт запасу за зусиллям; K_v - коефіцієнт запасу за швидкістю.

Рекомендовані значення: $K_F = 1,15 \dots 1,25$; $K_v = 1,2 \dots 1,4$.

Вибір тиску. Відповідно до розрахункової потужності ($N_{\text{г.р}}$) вибирають тиск робочої рідини. Як правило його задають. Вибір зумовлюється багатьма чинниками (призначенням гідроприводу, технологічними можливостями виготовлення гідропрстроїв тощо) і є відповідальним питанням. Так, завищений тиск без спеціальних конструкторсько-технологічних рішень призводить до виникнення вібрації, виходу із ладу ущільнень і зниження довговічності гідропрстроїв, а занижений - до збільшення габаритних розмірів і маси гідроприводу, а загалом і машини.

Максимальний тиск враховує можливість короткочасної зміни навантаження на вихідних ланках гідроприводу. В реальних умовах експлуатації він відповідає тиску спрацювання запобіжного клапана, тобто:

$$P_{\text{max}} = (1,1 \dots 1,5) P_{\text{ном}}$$

Подача насосної станції

$$Q' = \frac{N_{з.р}}{P_{ном}}, \text{м}^3 / \text{с}$$

де $N_{з.р}$ - розрахункова потужність гідроприводу, Вт; $P_{ном}$ - номінальний тиск, Па.

Подача насоса

$$Q = \frac{Q'}{Z}$$

де Z - кількість насосів.

Отриману подачу насоса (Q) округлюють до найближчого значення із ряду номінальних подач.

Вибір насоса. Можливості застосування у гідроприводах насосів різних типів неоднакові і при виборі їх необхідно враховувати граничні значення тиску, робочого об'єму, подачі тощо. Тому, перш ніж вибрати марку насоса, слід проаналізувати параметри насосів різних типів, і лише потім за номінальним тиском, подачею та потужністю вибрати певну марку насоса.

Частота обертання вала насоса

$$n = \frac{Q}{q_n \eta_v}, 1/\text{с}$$

де Q - подача насоса, $\text{дм}^3/\text{с}$; q_n - робочий об'єм насоса, дм^3 ; η_v - об'ємний ККД насоса.

Отримане значення частоти обертання округлюють до найближчого значення із ряду номінальних частот обертання.

Розрахунок гідроциліндра. Корисна площа поршня

$$S = \frac{F_{ш} K_F}{P_{ном}}, \text{м}^2$$

де $F_{ш}$ - зусилля на штоку гідроциліндра, Н; K_F - коефіцієнт запасу за зусиллям ($K_F = 1,15 \dots 1,23$); $P_{ном}$ - номінальний тиск, Па.

Діаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \text{м}$$

Діаметр штока

$$d_{ш} = 0,5D, м$$

Співвідношення ходу поршня l і його діаметра D вибирають із умови:

$$\frac{l}{D} < 15$$

Отримане значення D і $d_{ш}$ округлюють до найближчого значення згідно із стандартом, або орієнтуючись на технічні характеристики поршневих чи плунжерних гідроциліндрів.

Розрахунок трубопроводів складається із гідравлічного розрахунку і розрахунку на міцність.

При гідравлічному розрахунку визначають внутрішній діаметр трубопроводу (напірного, зливного, всмоктувального)

$$d_{гн} = \sqrt{4 \frac{Q}{\pi v_p}}, м$$

де Q - номінальна подача насосної станції (насоса), $м^3/с$; v_p - швидкість потоку робочої рідини, $м/с$.

Вибираючи швидкість потоку рідини, слід враховувати, що її зниження призводить до збільшення діаметра трубопроводу, у зв'язку з чим збільшується маса машини, а також погіршуються динамічні характеристики гідроприводу, а завищення - до зменшення діаметра трубопроводу, через що збільшуються втрати тиску у гідроприводі і падає роботоздатність його при низьких температурах. У загальному випадку швидкість рідини вибирають такою, щоб втрати тиску у трубопроводі не перевищували 5-6 % робочого тиску.

Отримане значення внутрішнього діаметра трубопроводу округлюють до найближчого значення із ряду умовних проходів (зведених проходів). Мінімальний діаметр дренажної лінії має бути у межах 0,008-0,010 м.

Розрахунок на міцність починають з вибору типу трубопроводу і його матеріалу.

Металеві трубопроводи виготовляють із вуглецевих і легованих сталей, міді, латуні, алюмінію і його сплавів. Найширше застосування знайшли сталі безшовні холодно деформовані труби із сталі 20.

Гумові трубопроводи застосовують для ліній високого (рукави гумові з металевими обплітками) та ліній низького (трубки гумові технічні) тиску.

Вибравши тип і матеріал металевого трубопроводу, розраховують товщину його стінки

$$\delta = P_{\max} \frac{d_{\text{вн}}}{2[\sigma]_p}, \text{ м}$$

де $P_{\max}$ - тиск наладки запобіжного клапана, МПа; $d_{\text{вн}}$ - внутрішній діаметр трубопроводу, м; $[\sigma]_p$ - допустиме напруження на розтяг, МПа.

Для сталевих труб $[\sigma]_p = 200 \dots 500$ МПа, а для труб із кольорових металів $[\sigma]_p = 240$ МПа.

Отримане значення товщини стінки округлюють до найближчого значення згідно із стандартом.

Зовнішній діаметр трубопроводу

$$d_z = d_{\text{вн}} + 2\delta, \text{ м}$$

де $d_{\text{вн}}$ - внутрішній діаметр трубопроводу, м; δ - товщина стінки, м.

Отримане значення d_z округлюють до найближчого значення існуючого сортаменту труб.

Гумові трубопроводи високого і низького тисків на міцність не розраховують, а за внутрішнім їх діаметром вибирають зовнішній діаметр або товщину стінки.

Вибір гідророзподільника. Тип і марку розподільника вибирають за номінальним тиском, подачею насоса, кількістю гідродвигунів та умовним проходом. У гідроприводах невеликої потужності з короткочасним режимом роботи і короткочасним вмиканням застосовують розподільники кранового типу, як найбільш дешеві. У гідроприводах поступального і поворотного руху з тривалою фіксацією проміжних робочих положень механізму - клапанні

розподільники, які забезпечують підвищену герметичність лінії що відтинається.

Золотникові розподільники, як правило, використовують у гідроприводах великої потужності.

Потужність, що створюється оператором при ручному керуванні запірним елементом, не повинна перевищувати 10 Вт. Якщо вона більша за 10 Вт, вибирають розподільник з електромагнітним керуванням. При потужності понад 50 Вт застосовують електрогідравлічні підсилювачі.

Вибір і розрахунок фільтра. У гідроприводах сільськогосподарської техніки найчастіше використовують сітчасті фільтри.

Площу сітчастого фільтра визначають так:

$$S_{\phi} = 60Q \frac{\mu}{k\Delta P_{\phi}}, \text{см}^2$$

де Q - подача насоса або об'єм рідини, що проходить через фільтр, $\text{дм}^3/\text{с}$; k - коефіцієнт пропорційності, $\text{дм}^3/\text{см}^2$; ΔP_{ϕ} - перепад тиску на фільтрі, МПа ($\Delta P_{\phi} = 0,05 \dots 0,15$ МПа, при проходженні рідини через багат шаровий фільтр з однорідною сіткою підвищується кратно кількості шарів); μ - коефіцієнт динамічної в'язкості робочої рідини, що проходить через фільтр:

$$\mu = \nu \rho, \text{Нс/м}^2$$

де ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\text{м}^2/\text{с}$; ρ - густина, кг/м^3 .

Тип фільтра вибирають (сітчастий ФС-7, пористий тонкої очистки ФП-7) за подачею насоса (витратою рідини).

Вибір місткості бака. Для забезпечення нормальної роботи насоса рівень робочої рідини у баку над всмоктувальним трубопроводом має бути не менше як 150 мм. Об'єм бака повинен забезпечувати відведення тепла та відокремлення повітря із рідини. Місткість бака визначають за залежністю

$$V = (2 \dots 3)Q, \text{дм}^3$$

де Q - подача насоса, л/хв.

Одержане значення слід узгодити з рядом номінальних місткостей.

Остаточну місткість бака визначають після теплового розрахунку.

ДОДАТОК А. Технічні характеристики шестеренних насосів малих типорозмірів

Показник	НШ-4- 3(4)	НШ-8- 3(4)	НШ-11- 3(4)	НШ-14- 3(4)	НШ-16- 3(4)	НШ-20- 3(4)
Робочий об'єм, см ³	4,0	8,0	11,2	14,0	16,0	20,0
Частота обертання, с ⁻¹						
номінальна	50	40	40	40	40	40
максимальна	70	60	60	60	60	60
мінімальна	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Номінальна подача, л/хв	10,8	17,7	25,0	31,9	36,5	45,6
Тиск на виході, МПа						
номінальний	16(20)	16(20)	16(20)	16(20)	16(20)	16(20)
максимальний	21(25)	21(25)	21(25)	21(25)	21(25)	21(25)
ККД об'ємний	0,90	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95
загальний	0,80	0,83	0,83	0,84	0,85	0,85
Номінальна потужність, кВт	3,5(4,4)	5,6(7,0)	7,9(9,8)	9,9(12,4)	11,2(14,0)	14,0(17,5)
Маса, кг	2,5(2,7)	2,7(3,0)	2,8(3,1)	2,9(3,2)	2,9(3,2)	3,1(3,4)

**ДОДАТОК Б. Технічні характеристики шестеренних насосів середніх
типорозмірів**

Показник	НШ- 20М-4	НШ- 25М-4	НШ- 32М-4	НШ- 40М-4	НШ- 50М-4	НШ- 63М-3
Робочий об'єм, см ³	20	25	32	40	50	63
Частота обертання, с ⁻¹						
номінальна	40	40	40	40	40	40
максимальна	60	60	50	50	50	50
мінімальна	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Номінальна подача, л/хв	45,6	57,6	74,5	93,1	116,4	126,7
Тиск на виході, МПа						
номінальний	20	20	20	20	20	16
максимальний	25	25	25	25	25	21
ККД об'ємний	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97
загальний	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85
Номінальна потужність, кВт	17,7	22,4	28,6	38,8	44,8	45,1
Маса, кг	3,5	3,6	3,7	3,9	4,1	10

**ДОДАТОК В. Технічні характеристики шестеренних насосів середніх
типорозмірів**

Показник	НШ-71М- 3(4)	НШ-80М- 3(4)	НШ-100М- 3(4)	НШ- 125М-3
Робочий об'єм, см ³	71	80	100	125
Частота обертання, с ⁻¹				
номінальна	32	32	32	32
максимальна	40	40	40	40
мінімальна	8,33	8,33	8,33	8,33
Номінальна подача, л/хв	132,2	160,5	188,2	235,2
Тиск на виході, МПа				
номінальний	16(20)	16(20)	16(20)	16(20)
максимальний	21(25)	21(25)	21(25)	21(25)
ККД об'ємний	0,97	0,98	0,98	0,98
загальний	0,86	0,87	0,87	0,85
Номінальна потужність, кВт	40,2(50,2)	45,2(56,5)	56,6(70,7)	70,7
Маса, кг	10,2	10,4	11,0	11,7

ДОДАТОК Г. Технічна характеристика плунжерних гідроциліндрів

Діаметр плунжера , мм	Хід плунжера, мм									Максималь- не розра- хункове зусилля, кН
25			250			400		560		4,90
32			250			400	500			8,00
40			250		360	400	500			12,60
50		200		320		400	500			19,60
63	140	200			360	400	500		630	31,10
80		200				400	500		630	50,00
100					360		500		630	78,50

ДОДАТОК Е. Технічна характеристика поршневих гідроциліндрів

Марка	Діаметр цилін- дра, мм	Діаметр штока, мм	Хід пор- шня, мм	Тиск номіна- льний, МПа	Тиск макси- маль- ний, МПа	Зусилля на штоці при ви- штовху- ванні, кН	Маса, кг
Ц55	55	30	220	10	14	23	12,7
Ц75	75	30	110	10	14	43	13,6
Ц75	75	30	200	10	14	43	17,3
Ц90	90	30	200	10	14	63	18,6
Ц100	100	40	200	10	13,5	78	23,9
ЦЮ	110	40	250	10	14	95	33
Ц125	125	50	250	14	16	171	46,9
Ц700	125	50	400	10	14	123	53,2

ДОДАТОК Є. Технічна характеристика поршневих гідроциліндрів

Діаметр циліндра, м	Діаметр штока, м	Хід поршня, м							Тиск номі- нальний, МПа	Тиск макси- мальний МПа	Максимальне зусилля на штоці при виштовхуванні, кН
		0,050	0,100	0,160	0,200	0,250	0,320	0,400			
0,040	0,025	0,050	0,100	0,160	0,200	0,250	0,320	0,400	16	20	19,72
0,050	0,025	0,050	0,100	0,160	0,200	0,250			16	20	30,71
0,063	0,025	0,050	0,110	0,160	0,200	0,250	0,320	0,400	16	20	30,71
0,063	0,032		0,110	0,160	0,200	0,250	0,320	0,400	16	20	48,95

ДОДАТОК Ж. Технічна характеристика поршневих гідроциліндрів

Діаметр циліндра, м	Діаметр штока, м	Хід поршня, м							Тиск номі- нальний, МПа	Тиск макси- мальний МПа	Максимальне зусилля на штоці при виштовхуванні, кН
						0,800					
0,063	0,032					0,800			16	20	48,07
0,080	0,040	0,200	0,400	0,500					16	20	78,87
0,100	0,050	0,200	0,400						16	20	123,21
0,100	0,060					0,800			16	20	123,21
0,100	0,063						0,112		16	20	123,21
0,125	0,063	0,200	0,400	0,500		0,800			16	20	193,06
0,140	0,070				0,710				16	20	241,62
0,160	0,080							0,140	16	20	315,49

Гідропривід сільськогосподарської техніки.

**Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи на тему:
«Розрахунок гідравлічного приводу сільськогосподарських
машин»**

Суми, РВВ, Сумський НАУ, вул. Герасима .Кондратьєва, 160

Підписано до друку: „__”_____2023р. Тираж 50 прим.

Гарнітура. TimesNewRoman.

Формат А5. Умовн. друк. арк. 0.5 Замовл._____.
