

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи №1  
на тему *«Дослідження конструктивних особливостей  
повітряних та кабельних ліній електропередачі»*

з дисципліни:  
**«ЕЛЕКТРИЧНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА МЕРЕЖІ»**

Запоріжжя 2025



## УКЛАДАЧІ:

- 1 ЛИСЕНКО Олександра, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем;
- 2 ПАПАІКА Юрій, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем.

## УЗГОДЖЕНО:

Гарант освітньої програми  
«Інжиніринг електропостачання  
та електромеханічних систем  
у металургії та гірництві»

Артем РУХЛОВ

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри

Олексій КОЙФМАН

**Тема роботи:** «Дослідження конструктивних особливостей повітряних та кабельних ліній електропередачі».

**Мета роботи:** «Вивчити влаштування та елементи конструкції повітряних та кабельних ліній електропередачі».

### **Короткий опис та вказівки по виконанню роботи**

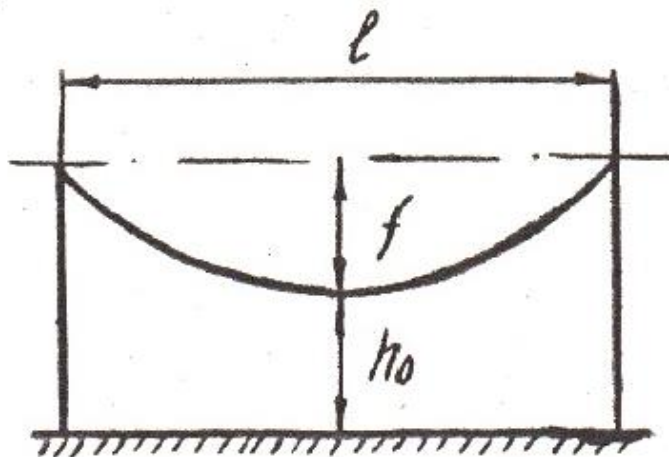
Важливим елементом в системі енергопостачання промислових і гірничих підприємств є повітряні лінії електропередачі. Повітряною лінією (ПЛ) називається пристрій для передачі і розподілу електричної енергії по проводам, розташованих на відкритому повітрі та укріплених за допомогою ізоляторів до опор або кронштейнів інженерних споруд.

Головними конструктивними елементами будь-якої ПЛ являються:

- 1) проводи, які служать для передачі електричної енергії;
- 2) захисні троси, монтовані у верхній частині опор для захисту проводів від атмосферних (грозових) перенапруг;
- 3) опори, що підтримують проводи й троси на певній висоті над рівнем землі або води;
- 4) ізолятори для підвіски проводів;
- 5) арматура, за допомогою якої дроти закріплюються на ізоляторах, а ізолятори - на опорі.

У нашій країні найбільшого поширення набули одноланцюгові та дволанцюгові повітряні лінії. Під поняттям ланцюг розуміють три проводи однієї трифазної лінії. Основні геометричні параметри, що характеризують ПЛ, наступні: проліт (довжина прольоту), стріла підвісу, габарит лінії до землі (рис. 1).

Відстань по горизонталі між двома сусідніми підвісами проводів на опорах називаються довжиною прольоту або прольотом. Найменша відстань по вертикалі від проводу до землі при найбільшому провисанні проводу в прольоті називається габаритом наближення проводу до землі  $h_0$ . Вертикальна відстань між горизонтальною прямою, що з'єднує дві точки кріплення до нижньої точки підвісу проводу називається стрілою провисання  $f$ .



**Рис. 1. Основні геометричні розміри ПЛ**

## **Проводи і троси повітряних ліній**

На ПЛ застосовуються голі дроти і троси. Перебуваючи на відкритому повітрі, вони піддаються атмосферним впливам (вітер, ожеледь та зміна температури) та дії шкідливих домішок навколишнього повітря (гази заводів, морська сіль) і тому повинні володіти достатньою механічною міцністю і бути стійкими проти корозії.

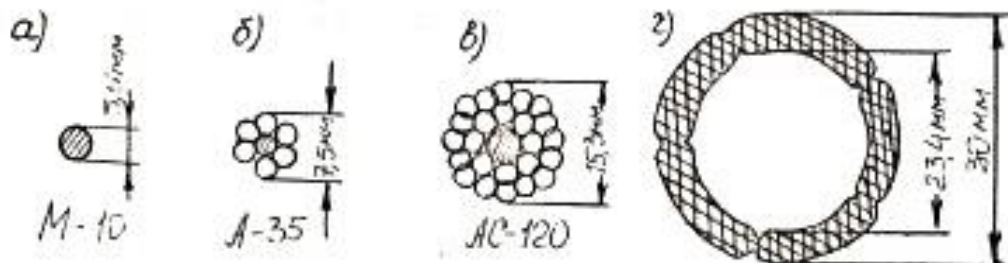
Для ПЛ використовуються алюмінієві, сталеалюмінієві і сталеві проводи, а в окремих випадках мідні проводи або зі спеціальних сплавів. Захисні троси виконуються, як правило, зі сталі багатопроводними.

За конструкцією провoda розрізняються (рис.2):

а) однопроволочні провoda, що складаються з одного провoda суцільного перерізу (рис.2, а);

б) багатопроволочні провoda з одного металу, що складаються (залежно від перетину дроту) з 7, 19 і 37 скручених між собою окремих провoda (рис.2, б);

в) багатопроволочні провoda з двох металів - сталі та алюмінію або сталі і бронзи. Сталеалюмінієві провoda звичайної конструкції (марки АС) складаються зі сталеві жири (сплетеної або скрученої з 7 або 19 проволоч), навколо якої розташована алюмінієва частина, що складається з 6 або 28 проволоч (рис.2, в). Зустрічаються також і порожнисті провoda (рис.2, г).



**Рис 2. Неізольовані (голі) дроти повітряних ліній**

Мідні провoda виготовляються з твердотягнутої мідної проволочки. Мідні провoda маркуються буквою М з додатком номінального перетину дроту. Вони мають високу провідність та достатню механічну міцність.

Алюмінієві провoda відрізняються від мідних меншою вагою, великим питомим опором і меншою механічною міцністю. Вони застосовуються головним чином в місцевих мережах. Провodi з алюмінію маркують буквою А із зазначенням перетину провoda.

Сталеві провoda мають механічну міцність і бувають, як і алюмінієві, однопроволочними та багатопроволочними. Питомий електричний опір сталевих провoda значно вище алюмінієвих, і в мережах змінного струму залежить від величини струму, що протікає по провoda. Сталеві провoda застосовуються в місцевих мережах напругою до 10 кВ включно при передачі порівняно невеликих потужностей.

Сталеві багатопроволочні грозозахисні троси мають марки С-35; С-50 і С-50.

Сталеалюмінієві проводи мають таке ж значення питомого опору, що й алюмінієві проводи рівного їм перерізу, так як зазвичай в електричних розрахунках сталевалюмінієвих проводів провідність сталеві частини не враховується.

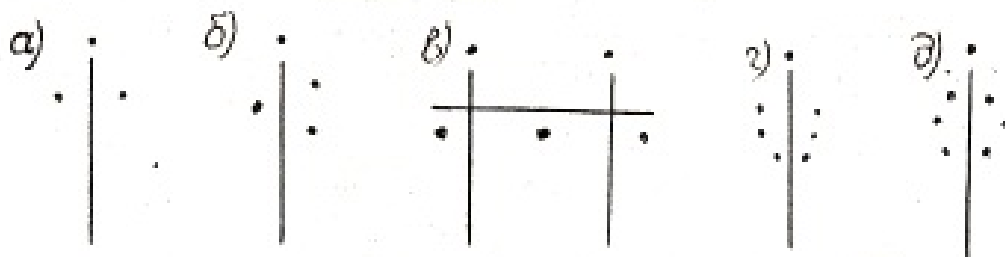
Проводи з алдрея мають приблизно такий же електричний опір, що й алюмінієві, але зате вдвічі більшу механічну міцність. Алдрей являє собою сплав алюмінію з незначними частками відсотка заліза, магнію і кремнезему, по корозійній стійкості рівний алюмінію. Недолік проводів з алдрея - їх мала стійкість проти вібрацій.

### **Опори та їх основи**

Найбільш широке поширення знайшло таке розташування проводів на опорах (рис. 3):

а) на одноланцюгових лініях - трикутником або горизонтально (рис. 3, а, б, в);

б) на дволанцюгових лініях - прямою і зворотною ялинкою, шестикутником (рис. 3, г, д). У верхній частині опори розташовані грозозахисні підвісні троси.



**Рис. 3. Розташування проводів (точки) на опорах**

Розташування проводів трикутником застосовується на всіх одноланцюгових лініях напругою до 20 кВ та на одноланцюгових лініях напругою 35-300 кВ з металевими та залізобетонними опорами.

Горизонтальне розташування проводів застосовується на одноланцюгових лініях напругою 220 кВ і вище та на одноланцюгових лініях напругою 35-110 кВ з дерев'яними опорами.

На дволанцюгових лініях проводи розташовуються або зворотною ялинкою, або шестикутником. Для всіх перерахованих варіантів розташування проводів на опорах характерно несиметричне розташування проводів по відношенню один до одного, що тягне за собою неоднаковість їх реактивних опорів і провідностей. Для того, щоб зробити опір всіх трьох фаз ланцюга однаковими, на дальніх лініях застосовують транспозицію проводів (рис.4), тобто розташовують їх по-різному по відношенню один до одного на різних ділянках лінії. При цьому провід кожної фази ланцюга проходить одну третину довжини

лінії на одному, другу - на другому і третю - на третьому місці. Одне таке потрібне переміщення проводів називають циклом транспозиції. Транспозиція проводів має також мету зменшити вплив лінії електропередачі на з'єднання проводів зв'язку.

Застосовують транспозицію на лініях напругою 110 кВ і вище довжиною більше 100 км.



**Рис. 4. Цикл транспозиції одноланцюгової лінії**

За призначенням опори ПЛ діляться на такі типи:

1) проміжні опори, при нормальних режимах роботи служать для підтримки проводу на прямих ділянках лінії в анкерному прольоті. Проміжні опори зустрічаються найбільш часто; в залежності від траси число їх в середньому становить 80-90% загального числа опор ПЛ. Проводи на проміжних опорах кріплять за допомогою підвісних гірлянд ізоляторів або штирьових ізоляторів. Між провісами та проміжною опорою немає жорсткого зв'язку, а гірлянди ізоляторів звисають вертикально, так як натяг проводу з обох сторін опори в нормальних умовах однаковий;

2) анкерні опори встановлюють на прямих ділянках ПЛ в опорних точках. Ці опори вимагають жорстких і міцних конструкцій для кріплення проводів і сприймають за нормальних умов роботи зусилля від різниці натягу проводів в суміжних прольотах. Проводи на лініях з підвісними ізоляторами кріплять на анкерних опорах за допомогою натяжних гірлянд, а на лініях з штирьовими ізоляторами - спеціальної в'язкою або спеціальними зажимами.

Анкерні опори обмежують межі руйнування та пошкодження лінії при аваріях. Згідно ПУЕ на ПЛ з проводами перерізом до 185 мм<sup>2</sup> при кріпленні їх випадними затискачами, а також при змішаному кріпленні проводів на одній і тій же опорі глухими і випадними затискачами відстань між анкерними опорами має бути не більше 5 км, а при перетинах проводів більше 185 мм<sup>2</sup>- не більше 10 км.

При кріпленні проводів глухими затискачами, затискачами з заділкою обмеженої міцності і на штирьових ізоляторах відстань між анкерними опорами не нормується і встановлюється в залежності від умов траси.

Різновидом анкерних опор є:

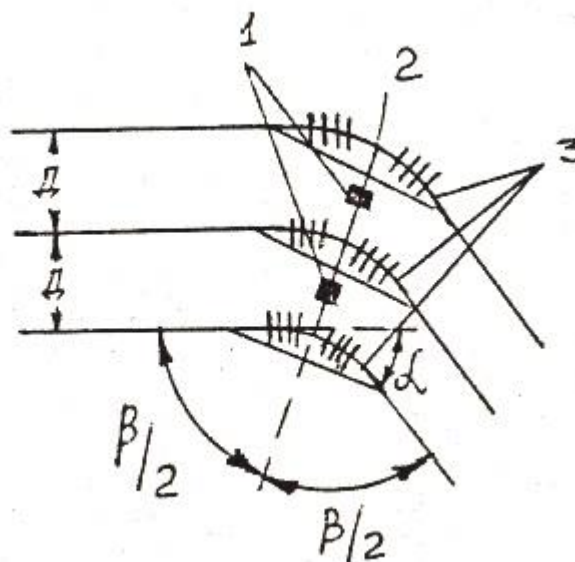
✓ кінцеві опори, які встановлюються при виході ліній з електростанцій або на підходах до підстанції;

- ✓ транспозиційні опори застосовуються для транспозиції проводів;
- ✓ спеціальні опори бувають двох типів: перехідні (при перетині ПЛ різних перепон) і підключених до цих відгалужень;
- ✓ кутові опори встановлюються в точках повороту лінії. Кутом повороту лінії називається кут  $\alpha$  (рис. 5) додатковий до  $180^\circ$  до внутрішнього кута  $\beta$  лінії. Траверси кутовий опори встановлюють по бісектрисі кута  $\beta$ .


За матеріалом, з якого вони виготовлені, опори ПЛ діляться на дерев'яні, залізобетонні і металеві.

Дерев'яні опори прості у виготовленні і дешеві. Недолік їх недовговічність через гниття деревини. Тому опори виготовляють в більшості випадків складовими. По конструкції дерев'яні опори бувають одностойкові і двостойкові. Найпростіша одностойкова опора складається з одного стовпа з трикутним розташуванням проводів і застосовується на лініях до 20 кВ. Ізолятори укріплені на гаках.

При напругах 110 кВ і на лініях 35 кВ з великим звиванням проводів економічно доцільне рішення виходить при застосуванні П-подібних проміжних опор, що складаються з двох ніг і траверси. Ноги опор виробляють з двох колод, довгої стійки і короткого пасинка (стільца). Стійка з'єднується з пасинками двома бандажами зі сталевого дроту діаметром 4-6 мм. Анкерні опори на лініях з П-подібними проміжними опорами виконуються АП-образними. Дві форми, кожна у вигляді букви А, поставлені в напрямку траси, з'єднуються між собою траверсою і хрестоподібним зв'язком.



**Рис 5. Кут повороту лінії електропередачі  
1 - ноги опори; 2 - траверси, 3 - гірлянда ізоляторів**



*Дерев'яні* опори зміцнюються в ґрунті закапуванням нижньої частині ніг. При великих зусиллях на руйнування до кінців їх прикріплюються ригелі.

*Залізобетонні* опори довговічніше дерев'яних, вимагають менше металу, ніж металеві, і прості в обслуговуванні. Останнім часом на одноланцюгових і дволанцюгових лініях напругою 35-110 кВ і одноланцюгових лініях напругою 220 кВ отримали велике поширення одностойкові проміжні опори з металевими траверсами. Залізобетонні опори ліній напругою 330 кВ та ліній напругою 220 кВ з проводами великих перетинів виготовляють нормального типу з тросовими розтяжками.

*Металеві* опори застосовуються на ВЛ напругою 35 кВ і вище. Ці опори вимагають витрати великої кількості металу і регулярного фарбування в процесі експлуатації для захисту від корозії. Встановлюють металеві опори на залізобетонних фундаментах, які можуть бути монолітними (суцільними), збірними і пальовими.

Число типів і конструкцій металевих опор, застосовуваних на одноланцюгових і дволанцюгових лініях, вельми велике. За конструкцією проміжні металеві опори бувають одностойкові з вузькою або широкою базою. В іншому випадку їх конструкції повторюють конструкції вже розібраних раніше типів опор.

### ***Лінійна арматура ПЛ і ізолятори***

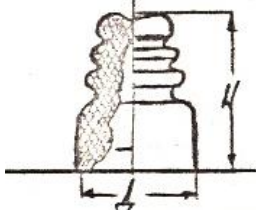
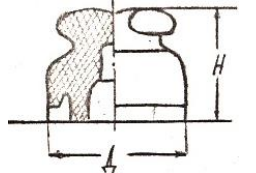
Ізолятори ПЛ виготовляють з порцеляни або загартованого скломатеріалу, що володіє високою стійкістю до атмосферних впливів, а також високою механічною і електричною міцністю.

Скляні ізолятори легше порцелянових і краще їх протидіють ударним навантаженням. До числа переваг скляних ізоляторів належить і те, що при електричному пробіі або сильному механічному ударі вони не розтріскуються, а розсипаються, що полегшує знаходження пошкодженого місця і дозволяє відмовитися від профілактичних випробувань ізоляторів.

У конструктивному відношенні ізолятори поділяються на штирові і підвісні. Штирові ізолятори типу АИК (рис. 6) застосовують для ліній напругою до 1 кВ, а штирові ізолятори типу ШС і ШЛ - для ліній напругою 6-10 кВ. Штирові ізолятори стрижневого типу (рис. 7) знаходять застосування на лініях напругою 35 кВ, переважно з проводами малих перетинів.

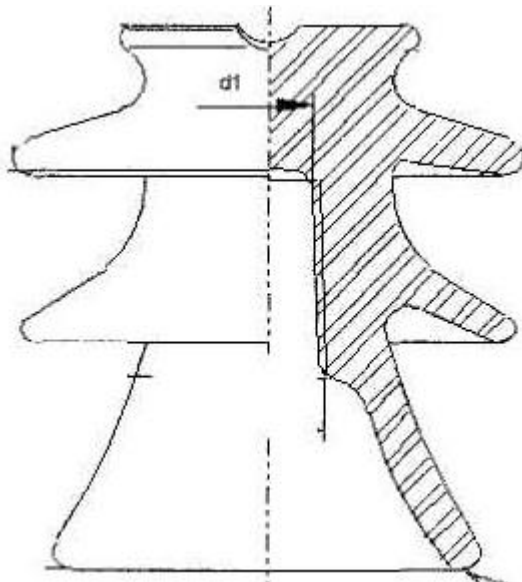
Для ліній напругою 35 кВ з проводами великих перетинів, а також для ліній більш високих напруг застосовують тільки підвісні ізолятори (рис.8). Їх збирають в гірлянди, які бувають підтримуючими і натяжними. Перші монтуються на проміжних опорах, другі - на анкерних опорах. Для різних умов роботи призначені різні типи підвісних ізоляторів. Ізолятори типу П і ПМ (П-підвісний, М-малогабаритний) застосовуються в

звичайних атмосферних умовах, ізолятори ПР використовуються в підтримуючих, а ізолятори типів НС та НЗ - в натяжних гірляндах ліній, прокладених у місцях з підвищеною забрудненістю повітря. Технічні характеристики і розміри порцелянових підвісних ізоляторів наведені нижче в табл.1.

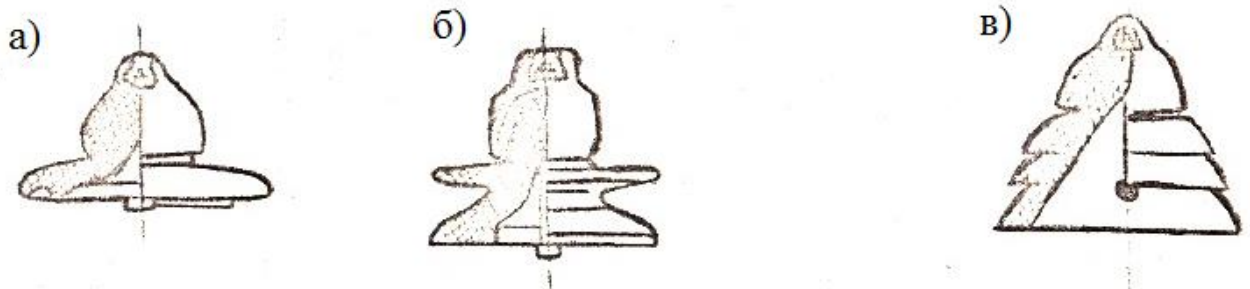
Найменування	Тип	Ескіз	Висота Н, мм.	Діаметр основи Д, мм.	Навантаження, що руйнує, кг	Вага кг.
Ізолятори штирові, відгалужувальні	ШО-16		87	61	450	0,27
	ШО-70		120	80	600	0,7
	ЛИК-1 ЛИК-2		98 78	96 88	1500 1200	0,3 6,3 6

**Рис 6. Технічні характеристики штирєвих ізоляторів**  
**Таблиця 1 - Характеристика підвісних ізоляторів**

Тип ізоляторів	Випробувальне навантаження, кг	Навантаження, що руйнує (не менше), кг	Висота	Діаметр
П-4,5	4500	6000	170	270
Пм-4,5	4500	6000	130	255
П-7	7000	9500	183	300
П-8,5	8500	11000	201	320
ПР-3,5	3500	5000	194	250
ПС-2	4500	6000	198	270



**Рис. 7. Стрижньовий опорний ізолятор**



**Рис 8. Підвісні ізолятори типів  
а) П; б) КС; в) ПР**

Число ізоляторів в гірлянді залежить від робочої напруги лінії, матеріалу опор, типу підвіски і забрудненості атмосфери. В табл.2 вказано число ізоляторів в підтримуючих гірляндах для ліній різних напруг.

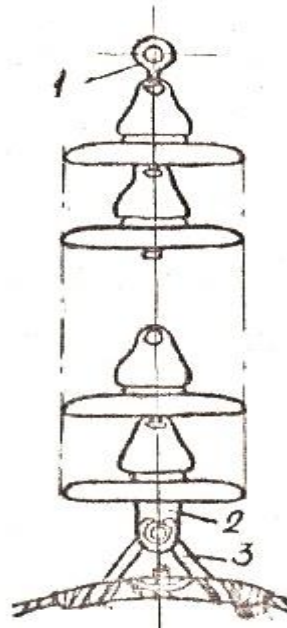
**Таблиця 2 – Кількість ізоляторів у гірлянді**

Види опор	Рівні напруги, кВ					
	35	110	150	220	330	500
Металеві або залізобетонні	3	7	11	13	16	20
Дерев'яні	2	6	9	11	-	-

Штирові ізолятори кріпляться на опорах за допомогою гаків або штирів. У тому й іншому випадках на стрижні гаків або штирів, забезпеченими насічками, накручують шар клоччя, змоченою суриком, після чого на паклю по різьбі, наявної в порцеляні навертають ізолятор.

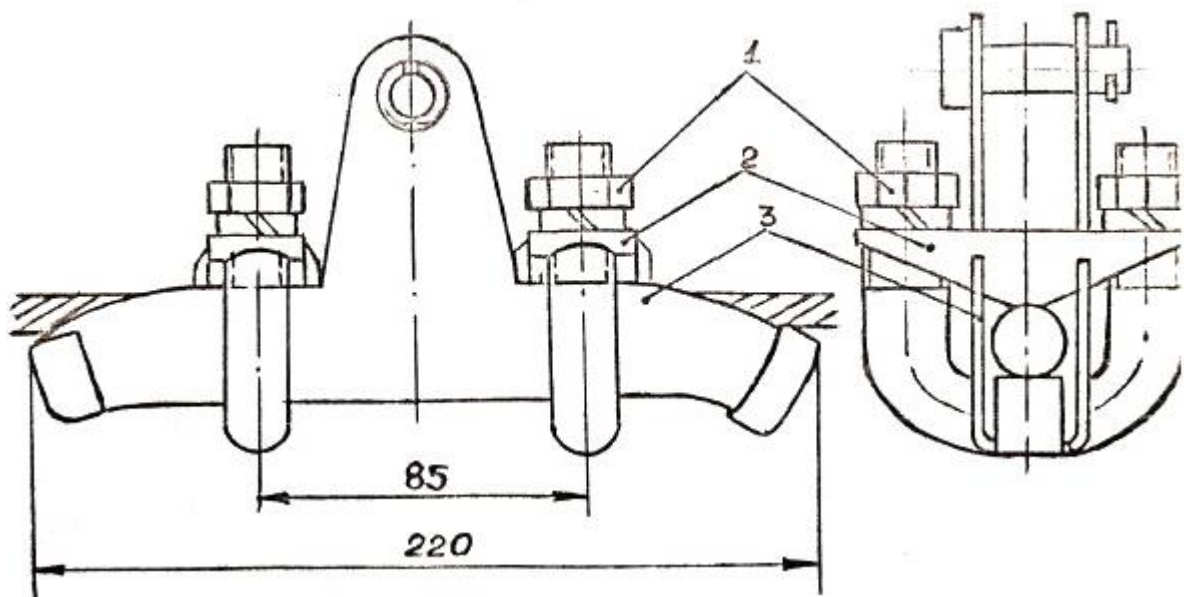
Підтримуючу гірлянду ізоляторів (рис.9) закріплюють на кромці траверси проміжної опори за допомогою серезки, яка встановлюється

в шапку верхнього ізолятора. До нижнього ізолятору гірлянди прикріплений підтримуючий затискач, в якому вміщено провід.



**Рис 9. Підтримуюча гірлянда ізоляторів  
1-сережки, 2-вушка, 3-підтримуючий затискач**

Підтримуючі затискачі для закріплення проводів на проміжних опорах бувають трьох видів: глухі, випадаючі і з закладенням обмеженою міцності. Глухий затискач (рис.10) забезпечує міцне (глухе) кріплення проводу. Натискні болти тиснуть на планку, а через неї на провід, притискаючи його до корпуса затиску і утримуючи на місці при односторонньому натязі. Цей затискач застосовують на проміжних опорах в населених місцевостях, на перетинах з лініями зв'язку та освітлення і т.д., а також в особливо ожеледних районах і на важкодоступних для ремонту ділянках лінії (болото, заплава річки і т.д.).



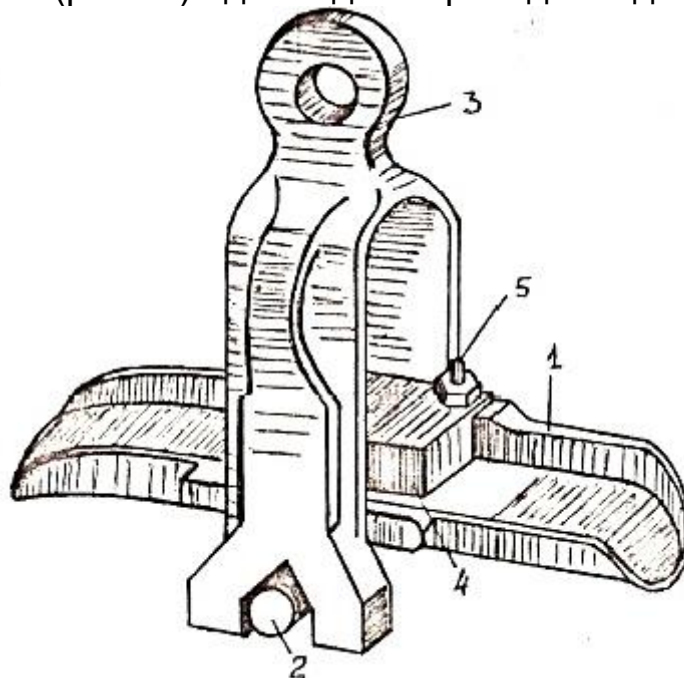
**Рис 10. Підтримуючий глухий затискач**

### **1-натискні болти, 2-плашка, 3-корпус затиску**

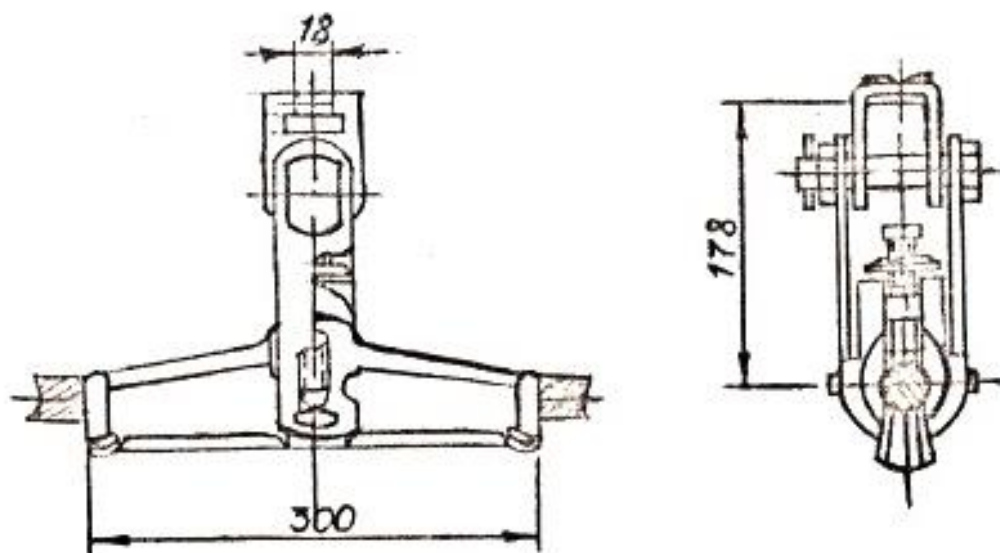
Випадаючий затискач (рис. 11) дозволяється застосовувати тільки в ненаселених місцевостях. Цей затискач значно знижує одностороннє тяжіння дроту при його обриві, що дозволяє знизити вагу проміжних опор. Провід закріплюється в корпусі (човнику) затиску, підвішеному на опорах підвіски. При нормальному стані лінії човник що випадає з затиску розташований горизонтально. Якщо ж у сусідньому прольоті стався обрив проводу, то виникає одностороннє тяжіння, яке відхиляє гірлянду ізоляторів на певний кут (близько  $40^\circ$ ), в результаті чого човник із затиснутим в ній проводом випадає з підвіски, звільняючи опору від одностороннього тяжіння.

Затискач із закладенням обмеженої міцності (рис.12) застосовується, як правило, для ліній з розщепленими проводами (по 2-3 дроти в фазі). Цей затискач утримує провід до тих пір, поки його натягування не досягне певної величини. Потім провід починає прослизати в затиску, завдяки чому діюче на проміжну опору зусилля зменшується.

На анкерних опорах проводи закріплюють наглухо за допомогою натяжних затискачів. Гірлянда висить майже горизонтально, проводи однієї фази електрично з'єднані один з одним відрізком проводу у вигляді петлі, яка вільно висить під гірляндами. Існує кілька типів натяжних затискачів: болтові, для алюмінієвих та сталеалюмінієвих проводів, клинові (рис.13) - для мідних проводів і т.д.



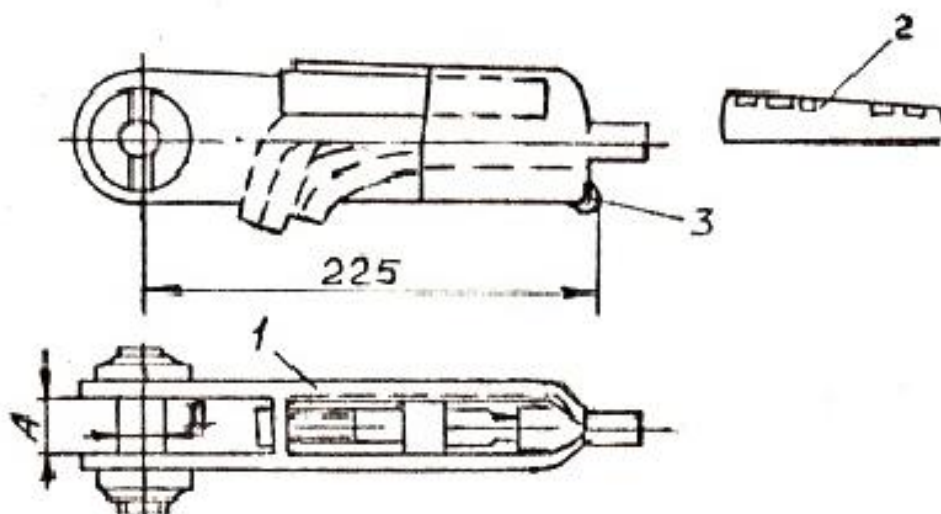
**Рис 11. Підтримуючий випусковий затискач  
1-корпус затиску (човник), 2-цапфи,  
3-підвіска, 4-плашка, 5-натискні болти**



**Рис. 12. Затискач із закладенням обмеженої міцності**

**Таблиця 3 - Технічні характеристики затискачів обмеженої міцності**

Типорозмір	Марка	Призначення	Схема	Навантаження, що руйнує, кг	Вага, кг
ПО-5	ПО-5-5	Для одного проводу	-	6000	5,1
2ПО-5	2 ПО-5-1	Для двох проводів	а	12000	16,2
	2 ПО2-5-2		в	12000	19,6
	2 ПО-5-4		г	12000	22,7
	3 ПО-5-2		д	15000	24,2
3ПО-5	3 ПО2-5-2	Для трьох проводів	е	18000	27,8
	3 ПО-5-3		ж	15000	28,4



**Рис. 13. Натяжний затискач**

### **1-корпус, 2-клин, 3-прокладка**

З'єднання проводів ПЛ здійснюється за допомогою обтискних та пресованих затискачів, виготовлених з того ж металу, що і провід, а також шляхом термітного зварювання. Обтискні з'єднання виконуються за допомогою овальних трубчастих затискачів (рис.14). Кінці проводів, що з'єднуються вводять з двох сторін в трубку овальної форми, а потім, користуючись переносним інструментом, трубку з обох сторін стискають в декількох місцях в шаховому порядку.

Для з'єднання сталевих алюмінієвих проводів перерізом 300 мм<sup>2</sup> і вище, сталевих тросів перерізом 70 і 95 мм<sup>2</sup> застосовують з'єднувальні затискачі, монтовані пресуванням. Ці затискачі для сталевих алюмінієвих проводів складаються з двох трубок: однієї - сталевий, призначеної для з'єднання внутрішніх жил і другої - алюмінієвої, яка накладається поверх першої і служить для з'єднання зовнішніх алюмінієвих жил.

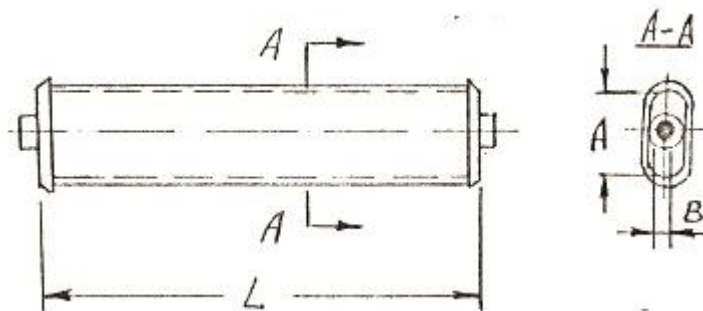
Перехідний опір контакту проводів в затискачах - величина непостійна. З плином часу цей опір збільшується через негерметичності з'єднання. З'єднувач починає нагріватися, а це викликає перегрів і пошкодження проводів в місці з'єднання. Щоб підвищити надійність з'єднання кінці проводів, що з'єднуються зварюють. Термітне зварювання забезпечує надійний електричний контакт, а пресовка - потрібну механічну міцність з'єднання.

При експлуатації проводів виникають вібрації. Проявляється це явище в тому, що в проводах і тросах утворюються поздовжні вертикальні хвилі амплітудою до 50 мм і частотою 5-100 Гц. Наслідком вібрації є злами дротів проводів і затискачів, особливо на проміжних опорах. Боротьба з вібрацією зводиться до того, що до проводу або тросу, на певній відстані від підтримуючих і натяжних затискачів, підвішують особливі пристрої - гасителі вібрацій. Цей гаситель з двох чавунних вантажів, з'єднаних сталевим тросом. Гасителі, у яких частота власних коливань у багато разів менше, ніж у дроту, утримують останній від вібрацій.

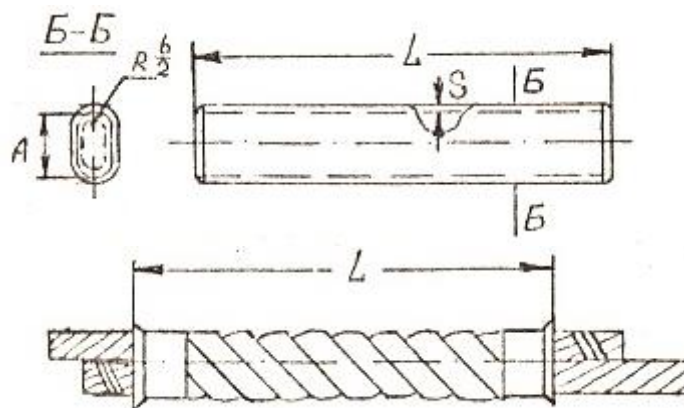
**Таблиця 4 - Характеристики з'єднувальних затискачів**

Затискач НК-1-1	Марка проводу	Розмір, Д	Розмір, А	Міцність кріплення, кг	Кріпиться з вушком типу	Вага, кг
З клином №1	А-16	16	21	200	У1-6	1,20
	А-25			380		
	М-16			430		
	М-25			750		
З клином №2	А-35	16	21	450	У1-6	1,20
	А-50			650		
	М-35			1050		
	М-50			1550		

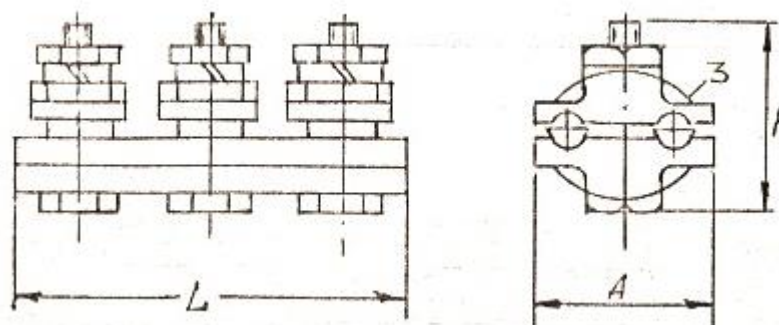
3 КЛИНОМ №3	A-70	16	21	850	У1-6	1,20
	A-95			1150		
	M-70			2150		
	M-95			2980		



а) овальний, що монтується обтисканням



б) овальний, що монтується скручуванням




в) пресований для монометалевих проводів

**Рис. 14. З'єднувальні затискачі**

### **Загальна характеристика кабельних ліній електропередачі**

Кабельною називається лінія для пересилання електроенергії або її окремих імпульсів, яка складається з одного чи декількох паралельних кабелів із муфтами та скріплювальними деталями. Кабельні лінії (КЛ) прокладають там, де будівництво повітряних ліній неможливе через обмеження території, з умов техніки безпеки та інших вимог, або



недоцільне з погляду архітектурної забудови. Кабельні лінії споруджують у містах, на промислових підприємствах, через водні перешкоди. Вони можуть прокладатися під землею, під водою, на поверхні.

**Кабель** - це одна або декілька ізольованих струмопровідних жил, поміщених в герметичну оболонку, поверх якої, за необхідності, може бути накладене захисне покриття. Розрізняють силові кабелі (СКЛ) та контрольні кабелі (ККЛ).

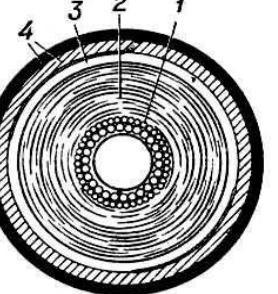
Елементами кабелю є: струмопровідні жили, ізоляція, джгутовий заповнювач, прокладка, покриття, оболонки. Жилою кабелю називають один або декілька скручених провідників (кількість проводів у пучку може бути 7, 19, 37, 61 або 91).

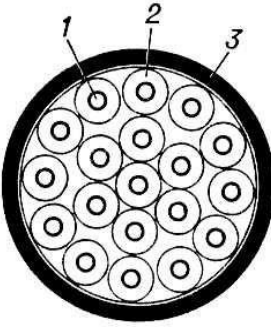
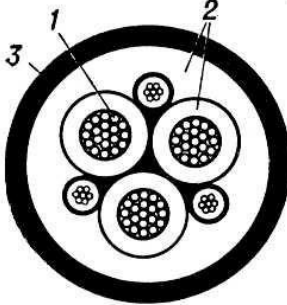
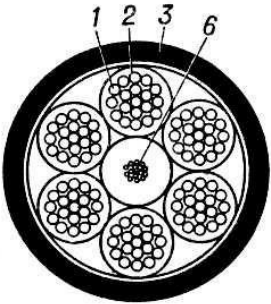
Струмопровідні жили виконують переважно з алюмінію або міді. Переріз кабелів може мати круглу, сегментну або секторну форми, при цьому жила може бути ущільненою та не ущільненою. Використання трифазних жил з перерізом секторної чи сегментної форми дає змогу значно зменшити діаметр багатожильного кабелю порівняно з кабелем, жили якого мають такий самий переріз, але круглої форми. За кількістю жил силові кабелі виготовляють одно-, дво-, три- та чотирижильними. Якщо кабель з алюмінієвими жилами на початку вказують літеру А, для кабелів з мідними жилами не вказують ніякої літери. Марка кабелю, кожна жила якого поміщена в окрему оболонку зі свинцю, починається з букви О. Перша літера вказує матеріал оболонки (С - свинець, А - алюміній, Н та НР - негорюча гума, ВР- полівінілхлорид). Друга літера - захисне покриття (А - бітумне, Б - броньоване, К - броньоване круглим дротом, П - броньоване дротом прямокутного перерізу). Відсутність ув конструкції кабельних ліній "броні" та захисного покриття позначають у назві марки літерою Г (голий кабель). Під "бронєю" роблять так звані "подушки" з просоченого шпагату, пластмасових стрічок, паперу тощо. Їх позначають маленькими літерами л, г, в (літера б - без подушки). Літери в кінці марки кабелів означають: Ш<sub>В</sub> - кабель в полівінілхлоридному шланзі, Т - кабель в трубопроводі, Н - з негорючим захисним покриттям.

Таблиця 5. - Конструкція кабелів

 <p>A cross-sectional diagram of a three-core power cable. It features three central conductors (1) surrounded by insulation (2). These are enclosed in a lead sheath (3), which is further protected by two layers of steel armor (2) and an outer jacket (4). A lead shield (5) is also present.</p>	<p>Силовий броньований СБ, АСБ, АБ, ААБ; без захисних покривів СБГ, АСБГ, ААБГ. 3-жильний з паперовою ізоляцією в свинцевій або алюмінієвій оболонці, захищений бронею із сталевих стрічок (2 шари) і покривами з джгуту і бітуму; перетин 25—240 мм<sup>2</sup>; напруга 1—10 кВ; гранична температура 80°С; заводська довжина понад 200 м. Для силових і освітлювальних установок; прокладається в землі (траншеях), по стінах будівель. 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 - оболонка; 4 - зовнішні захисні покриття; 5 - броня, екран</p>
 <p>A cross-sectional diagram of a three-core oil-filled cable. It consists of three conductors (1) with insulation (2) inside a steel pipe (3). The pipe is filled with oil (4) and has an anti-corrosion coating (1).</p>	<p>Оливонаповнений в сталевому трубопроводі МВДТ (високого тиску). 3-жильний з паперовою ізоляцією; прокладається в сталевій трубі діаметром до 219 мм, заповненою маслом під тиском; покритий антикорозійними покриттями; напруга 220—500 кВ; трубопровід зварюють безпосередньо на трасі прокладки. Для з'єднання трансформаторів електростанцій, що підвищують, з відкритими розподільними пристроями, для прокладання через водні перешкоди й у районах з інтенсивною забудовою тощо; прокладається у траншеях, тунелях, по дну водоймищ (обов'язково з дротяною бронею завтовшки до 6 мм). 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 - оболонка; 4 - захисне покриття</p>
 <p>A cross-sectional diagram of a gas-filled three-core cable. It has three conductors (1) with insulation (2) inside a lead sheath (3). The sheath is screened with a paper metalized strip (3) and a copper strip (4). The space between conductors is filled with gas (5).</p>	<p>Газонаповнений під тиском броньований кабель ГЕС (гідроелектростанція). 3-жильний з паперовою ізоляцією, екранований паперовою металізованою стрічкою і мідною стрічкою; газ подається між жилами; перетин 70—150 мм<sup>2</sup>; напруга 60—138 кВ; гранична температура 70°С. Для ліній електропередачі високої напруги; різниця рівнів прокладання не обмежена. 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 - оболонка; 5 — броня, екран.</p>

Продовження таблиці

 <p>A cross-sectional diagram of a single-core oil-filled cable. It features a central channel (1) surrounded by insulation (2) and a lead sheath (3). The sheath is reinforced with copper strips (4) and has an anti-corrosion coating (1).</p>	<p>Оливонаповнений з центральним каналом МНСА, МССА. Одножильний з паперовою ізоляцією у свинцевій оболонці посиленою мідними стрічками, має антикорозійний покрив, канал — згорнутий у спіраль дріт з неіржавіючої сталі; перетин 150—800 мм<sup>2</sup>; напруга 110—220 кВ. Для з'єднання трансформаторів потужних електростанцій, що підвищують, з відкритими розподільними пристроями, для прокладання через водні перешкоди й у районах з інтенсивною забудовою і т. п.; прокладається у траншеях, тунелях, по дну водоймищ</p>
--	---


	(обов'язково з дротяною бронею завтовшки до 6 мм ). 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 - оболонка; 4 – захисне покриття
	Контрольний кабель КВРГ 19'1,5. Багатожильний (19 суцільних жил перетином 1,5 мм <sup>2</sup> ) з гумовою ізоляцією в полівінілхлоридній оболонці; напруга до 2 кВ; температура від -40 до 50°С; заводська довжина не менше 100 м. Приєднується до електричних приладів і пристроїв управління, захисту і зв'язку. 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 – оболонка
	Особливо гнучкий (шланговий) кабель високої напруги КШВГЛ 3'95+3'10. Силовий комбінований (3 жили, перетином 95 мм <sup>2</sup> і 3 заземлюючих жили перетином 10 мм <sup>2</sup> ) з гумовою ізоляцією в подвійній гумовій оболонці (шлангу); зовнішній діаметр 69 мм; заводська довжина 200 м. Для подачі електроенергії до землерийних і гірничодобувних машин (екскаваторам та ін.) за будь якої погоди умовах. 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 - оболонка
	Ліфтовий шланговий кабель з тросом КЛШВ-6. Особливо гнучкий 6-жильний, мідні жили з гумовою ізоляцією; мідні жили скручені довкола сталевого в гумовій оболонці троса (з розривним зусиллям 200 кгс або 2 кн); зовнішній діаметр 14 мм . Для ліфтових установок з висотою підйому до 40 м; підвішується вільно. 1 - струмопровідна жила; 2 - ізоляція; 3 - оболонка; 6 - сталевий трос

Кабелі для вертикального прокладання з великою в'язкістю просочувального компаунду позначають літерою В, а кабелі з не стікаючою масою на основі церезину - літерою Ц на початку марки.

Для контрольних кабелів перед маркою ставлять літеру К або КУ (кабель управління). Для наповнених оливою кабелів низького тиску на початку ставлять літери - МН, для наповнених оливою кабелів високого тиску на початку ставлять - МВД.

Розглянемо деякі найпоширеніші кабелі. ВРГ - кабель з мідними жилами, ізолюваними гумою (Р) і вкритими полівінілхлоридною оболонкою (В) без «броні» (Г - голий). АВРГ - те ж із алюмінієвими жилами. СРГ - кабель з мідними жилами (АСРГ - алюмінієві жили), з гумовою ізоляцією (Р) і свинцевою оболонкою (С) без «броні». Використовують для введів від повітряних ліній у будинки та господарські будівлі.

Наприклад:

- 
1. АСБ - означає: кабель з паперовою ізоляцією в свинцевій оболонці, з алюмінієвими жилами, броньований сталевими стрічками, з захисним зовнішнім покриттям;
  2. ЦСБ - те ж, але з мідними жилами та з церезиновим заповненням;
  3. АВПБ - кабель з алюмінієвими жилами, ізольованими полівінілхлоридним пластиком, у поліетиленовій оболонці, броньований сталевими стрічками;
  4. АВВГ - кабель з алюмінієвими жилами з полівінілхлоридною ізоляцією з полівінілхлоридною оболонкою без захисного покриття;
  5. МВДТ - кабель, наповнений олією, високого тиску, розміщений у трубі.
  6. МНАШв - кабель, наповнений оливою, низького тиску, в алюмінієвій оболонці, з захисними покриттями у вигляді шлангу з полівінілхлоридного пластикату;
  7. КВВГ - контрольний кабель з мідними жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією та оболонкою;
  8. КУПсЕВ - кабель керування з мідними жилами з ізоляцією з самозатухаючого поліетилену зі спільним екраном у полівінілхлоридній оболонці.

Цифри після літер означають:

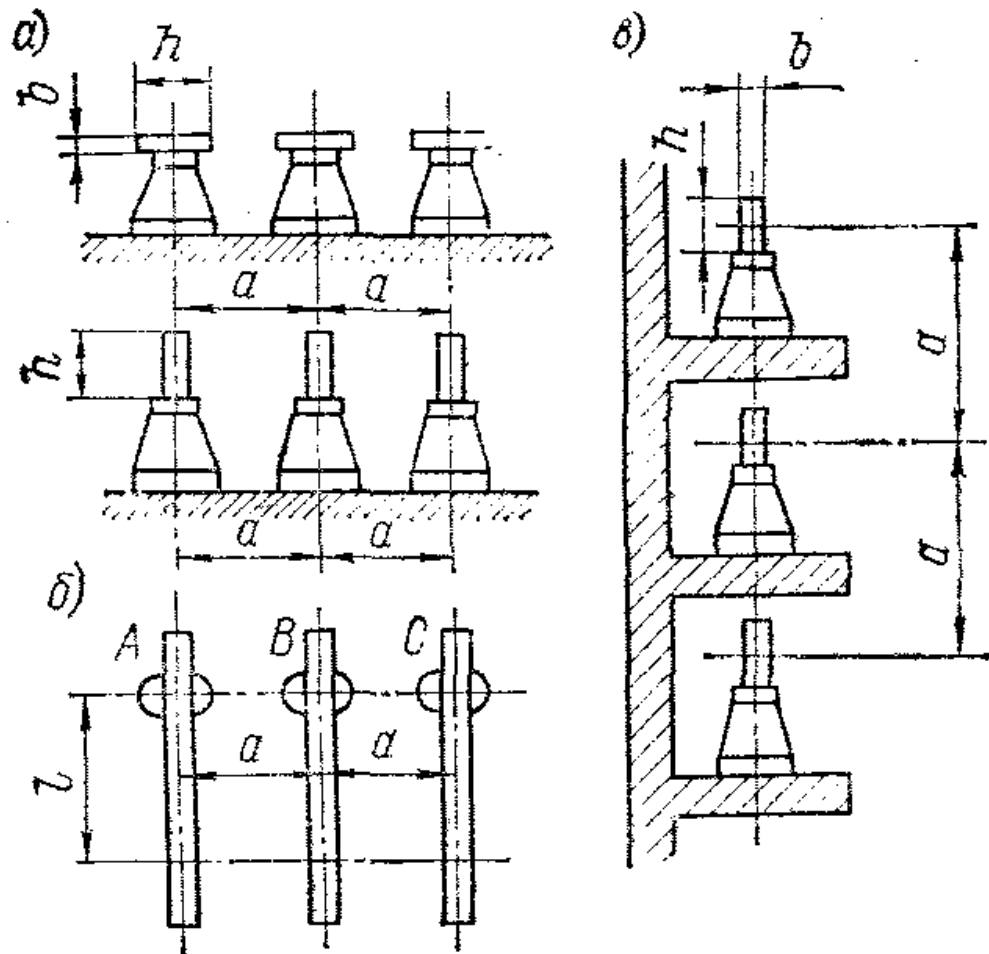
- робочу напругу (кВ);
- кількість жил;
- площу поперечного перерізу кожної жили (мм<sup>2</sup>).

Наприклад: АБ-3×70 - кабель з паперовою ізоляцією, в алюмінієвій оболонці, з трьома мідними жилами перерізом по 70 мм<sup>2</sup>.

### ***Конструкції жорстких шинопроводів***

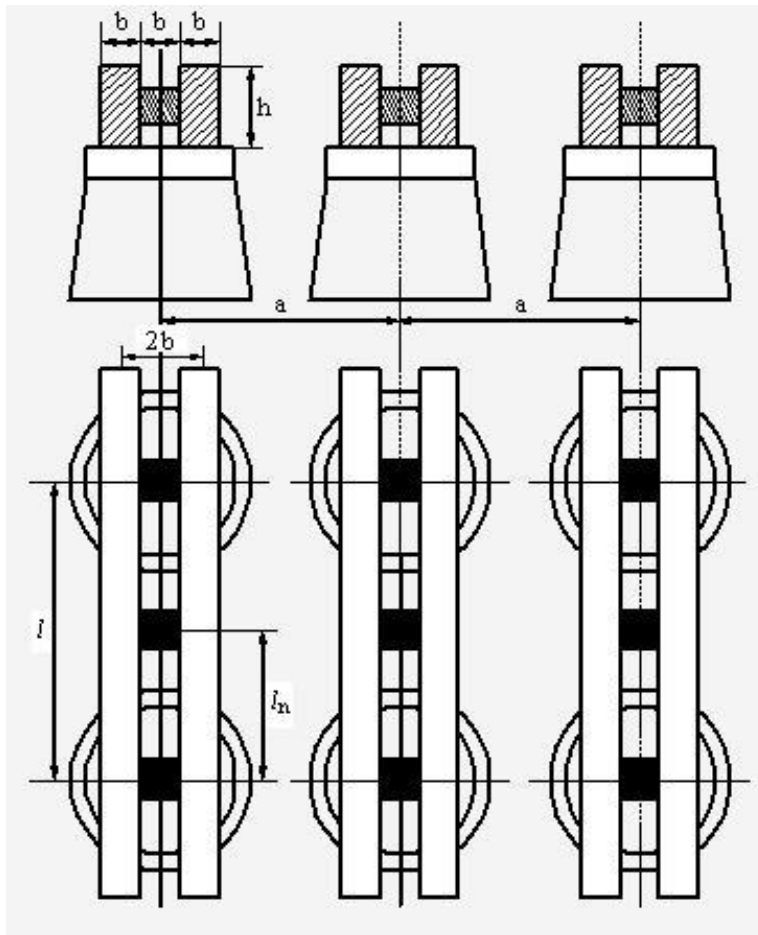
Шинні конструкції розподільчих пристроїв поділяють на струмопроводи, які виконуються жорсткими (ЗРП і вводи в них) або гнучкими (ВРП) шинами, закріпленими на ізоляторах. Шини і кабелі застосовують, як правило, **алюмінієві**.

**Шинопроводи** – це дешевий та інколи єдино можливий спосіб приєднати (ошинувати) потужні генератори та трансформатори в електричних схемах.

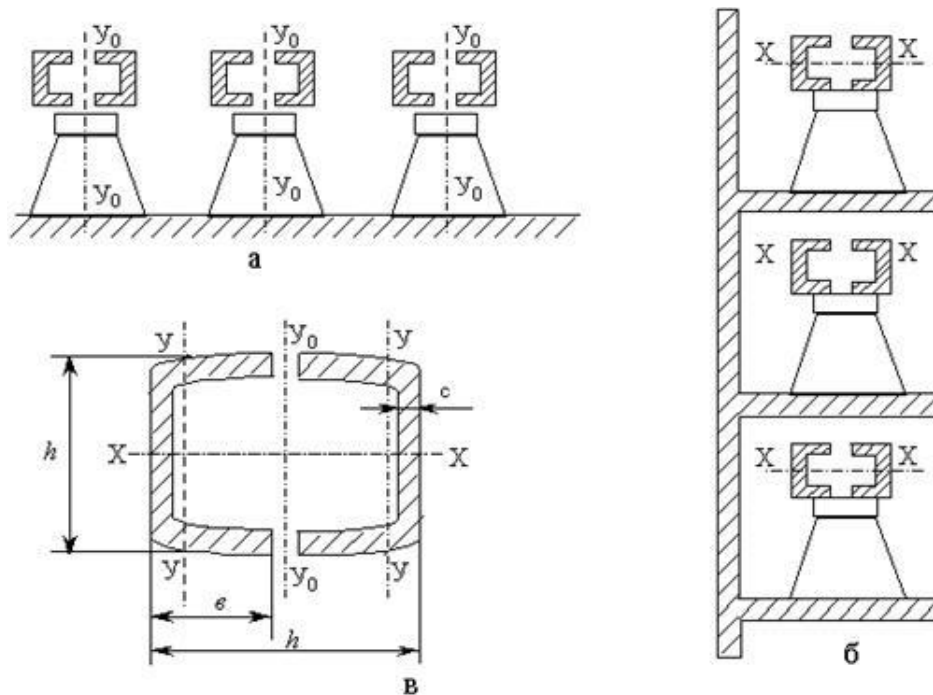


**Рис. 15. Однополосні шини**

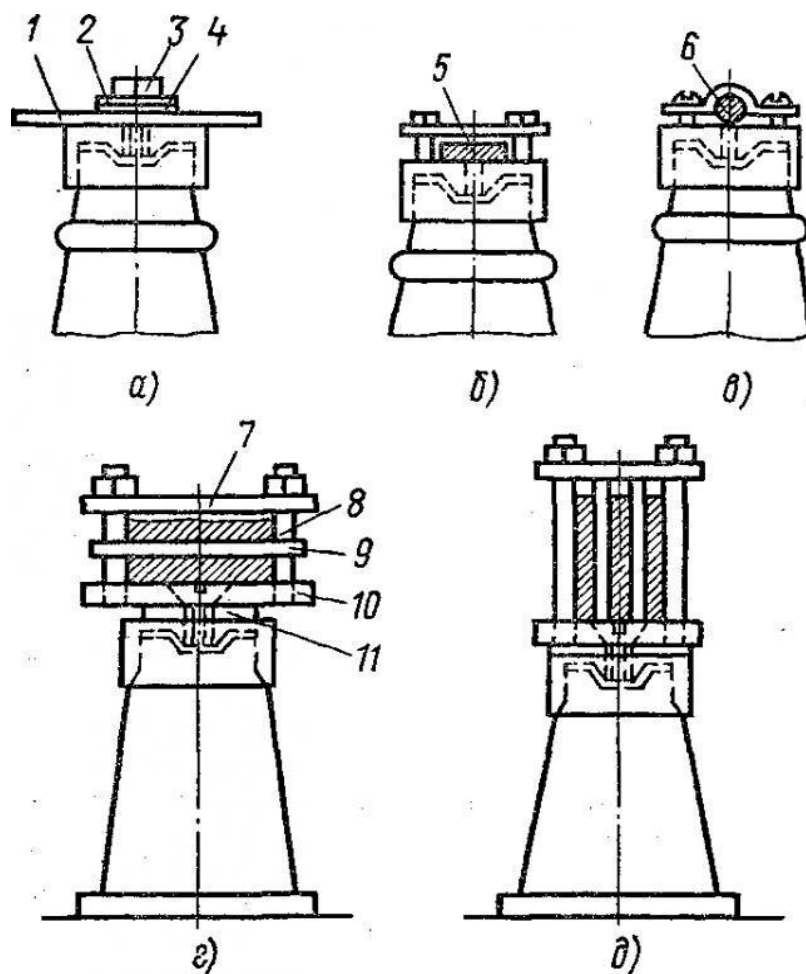
- а) розташування шин більшою стороною у горизонтальній площині;  
 б) вид зверху шинопроводу;  
 в) розташування шин «ребром» у вертикальній площині



**Рис. 16. Пакет двополосних шини**

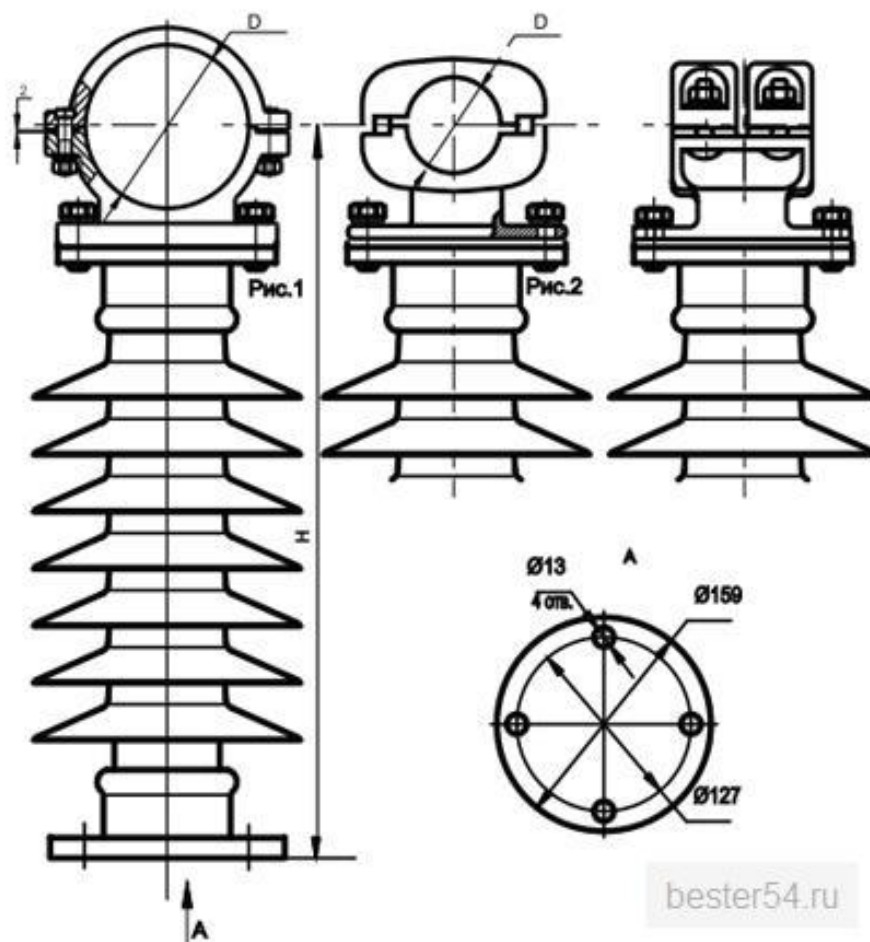


**Рис. 17. Шини коробчатого (швелерного) перетину**



**Рис. 18. Способи кріплення жорстких шин**

- а) однополосний шинопровід, шини розташовано у горизонтальній площині.
- б) однополосна шина.
- в) гнучка шина.
- г) двополосний пакет, шини розташовано у горизонтальній площині.
- д) триполосний пакет, шини розташовано у вертикальній площині.



**Рис. 19. Зовнішній вигляд полімерних ізоляторів жорстких шин**



## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Кирик В.В. Електричні мережі : підручник / В. В. Кирик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 280с.
2. Електричні системи і мережі. Частина 1 : навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський ; за ред. П. Д. Лежнюка. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 200 с.
3. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167 с.
4. Чижевський В.В. Електричні мережі. Практикум -Навчальний посібник– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 66 с.