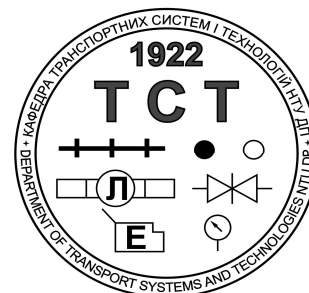


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



Л.Н. Ширін
О.В. Денищенко
Є.А. Коровяка
В.О. Расцветаєв

ПРОЕКТУВАННЯ В НАФТОГАЗОВІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Конспект лекцій
для студентів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та
технології

Дніпро
НТУ «ДП»
2018

УДК 622.692

Затверджено до видання редакційною радою Державного ВНЗ «НГУ» (протокол № від __.__.____р.) за поданням методичної комісії спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології (протокол № від __.__.____р.).

Проектування в нафтогазовій інженерії: Конспект лекцій/
Л.Н. Ширін, О.В. Денищенко, Є.А. Коровяка, В.О. Расцветаєв;
Нац. техн. ун-т. – Д. : НТУ ДП, 2018. – с.

Зміст конспекта лекцій відповідає робочій програмі дисципліни «Проектування в нафтогазовій інженерії», що розроблена на основі освітньо-професійної програмі підготовки магістрів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології.

Викладено теоретичні положення застосування й конструктивні особливості, методики експлуатаційних розрахунків транспорту при геологорозвідувальних роботах і комплексів трубопровідного транспорту нафти, нафтопродуктів і газу. Надані в конспекті рекомендації полегшують вибір серійних промислових машин та устаткування відповідних типорозмірів, формують уявлення про його основні технічні показники, що забезпечують експлуатацію в конкретних виробничих умовах.

Навчальний посібник буде в пригоді фахівцям, що експлуатують нафтогазове обладнання.

УДК 622.692

© Ширін Л.Н., Денищенко О.В.,
Коровяка Є.А., Расцветаєв В.О., 2018
© НТУ «Дніпровська
політехніка», 2018

ISBN

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ПЕРЕДМОВА

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Терміни і визначення

1.2. Стадії проектування

2. ОСОБЛИВОСТІ РІЗНИХ СПОСОБІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ І ГАЗУ

2.1. Трубопровідний транспорт

2.2. Залізничний транспорт

2.3. Морський транспорт

2.4. Річковий транспорт

2.5. Автомобільний транспорт

3. ТРАНСПОРТ ПРИ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБОТАХ

3.1. Особливості транспорту при геологорозвідувальних роботах

3.2. Види транспорту при розвідці родовищ

3.3. Залізничний транспорт

3.3.1. Рухомий склад

3.3.2. Вузькоколіїні залізничні шляхи

3.4. Автомобільний і тракторний транспорт

3.4.1. Рухомий склад автотранспорту

3.4.2. Автотракторні дороги

3.5. Річковий транспорт

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

5. ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

6. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ

7. ВИМОГИ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДО НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ І НАЛИВНИХ СТАНЦІЙ

8. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ І РЕЖИМИ РОБОТИ НАФТОПРОВОДУ

9. ВИМОГИ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДО МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

9.1. Загальні відомості

9.2. Лінійні споруди

9.3. Вузли редукування газу

9.4. Вузли очистки газопроводів

9.5. Запірна арматура

9.6. Електропостачання лінійних споруд

9.7. Телемеханізація лінійної частини

9.8. Електрохімзахист

9.9. Компресорні станції

9.10. Газорозподільні станції

10. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ

**10.1. Визначення пропускної здатності і продуктивності
магістральних газопроводів**

10.2. Гідравлічний розрахунок ділянки газопроводу

10.3. Розрахунок робочих параметрів нагнітачів

**10.4. Розрахунок робочих параметрів поршневих
газоперекачувальних
агрегатів**

**10.5. Розрахунок наявної потужності приводу газоперекачувальних
агрегатів**

10.6. Розрахунок витрати електроенергії для електроприводних КС

11. ЕКОНОМІКА РІЗНИХ СПОСОБІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ

**11.1. Вибір раціонального способу транспортування нафтових
вантажів**

**11.2. Методика розрахунку характеристик за способами
транспортування**

**11.2.1. Розрахунок економічних показників трубопровідного
транспорту**

11.2.2. Розрахунок економічних показників залізничного транспорту

11.2.3. Розрахунок економічних показників водного транспорту

11.2.4. Приклад розрахунку економічних показників

ПІСЛЯМОВА

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АЗК – автомат закриття крана
АПО – апарат повітряного охолодження
АТС – автоматична телефонна станція
БДН – будівельні норми і правила
ВЕБ – виробничо-енергетичний блок
ВЗ – вузькоколійна залізниця
ГПА – газоперекачувальний агрегат
ГРС – газорозподільна станція
ГТУ – газотурбінна установка
ГЩУ – головний щит управління
ДПКС – диспетчерський пункт компресорної станції
ЕВТ – електростанція власних потреб
ЄСГ – єдина система газопостачання
ЗРУ – закритий розподільний пристрій
КВП – контрольно-вимірювальні прилади
КС – компресорна станція
КТМ – керівний технічний матеріал
ЛЕП – лінія електропередачі
ЛЕС – лінійно-експлуатаційна служба
ПЛ – повітряна лінія електропередачі
ПСГ – підземне сховище газу
ПУЕ – правила улаштування електроустановок
УКЗ – установка катодного захисту
УКЗВ – установки катодного захисту високовольтні
УКЗН – установки катодного захисту низьковольтні

ПЕРЕДМОВА

Частка нафти і природного газу в загальному балансі використання первинних енергоресурсів нашої країни становить 61 %. Україна відноситься до країн з дефіцитом власних природних вуглеводневих ресурсів і тому підвищення їх видобутку є завданням державного значення.

Дисципліна "Проектування трубопроводів" є однією з спеціальних дисциплін спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія і технології.

Її метою є придбання студентами знань з основ проектування магістральних газопроводів, а також освоєння методик розрахунків основних технологічних процесів при транспортуванні нафти, нафтопродуктів і газу.

Дисципліна складається з лекційного курсу і практичних занять. Для повного освоєння предмету студентам виділяється окрім часу на аудиторні заняття час на самостійну роботу і на виконання домашньої контрольної-розрахункової роботи.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен дістати навички з проведення проектних розрахунків нафтогазопроводів, підбору устаткування насосних і компресорних станцій, розробки технологічних схем і генпланів об'єктів нафтогазопроводів, засвоїти питання, зв'язані з техніко-економічним обґрунтуванням підбору способу транспортування нафтовантажів, оптимізацією проектних рішень.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Терміни і визначення

Генеральне проектування – це комплексний процес зведення об'єкта будівництва або реконструкції. Він починається зі збору даних, узгодження бюджетів та ескізів, а закінчується авторським наглядом над реалізацією проекту і контролем виконання завдань відповідно до наявної проектної документації. Для того щоб забезпечити об'єкт, який будується або реконструюється, потрібними для його життєзабезпечення енергоресурсами і іншими комунікаціями, необхідно послідовне виконання всіх стадій проектування:

- 1) грамотне і коректне складання технічного завдання;
- 2) отримання від замовника вихідних даних, їх аналіз та опрацювання;
- 3) проведення організаційно-технологічного підготовчого етапу;
- 4) розробка проекту за визначеними стадіями;
- 5) складання кошторисів;
- 6) експертиза та затвердження проекту;
- 7) авторський нагляд над виконанням будівельних робіт;
- 8) допомогу в здачі об'єкта в експлуатацію;
- 9) забезпечення виведення об'єкта на проектну потужність.

Цілі і завдання проектування. Проектом називається комплексний документ, який складається з текстових (пояснювальна записка, розрахунки, обґрунтування) і графічних (креслення і схеми) матеріалів, замовних специфікацій на матеріали, вироби та обладнання, а також кошторисних документів, відповідно до яких будують і експлуатують підприємства.

Розробка проекту включає комплекс дослідницьких, проектно-конструкторських, розрахункових, кошторисних та інших робіт, спрямованих на виявлення найбільш доцільного об'ємно-планувального рішення проектованої будівлі, а також його вартості. Цільовим призначенням проекту визначаються технічні та організаційно-економічні завдання, які вирішуються в процесі проектування. Основними з них є:

- організація технологічного процесу виробництва підприємства в цілому і окремих його цехах;
- підбір і розміщення основного та допоміжного обладнання, систем енерго- та водопостачання
- визначення методів видалення відходів виробництва та їх утилізація;
- розрахунок чисельності виробничо-технічного персоналу, визначення термінів окупності;
- розробка об'ємно-планувальної схеми будівлі, що відповідає технологічним процесам;
- вибір будівельних та оздоблювальних матеріалів.

При розробці проекту підприємства нафтогазової сфери важлива роль належить інженеру-технологу. Працюючи в системі видобутку і транспортування вуглеводневих енергоносіїв та виступаючи в якості представника замовника, він видає проектній організації вихідний матеріал

(техніко-економічні розрахунки, завдання на проектування), що зумовлює специфіку майбутнього підприємства. Як фахівець проектної організації інженер-технолог бере безпосередню участь у виконанні технологічної частини – основи всього проекту. У зв'язку з цим інженер-технолог:

- повинен бути знайомий з організацією проектування підприємства нафтогазової сфери: знати склад проектно-технічної документації, мати поняття про стадії проектування при типовому та індивідуальному проектуванні;

- вміти виконувати необхідні технологічні розрахунки: розробляти виробничу програму підприємства, проводити розрахунок і підбір технологічного і допоміжного обладнання, визначати площі приміщень, проводити розрахунок чисельності виробничих працівників;

- знати загальні вимоги до компоновання приміщень і принципи об'ємно-планувальних рішень підприємств нафтогазової сфери.

Курс "Проектування в нафтогазовій інженерії" тісно пов'язаний з такими дисциплінами, як "Фізика", "Хімія", "Вища математика", "Основи нафтогазової справи", "Транспортні системи і технології", "Основи транспортування і зберігання вуглеводневих енергоносіїв", "Охорона праці і завершує теоретичне навчання інженерів-технологів нафтогазової сфери.

1.2. Стадії проектування

Згідно з нормативними документами [1] встановлено наступні стадії проектування об'єктів:

- техніко-економічне обґрунтування (ТЕО);
- техніко-економічний розрахунок (ТЕР);
- ескізний проект (ЕП);
- проект (П);
- робочий проект (РП);
- робоча документація (Р).

При розробленні проектної документації для будівництва враховується чинна містобудівна документація. Не допускається розроблення проектної документації без інженерних вишукувань, що повинні бути виконані відповідно до [2] на нових земельних ділянках, а при реконструкції та капітальному ремонті об'єктів - без уточнення раніше виконаних інженерних вишукувань та інструментального обстеження об'єктів.

Проектна документація для будівництва має відповідати положенням законодавства, вимогам будівельних норм та нормативних документів.

Проектувальники при розробленні проектної документації повинні забезпечувати відповідність проектних рішень:

- архітектурним і містобудівним вимогам, визначеним у містобудівних умовах і обмеженнях забудови земельної ділянки;
- вихідним даним;
- вимогам чинних будівельних норм та нормативних документів, зокрема [3, 4, 5, 6];

– основним вимогам до об'єктів щодо забезпечення механічного опору та стійкості; дотримання вимог пожежної безпеки; забезпечення безпеки життя і здоров'я людини та захисту навколишнього природного середовища; забезпечення безпеки експлуатації; забезпечення захисту від шуму; економії енергії;

– вимогам з охорони праці та експлуатаційної надійності.

Шляхи досягнення основних вимог до об'єктів зазначаються у пояснювальній записці до проектної документації у розділі із забезпечення надійності та безпеки.

Оформлення проектної документації здійснюється згідно з нормативними документами комплексу А.2.4 "Система проектної документації для будівництва".

До складу вихідних даних належать:

- завдання на проектування;
- інші вихідні дані .

До завдання на проектування входять:

1. Містобудівні умови і обмеження забудови земельної ділянки.
2. Фрагмент чинної містобудівної документації: генерального плану, детального плану або плану зонування території (за наявності останньої), схеми планування району (за наявності).
3. Вихідні дані та вимоги на розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у разі необхідності.
4. Пропозиції та дані про імпорتنі будівельні конструкції, вироби, обладнання з показниками енергоефективності, якщо це відомо замовнику.
5. Матеріали інвентаризації, оціночні акти, рішення органів місцевого самоврядування про знесення і характер компенсації за будинки та споруди, зелені насадження, які підлягають знесенню (у разі необхідності).
6. Дані для розроблення рішень з організації будівництва і складання кошторисної документації.
7. Дані про види застосовуваного палива та дозвіл на його використання.
8. Для об'єктів виробничого призначення додатково подаються такі матеріали:
 - 1) дані технічних завдань на машини та обладнання з тривалим циклом розроблення, конструювання і виготовлення;
 - 2) номенклатура продукції, виробнича програма;
 - 3) креслення та/або технічні характеристики продукції підприємства;
 - 4) відомості про імпортне та вітчизняне обладнання або креслення на нетипове та нестандартизоване обладнання з показниками енергоефективності;
 - 5) необхідні дані щодо виконаних науково-дослідних робіт, пов'язаних з утворенням нових технологічних процесів і обладнання;
 - 6) при забудові площ залягання корисних копалин - дозвіл на забудову згідно з чинним Положенням.
9. При реконструкції, капітальному ремонті та технічному переоснащенні об'єктів будівництва:

1) висновки про результати інструментального обстеження будівельних конструкцій, обмірювальні креслення, відомості про послідовність перенесення діючих інженерних мереж та комунікацій, дані з інвентаризації існуючих на підприємствах (будинках, спорудах) джерелах забруднення;

2) висновки та матеріали, виконані за результатами обстеження діючих виробництв, конструкцій будинків та споруд;

3) технологічні планування діючих виробництв (цехів), ділянок зі специфікацією обладнання і відомостями про його стан;

4) умови на розміщення інвентарних тимчасових будинків і споруд, підйомно-транспортних машин та механізмів, місць складування будівельних матеріалів тощо;

5) переліки існуючих будинків (приміщень) і споруд, підйомно-транспортних засобів підприємства (будинку, споруди), які можуть бути використані в процесі виконання будівельних робіт;

6) інші необхідні дані.

10. При капітальному ремонті об'єктів - дефектний акт.

11. Технічні умови на приєднання запроектованого об'єкта до інженерних мереж і комунікацій.

12. Технічні умови в частині забезпечення протипожежного захисту об'єкта.

13. Додаткові технічні умови зацікавлених організацій.

Перелік вихідних даних та технічних умов, які надаються замовником, визначається при підписанні договору на виконання відповідних стадій проектування.

До інших вихідних даних належать також:

1. Назва та місцезнаходження об'єкта.

2. Підстава для проектування.

3. Вид будівництва.

4. Дані про інвестора.

5. Дані про замовника.

6. Джерело фінансування.

7. Необхідність розрахунків ефективності інвестицій.

8. Дані про генерального проектувальника.

9. Стадійність проектування з визначенням затверджувальної стадії (визначається спільно замовником та проектувальником).

10. Інженерні вишукування.

11. Дані про особливі умови будівництва (сейсмічність, просадні ґрунти, території, що підроблюються і підтоплюються, тощо).

12. Основні архітектурно-планувальні вимоги і характеристики запроектованого об'єкта.

13. Черговість будівництва, необхідність виділення пускових комплексів.

14. Визначення класу (наслідків) відповідальності, категорії складності та устанавленого строку експлуатації;

15. Вказівки про необхідність:

- 1) розроблення індивідуальних технічних вимог;
- 2) розроблення окремих проектних рішень у декількох варіантах і на конкурсних засадах;
- 3) попередніх погоджень проектних рішень;
- 4) виконання демонстраційних матеріалів, макетів, креслень інтер'єрів, їх склад та форма;
- 5) виконання науково-дослідних та дослідно-експериментальних робіт у процесі проектування і будівництва;
- 6) технічного захисту інформації.

16. Дані про вид палива та попередні погодження щодо його використання, якщо передбачається власне тепlopостачання.

17. Потужність або характеристика об'єкта, виробнича програма.

18. Вимоги до благоустрою майданчика.

19. Вимоги до інженерного захисту територій і об'єктів.

20. Вимоги щодо розроблення розділу "Оцінка впливів на навколишнє середовище".

21. Вимоги з енергозбереження та енергоефективності.

22. Дані про технології і (або) науково-дослідні роботи, які пропонує застосувати замовник.

23. Вимоги до режиму безпеки та охорони праці.

24. Вимоги щодо розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони).

25. Вимоги до систем протипожежного захисту об'єкта.

26. Вимоги до розроблення спеціальних заходів.

27. Призначення нежитлових поверхів.

28. Перелік будинків та споруд, що проектуються у складі комплексу.

Завдання на проектування (або коригування проекту) затверджується замовником та погоджуються інвестором (розпорядником коштів) та проектувальником.

Склад завдання на проектування може змінюватися відповідно до особливостей об'єктів, що проектуються, і умов будівництва.

Проектування може виконуватись за чергами будівництва, а також із виділенням пускових комплексів, якщо це передбачено завданням на проектування. У цьому разі стадія, яка затверджується або схвалюється, розробляється у цілому на об'єкт, у тому числі по чергах будівництва, а також з виділенням пускових комплексів. Інші стадії розробляються відповідно до завдання на проектування.

Черги та пускові комплекси будівництва повинні забезпечувати санітарно-побутові умови, пожежну безпеку, охорону праці та охорону навколишнього середовища.

При розробленні проектної документації для об'єктів, що підлягають науково-технічному супроводу, слід керуватися вимогами [7].

У разі застосування проектної документації (проектних рішень) для повторного використання проектна документація на новий об'єкт будівництва складається з документації проекту (проектних рішень)

повторного використання і документації на його прив'язку до конкретного майданчика, зміст якої визначається окремими нормативними документами.

Для підприємств і споруд із складною технологією виробництва або такою, що не має аналога, в проектах в обґрунтованих випадках може передбачатись випереджувальне будівництво та введення в дію дослідних цехів та стендів для виконання досліджень, відпрацювання та випробування експериментальних та нових технологій, обладнання, матеріалів та виробів.

Проектування експериментального будівництва здійснюється відповідно до вимог законодавства, будівельних норм, стандартів і правил, а також Індивідуальних технічних вимог та повинно передбачати науково-технічний супровід згідно з [7].

Проектування об'єктів будівництва на ділянках залягання корисних копалин загальнодержавного значення, не пов'язане з їх видобутком, допускається за погодженням із відповідними територіальними геологічними підприємствами та органами державного гірничого нагляду відповідно до чинного законодавства.

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) і техніко-економічний розрахунок (ТЕР) розробляються на підставі завдання замовника для об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, які потребують детального обґрунтування відповідних рішень та визначення варіантів і доцільності будівництва об'єкта.

ТЕР застосовується для технічно нескладних об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури.

За відповідного обґрунтування замовником може бути прийнято рішення щодо розроблення ТЕО для об'єктів невиробничого призначення.

ТЕО (ТЕР) обґрунтовує основні проектні рішення, потужність виробництва, номенклатуру та якість продукції, якщо вони не задані директивно, кооперацію виробництва, забезпечення сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, паливом, електро- та теплоенергією, водою і трудовими ресурсами, включаючи вибір конкретної ділянки для будівництва, вартість будівництва та основні техніко-економічні показники.

При підготовці ТЕО (ТЕР) повинна здійснюватись всебічна оцінка впливів планованої діяльності на стан навколишнього середовища (ОВНС) згідно з [8]; рекомендовані рішення ТЕО (ТЕР) мають обґрунтовуватись результатами ОВНС; матеріали ОВНС, оформлені у вигляді спеціальної частини (розділу) документації, є обов'язковою складовою ТЕО (ТЕР).

ТЕР виконується у скороченому обсязі порівняно з ТЕО відповідно до характеру об'єкта та вимог завдання.

ТЕО для об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури складається, як правило, з таких розділів:

1. Вихідні положення, в яких зазначається технічна можливість та економічна доцільність нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту або технічного переоснащення об'єктів.

2. Обґрунтування проектної потужності об'єкта, передбачуваного асортименту продукції, запланованої до випуску, а також міркування щодо її збуту.

3. Обґрунтування чисельності нових або додаткових робочих місць виробничого персоналу.

4. Дані про наявність сировинної бази, про забезпечення основними матеріалами, енергоресурсами, напівфабрикатами, трудовими ресурсами з обґрунтуванням можливості їх використання або одержання.

5. Дані інженерних вишукувань.

6. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС).

7. Схеми генплану та транспорту.

8. Схема зведеного плану інженерних мереж.

9. Основні рішення з інженерної підготовки території і захисту об'єкта від небезпечних природних чи техногенних факторів.

10. Основні технологічні, будівельні та архітектурно-планувальні рішення.

11. Основні рішення та показники з енергоефективності, порівняння варіантів, облік і використання вторинних та поновлюваних ресурсів, з охорони праці.

12. Основні положення з організації будівництва.

13. Заходи щодо технічного захисту інформації.

14. Основні рішення з санітарно-побутового обслуговування працюючих.

15. Основні рішення з вибухопожежної безпеки виробництва.

16. Основні рішення щодо реалізації інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони).

17. Ідентифікація та декларація безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

18. Доступність території об'єкта для маломобільних груп населення (крім об'єктів виробничого призначення).

19. Обґрунтування ефективності інвестицій.

20. Висновки з визначенням вибраного варіанту запропонованих рішень та пропозиції.

21. Проектні терміни будівництва.

22. Техніко-економічні показники.

23. Кошторисна документація.

ТЕР складається, як правило, з таких розділів:

1. Вихідні положення, в яких зазначається технічна можливість та економічна доцільність нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту або технічного переоснащення об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури.

2. Обґрунтування проектної потужності об'єкта, передбачуваного асортименту продукції, запланованої до випуску, а також міркування щодо її збуту.

3. Обґрунтування чисельності нових або додаткових робочих місць виробничого персоналу.

4. Дані інженерних вишукувань.
5. Схеми генплану та транспорту з мережами.
6. Основні рішення з інженерної підготовки території і захисту об'єкта від небезпечних природних чи техногенних факторів.
7. Основні технологічні, будівельні та архітектурно-планувальні рішення.
8. Основні рішення та показники з енергоефективності, з охорони праці.
9. Основні положення з організації будівництва.
10. Заходи щодо технічного захисту інформації.
11. Основні рішення з санітарно-побутового обслуговування працюючих.
12. Доступність території об'єкта для маломобільних груп населення (крім об'єктів виробничого призначення).
13. Висновки з визначенням вибраного варіанту запропонованих рішень та пропозиції.
14. Проектні терміни будівництва.
15. Техніко-економічні показники.
16. Кошторисна документація.

Склад ТЕО може бути доповнений чи скорочений (за винятком матеріалів ОВНС) за рішенням замовника або за погодженням з ним.

Матеріали ОВНС можуть бути скорочені у разі окремого проектування об'єкта, який сам є об'єктом охорони навколишнього середовища за умови попереднього погодження з органами нагляду за екологічною безпекою.

Якщо ТЕО розробляється у декількох варіантах, то розділ ОВНС виконується після погодження замовником варіанта з коригуванням остаточного розрахунку кошторису.

Матеріали ТЕО (ТЕР) передаються замовнику на паперовому (в чотирьох примірниках) та електронному носіїві.

Ескізний проект (ЕП) розробляється на підставі завдання замовника для принципового визначення вимог до містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних та функціональних рішень об'єкта, підтвердження можливості створення об'єкта невикористаного призначення.

У складі ЕП для обґрунтування прийнятих рішень за завданням замовника виконуються розрахунки основних проектних рішень, кошторисної вартості та обґрунтування ефективності інвестицій, а також можуть додатково виконуватися інженерно-технічні розробки, схеми інженерного забезпечення об'єкта.

ЕП передається замовнику на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіїві в наступному складі:

1. Вихідні дані для проектування.
2. Коротка характеристика об'єкта.
3. Дані інженерних вишукувань.
4. Відомості про черговість будівництва та пускові комплекси.
5. Визначення вимог до містобудівних рішень.
6. Доступність об'єкта для маломобільних груп населення.

7. Основні техніко-економічні показники.

8. Кошторисна документація.

Основні креслення:

- ситуаційний план у масштабі 1:2 000 або 1:5 000;

- схема генерального плану у масштабі 1:500 або 1:1 000;

- схема транспортно-пішохідних зв'язків (за необхідності);

- плани поверхів, фасади, розрізи будинків та споруд;

- за завданням замовника принципові схеми влаштування інженерного обладнання, технологічні компонування, конструктивні рішення.

Проект (П) розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва.

П розробляється на підставі завдання на проектування, вихідних даних та схваленої при тристадійному проектуванні попередньої стадії.

Розділи П необхідно подавати у чіткій і лаконічній формі, без надмірної деталізації, у складі та обсязі, достатньому для обґрунтування проектних рішень, визначення обсягів основних будівельних робіт, потреб в обладнанні, будівельних матеріалах та конструкціях, положень з організації будівництва, а також визначення кошторисної вартості будівництва.

Матеріали П у повному обсязі передаються замовнику генеральним проектувальником на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіїві, субпідрядним проектувальником - генеральному проектувальнику в п'яти примірниках, а матеріали вишукувань відповідно в двох примірниках.

До складу проектної продукції, що передається замовнику, не входять інженерно-технічні, техніко-економічні, екологічні та інші розрахунки, матеріали проектів-аналогів, а також матеріали інженерних вишукувань. Ці матеріали зберігаються у проектувальника згідно з вимогами нормативних документів.

За необхідності виконання науково-дослідних, експериментальних робіт у процесі проектування і будівництва у проектній документації належить наводити їх перелік із стислою характеристикою і обґрунтуваннями необхідності їх виконання.

Склад розділів П на будівництво об'єктів виробничого призначення наступний :

Пояснювальна записка

1. Вихідні дані для проектування.

2. Коротка характеристика об'єкта (будови) та його склад:

1) дані про проектну потужність, номенклатуру, якість та технічний рівень продукції, сировинну базу;

2) результати розрахунків чисельного та професійно-кваліфікаційного складу працівників;

3) кількість та оснащеність робочих місць;

4) відомості про організацію, спеціалізацію та кооперування основного та допоміжного виробництв.

3. Дані інженерних вишукувань.

4. Відомості про потреби в паливі, воді, тепловій та електричній енергії, заходи щодо енергозбереження тощо, окремо на власні потреби та технологію.

5. Відомості про черговість будівництва та пускові комплекси.

6. Дані про ефективність капітальних вкладень (за необхідності).

7. Основні рішення та показники генерального плану, інженерних мереж і комунікацій.

8. Відомості про інженерний захист територій і об'єктів.

9. Охорона праці.

В розділі ОП наводяться такі відомості:

1) перелік основних нормативних документів;

2) заходи щодо забезпечення безпеки процесів та виробів;

3) токсикологічна, пожежо- і вибухонебезпечна характеристика матеріалів, продуктів, напівфабрикатів, відходів виробництва; контроль вимог безпеки;

4) характеристика виробничих приміщень, розрахунки або обґрунтування категорій вибухо- пожежної небезпеки, класів ПБЕ;

5) визначення енергетичного потенціалу вибухонебезпечних блоків, радіуси зон можливих зруйнувань; заходи щодо захисту персоналу від травмування, безпечної евакуації працюючих при можливих аваріях і пожежах;

6) дані з освітлення робочих місць, шуму, вібрації, способів вилучення і нейтралізації відходів із небезпечними властивостями;

7) засоби запобігання пожежам, вибухам, зберіганню і транспортуванню матеріалів, напівфабрикатів із небезпечними та шкідливими властивостями, ведення робіт із навантаження і розвантаження;

8) заходи щодо захисту працюючих від зовнішніх та внутрішніх факторів; наявність санітарно-побутових приміщень, медобслуговування;

9) дані про пільги, допустимість праці жінок і підлітків.

10. Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) відповідно до [6].

11. Розділ із забезпечення надійності та безпеки.

12. Ідентифікація та декларація безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

13. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС). Надається резюме заяви про екологічні наслідки згідно з [8], якщо вони не виконувались у ТЕО (ТЕР) або сталися зміни у технологічному процесі.

14. Оцінка ефективності прийнятих рішень і порівняння техніко-економічних показників проекту з показниками, які схвалені в ТЕО (ТЕР).

15. Оцінка економії, отриманої за результатами впровадження енергозберігаючих заходів.

16. Розділ із науково-технічного супроводу (у разі потреби).

17. Відомості з обсягами робіт.

18. Розрахунок категорії складності.

Генеральний план і транспорт

Розділ включає:

1. Коротку характеристику району будівництва та будівельного майданчика.
2. Рішення та показники генерального плану, внутрішньомайданчикowego і зовнішнього транспорту.
3. Основні планувальні рішення, заходи щодо благоустрою та обслуговування територій.
4. Рішення щодо розташування інженерних мереж та комунікацій.
5. Організацію охорони підприємства (будинку, споруди).

До основних креслень належать:

1. Ситуаційний план розташування підприємства, будинку або споруди з зазначенням на ньому зовнішніх комунікацій, мереж (існуючих та проєктованих) і території, призначеної під забудову в одному з масштабів 1:2 000, 1:5 000 або 1:10 000. Для лінійних споруд наводиться план траси (за необхідності - поздовжній профіль траси).

2. Генеральний план, на який наносяться будинки та споруди (існуючі та проєктовані, ті, що реконструюються і підлягають знесенню), об'єкти охорони навколишнього природного середовища і благоустрою, озеленення та спеціальні рішення про розміщення внутрішньомайданчикових інженерних мереж і транспортних комунікацій, планувальні відмітки території та мережі, які входять до пускових комплексів у масштабі 1:500 або 1:1000.

3. Картограма земляних робіт.

Технологічна частина включає:

- 1) коротку характеристику і обґрунтування рішень щодо прийнятої технології виробництва;
- 2) виділення технологічних вузлів;
- 3) рішення із застосування маловідходних та безвідходних процесів і виробництв;
- 4) дані про трудомісткість (верстатомісткість) виготовлення продукції, механізацію та автоматизацію технологічних процесів;
- 5) склад та обґрунтування обладнання, яке застосовується (в тому числі придбаного по імпорту);
- 6) кількість робочих місць та їх оснащеність;
- 7) загальну чисельність працівників, у тому числі за категоріями і кваліфікацією;
- 8) рішення з організації ремонтного господарства;
- 9) дані про кількість та склад шкідливих викидів в атмосферу та водні джерела (наводяться по окремих цехах виробництва, спорудах);
- 10) характеристики цехових і міжцехових комунікацій;
- 11) рішення з теплопостачання, електропостачання та електрообладнання;
- 12) пропозиції з експлуатації електроустановок;

13) паливно-енергетичний та матеріальний баланси технологічних процесів;

14) інженерні рішення щодо протипожежних заходів;

15) рішення щодо енергозбереження та застосування енергозберігаючих технологій.

Основні креслення технологічної частини:

1) принципіві схеми технологічних процесів;

2) технологічні компонування або планування по корпусах (цехах) із вказівками розміщення великого, унікального устаткування та транспортних засобів;

3) схеми вантажопотоків (для великих підприємств);

4) принципіві схеми електропостачання підприємства (будинку, споруди);

5) схеми трас магістральних і розподільних теплових мереж.

Склад, обсяг та зміст проектної документації розділу “*Організація будівництва*” встановлюються відповідно до вимог та рекомендацій [9].

Розділ “*Кошторисна документація*” включає зведення витрат та зведені кошторисні розрахунки вартості будівництва з об'єктними та локальними кошторисами й кошторисними розрахунками.

При застосуванні обладнання індивідуального виготовлення, включаючи нетипове і нестандартизоване, у відповідних розділах проекту належить наводити вихідні вимоги на розроблення цього обладнання.

Робочий проект (РП) розробляється для технічно нескладних об'єктів, а також об'єктів із застосуванням проектів (проектних рішень) повторного використання.

РП розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва і виконання будівельних робіт.

РП є інтегруючою стадією проектування і складається з двох частин – затверджувальної та робочої документації. Склад і зміст затверджувальної частини відповідають наведеним вище для проекту(П).

Для виконання будівельних робіт видається робоча документація у повному обсязі.

Затверджувальна частина РП та робоча документація передаються замовнику на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіїві.

Робоча документація (Р) розробляється на підставі затвердженої попередньої стадії у наступному складі:

1) робочі креслення;

2) паспорт опоряджувальних робіт;

3) кошторисна документація;

4) специфікації обладнання, виробів і матеріалів;

5) опитувальні аркуші та габаритні креслення на відповідні види обладнання та виробів;

6) робоча документація на будівельні вироби;

7) ескізні креслення загальних видів нетипових виробів.

Склад Р може уточнюватися і доповнюватися.

Окрім того, до складу Р для будівництва повинні входити:

1) переліки робіт, для яких необхідне складання актів на приховані роботи та актів проміжного прийняття відповідальних конструкцій;

2) вихідні вимоги щодо розроблення конструкторської документації на обладнання індивідуального виготовлення (включаючи нетипове та нестандартизоване обладнання), за яким вихідні вимоги на попередніх стадіях не розробляються.

Обсяг та деталізація робочих креслень мають бути доведені до необхідної кількості та рівня.

Після затвердження П за рішенням замовника робоча документація може розроблятися автором проекту або іншим проектувальником. Розроблення робочої документації іншими проектувальниками здійснюється з дотриманням авторських рішень затвердженого П та додержанням авторських прав.

Р розробляється після затвердження попередньої стадії проектування, крім випадків, коли за рішенням проектувальника та замовника, який затверджує проектну документацію, може розроблятися робоча документація до затвердження попередньої стадії проектування. В окремих обґрунтованих випадках, що передбачається договором, за рішенням замовника та генпроектувальника стадія Р може розроблятися до затвердження попередньої стадії проектування.

За окремими, особливо складними, об'єктами проектувальник при виконанні робочої документації може здійснювати додаткові розробки, які не передбачені нормативними документами і уточнюють матеріали проекту.

При проектуванні об'єктів з особливо складними конструкціями і методами провадження робіт (що обов'язково має бути обґрунтовано в пояснювальній записці проекту) можуть бути включені робочі креслення на спеціальні допоміжні споруди, пристосування та установки. Зазначені креслення та кошторис розробляються на підставі обґрунтування, яке направляється генеральним проектувальником замовнику.

Вихідні дані щодо імпортного обладнання і креслення на обладнання індивідуального виготовлення проектувальнику надаються замовником до початку розроблення робочої документації, якщо інше не передбачено умовами договору та/або завданням на проектування.

Розроблення проектно-конструкторської документації на обладнання і конструкції індивідуального виготовлення, включаючи нетипове та нестандартизоване обладнання, виконується за узгодженням з виробником на підставі вихідних даних і технічного завдання, розробленого проектувальником. Проектувальник може розробляти проектно-конструкторську документацію на вказане обладнання і конструкції.

Деталювальні креслення металевих конструкцій (КМД), технологічних трубопроводів, газо-повітропроводів та інших необхідних конструкцій розробляє завод-виробник на підставі креслень проектувальника стадії конструкції металеві (КМ), наданих замовником.

Робочі креслення, кошторисна документація, специфікації обладнання, виробів і матеріалів, креслення металевих конструкцій, трубопроводів, повітропроводів, а також проектна документація на будівництво об'єктів передаються замовнику на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіїві.

Робочі креслення проекту (проектних рішень) повторного використання, за яким на одному майданчику повинно здійснюватись будівництво декількох однакових об'єктів, передаються в чотирьох примірниках лише для одного з цих об'єктів, а для інших - по два примірники. Документація на частину, що змінюється, передається замовнику на паперових носіях у чотирьох примірниках у повному обсязі на кожен об'єкт.

Субпідрядний проектувальник передає генеральному проектувальнику робочу документацію на один примірник більше встановленої вище кількості примірників.

Державні стандарти, креслення типових конструкцій, виробів та вузлів, на які є посилання у робочих кресленнях, а також проекти (проектні рішення) повторного використання тимчасових споруд до складу робочої документації не входять і проектувальником замовникові не передаються.

Кошторисна документація на об'єкти будівництва в цілому та за окремими складовими обчислюється за нормативами з ціноутворення.

2. ОСОБЛИВОСТІ РІЗНИХ СПОСОБІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ, НАФТОПРОДУКТІВ І ГАЗУ

Нафта, нафтопродукти і газ доставляються трубопровідним, залізничним, морським, річковим і автомобільним транспортом [10].

Всі ці види транспорту мають свої особливості. Вони розрізняються за ступенем розвитку і регіонального розміщення, за рівнем технічного оснащення і умовами експлуатації, можливостями освоєння різних вантажопотоків, за пропускною і провізною здатністю на окремих напрямках і ділянках, за технічними параметрами, техніко-економічними показниками та іншими даними.

Тому при вирішенні питання про використання того чи іншого виду транспортування або про їх взаємодію між собою при змішаних перевезеннях в умовах багатоваріантних способів постачання необхідно приймати до уваги техніко-економічні особливості кожного з цих видів транспорту і т. п.

2.1 Трубопровідний транспорт

До магістральних нафтопроводів відносяться трубопроводи діаметром від 219 мм до 1220 мм включно і протяжністю 50 км і більше, які призначені для транспортування нафти з району видобування на нафтопереробні заводи (НПЗ), на пункти наливу (залізничні, морські, річні) або головні перекачувальні станції (ГПС) нафтопроводів. До магістральних нафтопродуктопроводів відносяться трубопроводи діаметром не менше 219 мм і протяжністю 50 км і більше, призначені для транспортування нафтопродуктів з районів їх виробництва, від НПЗ або перевальних нафтобаз в райони споживання – до розподільчих нафтобаз, наливних станцій, річкових або морських портів.

Трубопровідний транспорт має наступні характерні техніко-економічні особливості:

- магістральними трубопроводами постачають нафту, нафтопродукти і практично весь природний газ, що добувається як всередині країни, так і за її межами;

- магістральні нафто- і нафтопродуктопроводи зв'язують практично всі нафтовидобувні, нафтопереробні і нафтоспоживаючі центри, здійснюючи широкі транспортно-економічні операції з різними групами нафтових вантажів;

- трубопровідний транспорт - найбільш економічний і досконалий вид транспорту;

- магістральні трубопроводи дозволяють забезпечити можливість подачі практично необмеженого потоку нафти, автобензинів, дизельних і реактивних палив в будь-якому напрямі;

- магістральними трубопроводами проводять послідовне перекачування різних сортів нафти, газу, а також різних видів нафтопродуктів;

- робота магістральних трубопроводів безперервна, планомірна протягом року, місяця, доби і не залежить від кліматичних, природних, географічних та інших умов, що гарантує безперебійне забезпечення споживачів;

- трубопровід може бути прокладений практично в усіх районах, напрямках, в будь-яких інженерно-геологічних, топографічних і кліматичних умовах;

- траса трубопроводу - це найкоротший шлях між початковим і кінцевим пунктами проходження і може бути значно коротшим, ніж траси інших видів транспортування;

- спорудження трубопроводів проводиться порівняно швидко, що прискорює освоєння нафтових і газових родовищ, потужності НПЗ, незалежно від їх місцезнаходження;

- на магістральних трубопроводах може бути забезпечена повна автоматизація, застосування автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСК ТП) перекачування нафти, нафтопродуктів і газу;

- в умовах розвинутої єдиної транспортної мережі магістральні трубопроводи мають широкі можливості для взаємодії з іншими видами транспортування по сумісного постачання нафти, нафтопродуктів і вуглеводневої сировини;

- трубопровідний транспорт має найкращі техніко-економічні показники в порівнянні з іншими видами транспортування нафтових вантажів, а для транспортування природного газу, що знаходиться в газоподібному стані, є єдино можливим.

Перераховані особливості трубопровідного транспорту суттєво впливають на формування його техніко-економічних показників. Можливість значної автоматизації і телемеханізації, впровадження систем автоматизованого керування технологічними процесами – все це допомагає підтриманню оптимальних режимів експлуатації трубопровідних систем, скороченню затрат електроенергії, а також втрат нафти, нафтопродуктів і газу при перекачуванні, скороченню чисельності персоналу.

До недоліків трубопровідного транспорту потрібно віднести велику витрату металу і "жорсткість" траси перевезення, тобто неможливість зміни напряму перевезення нафти, нафтопродуктів або газу після будівництва трубопроводу.

Є і ряд невирішених питань, пов'язаних з недостатнім розвитком систем розгалужених нафтопродуктопроводів, розвитком мережі трубопроводів іншого призначення, з розширенням асортименту нафтопродуктів, які транспортуються і інших масових вантажів.

Відносно розвитку систем магістрального транспортування газу необхідно враховувати, що основною особливістю їх розвитку є жорсткий зв'язок транспортного процесу з добуванням і споживанням газу як палива. Зміна об'ємів видобування або споживання газу відбивається на об'ємах його транспортування, змінює параметри, а отже і техніко-економічні показники газопроводів. Цю особливість газопровідних систем необхідно враховувати

при проектуванні і спорудженні, тобто вибір параметрів і етапності розвитку систем не є завданням тільки транспорту, а є частиною завдання створення ефективної або оптимальної структури паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) країни.

2.2 Залізничний транспорт

Основні техніко-економічні особливості залізничного транспорту наступні:

- цей вид транспорту універсальний, забезпечує перевезення всіх вантажів, включаючи нафтові вантажі всіх видів, в тому числі і скраплені (зріджені) нафтові гази, в цистернах, бункерах або легкій тарі, а також пасажирів;

- залізничний транспорт може здійснювати транспортні зв'язки між більшістю пунктів виробництва і споживання нафти і нафтопродуктів з допомогою рухомого складу, володіючи неперервною розгалуженою мережею магістральних і під'їзних залізничних шляхів;

- можливість спорудження залізниць практично на будь-якій території країни і забезпечення стійких зв'язків між районами;

- висока провізна і пропускна здатність, особливо спеціалізованих залізниць

- можливість безперебійного і рівномірного здійснення перевезень нафтових вантажів в усі пори року і періоди доби;

- порівняно висока швидкість руху і відносно швидкі терміни доставки вантажів, тобто можливість перевезення вантажів не тільки в масовій кількості, але і доставка їх на значні відстані і в короткий термін;

- перевезення нафтових вантажів залізницею здійснюються найкоротшим шляхом у порівнянні з річковим, в ряді випадків і морським шляхом.

Поряд з вказаними позитивними факторами залізничний транспорт має ряд істотних недоліків. По-перше, для будівництва залізниць необхідно затратити значні капіталовкладення. По-друге, неможливість повного використання спеціалізованих вагонів – цистерн (через порожні пробіги). По-третє, обмеженість вантажопідйомності одного нафтоналивного маршруту, що потребує великої кількості локомотивів (тепловозів або електровозів). По-четверте, необхідність спорудження наливних станцій в пунктах відвантаження і прийому нафти, нафтопродуктів або скрапленого газу з великою кількістю під'їзних шляхів. По-п'яте, значні втрати нафти і нафтопродуктів при проведенні перевальних операцій і транспортуванні.

2.3 Морський транспорт

У порівнянні з іншими видами транспорту морський транспорт має наступні техніко-економічні особливості, які визначають в окремих випадках його перевагу:

- морський транспорт є єдиним транспортом, що забезпечує масові міжконтинентальні транспортно-економічні зв'язки, в тому числі їх експортно-імпортним перевезенням між державами;

- для перевезення нафтовантажів морським флотом використовуються природні водні шляхи, що не потребує затрат для їх спорудження або підтримання в експлуатаційному стані (крім каналів) і характеризується порівняно невеликими капіталовкладеннями;

- морський транспорт володіє практично необмеженою лінійною провізною і пропускною здатністю природних водних шляхів для перевезення нафтовантажів; а обмеження провізної здатності визначається в цьому випадку лиш пропускною здатністю морських портів і нафтобазового господарства, вантажопідйомністю і іншими показниками рухомих засобів флоту;

- незначна витрата палива і затрата енергії, так як морські шляхи горизонтальні, не зв'язані з рельєфом місцевості і тому не потребують затрат енергії на подолання сили тяжіння, яка виникає, наприклад, на залізницях;

- при перевезеннях на великі відстані більш низька, ніж на інших видах транспорту, собівартість перевезень.

До недоліків морського транспорту нафтовантажів відносяться:

- залежність його роботи від природно-кліматичних, природно-географічних і навігаційних умов;

- необхідність значних затрат на доставку нафтовантажів в порти відвантаження і наступного їх руху від портів прибуття до споживача іншими видами транспорту, здійснення додаткових навантажувально-розвантажувальних операцій;

- створення берегових морських перевальних нафтобаз і портів для перевалки нафти і нафтопродуктів, а також для створення їх запасів з врахуванням можливої нерівномірності роботи морського транспорту протягом року.

2.4. Річковий транспорт

Річковий транспорт є важливим елементом єдиної транспортної системи країни, якому властиві наступні техніко-економічні особливості:

- річковий флот використовується для доставки нафтових вантажів споживачам як всередині країни, так і за її межами;

- річковим флотом здійснюються перевезення нафти і нафтопродуктів не тільки ріками, але і морями (змішані перевезення);

- в деяких важкодоступних районах ряду країн річковий флот є єдиним видом транспортування нафтопродуктів;

- велика пропускна здатність річкових шляхів, що склались природньо, особливо глибоководних рік;

- відсутність необхідності створення спеціальних дорогих лінійних споруд і, як наслідок, порівняно менші капіталовкладення;

- провізна здатність річкового флоту визначається вантажопідйомністю нафтоналивного флоту і пропускної здатності причального і берегового нафтобазового господарства.

До істотних недоліків річкового транспорту потрібно віднести:

- залежність його роботи від природньо-географічних і природньо-кліматичних умов і, як наслідок, можливість перевезення нафтовантажів тільки протягом навігаційного періоду;

- необхідність створення значних міжнавігаційних запасів нафтопродуктів в місцях їх виробництва і використання;

- кривизна шляху, а звідси, і корабельного ходу, ступінчастість глибин на всій його довжині, що в ряді випадків перешкоджає проходженню кораблів великої вантажопідйомності всією судноплавною ділянкою ріки і, як наслідок, обмеженість одиночної потужності кораблів;

- обмеження в використанні рухомого складу, зв'язане з сезонністю роботи (тривалість навігаційного періоду для південних рік – (240-270) днів; для північних від 120 до 150 днів);

- збільшення довжини маршрутів проходження нафтовантажів;

- невелика в порівнянні з іншими видами транспорту швидкість перевезень;

- необхідність створення спеціального причального і нафтобазового господарства для здійснення прийому і відвантаження нафтопродуктів.

2.5. Автомобільний транспорт

Автомобільний транспорт володіє рядом техніко-економічних особливостей, що обумовлюють його інтенсивний розвиток і широке використання в усіх галузях народного господарства, в тому числі і постачання нафтопродуктів:

- автотранспорт є єдиним транспортом, що здійснює постачання нафтопродуктів або скрапленого газу від нафтобаз і наливних станцій безпосередньо споживачам, тобто забезпечує перевезення всередині країни;

- автотранспортом постачаються порівняно невеликі об'єми нафтовантажів на різну відстань з високою швидкістю доставки;

- він відрізняється великою маневреністю, мобільністю, рухомістю, проходимістю, що дозволяє забезпечити планомірне постачання нафтопродуктів споживачам практично в будь-який час;

- автотранспорт найбільш економічне використовується на коротких відстанях, наприклад, при організації самовивезення нафтопродуктів, тобто коли споживач сам вивозить нафтопродукти з нафтобази, або нафтопереробного заводу.

До недоліків автомобільного транспорту потрібно віднести:

- високі техніко-економічні показники, зв'язані з експлуатацією;

- низька провізна здатність автомобільних цистерн;

- наявність порожніх пробігів автоцистерн і, як наслідок, низька завантаженість рухомого складу;

- значна витрата нафтопродуктів на власні потреби;
- залежність від наявності і технічного стану автомобільних доріг, їх розгалуженості на території потрібного обслуговування.

Дослідження проблеми постачання нафтовантажів, вибору того чи іншого виду транспорту, як-це: трубопровідний, залізничний, водний і т.п. і (або) їх взаємодії в умовах розвинутої єдиної транспортної системи, повинні прийматися до уваги не тільки вказані техніко-економічні особливості, але і досягнутий рівень розвитку, техніко-економічні показники, сфери найбільш економічного застосування цих видів транспорту, регіональні особливості і інші дані.

3. ТРАНСПОРТ ПРИ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБОТАХ

3.1. Особливості транспорту при геологорозвідувальних роботах

При пошуках і розвідці родовищ корисних копалин в обжитих районах, пов'язаних постійними транспортними комунікаціями з промисловими центрами або з державною транспортною мережею, транспортної проблеми у геологорозвідників не існує. Невелика кількість вантажів, що складаються в основному з обладнання, доставляється до місця проведення робіт і вивозиться звідти після закінчення розвідки без особливих витрат по залізницях або водним шляхам.

Однак в більшості випадків геологорозвідувальні роботи здійснюються у віддалених районах з дуже слабо розвинутою мережею транспортних комунікацій. Відстань від залізниць, судноплавних річок і автотрас, а нерідко повна відсутність навіть тимчасових доріг для автотракторного і гужового транспорту змінюють стан речей. Послуги з перевезення вантажів і людей в цих умовах може перетворитися в складну проблему.

Під'їзні шляхи геологорозвідувальних експедицій і партій зазвичай характеризуються значною протяжністю, відносно малою терміном експлуатації при перевезенні по ним невеликої кількості вантажів. В одних випадках вантажами є обладнання та технологічні матеріали, в других – паливо і енергетичні установки, в третіх – будівельні матеріали, побутові вантажі, продовольство, іноді питна і технічна вода.

Перераховані вантажі можуть перевозитися цілодобово протягом усього періоду виконання робіт. Найчастіше основне перевезення вантажів приурочується до найбільш сприятливої для умов експлуатації транспорту пори року. Іноді, при невеликих обсягах геологорозвідувальних робіт, проводиться разове закидання необхідних вантажів.

Для своєчасного виконання геологорозвідувальних робіт необхідно передбачити [11,12]:

складання календарних планів відвантаження з баз постачання різноманітних вантажів, виходячи з встановлених термінів доставки їх в геологорозвідувальну експедицію або партію і з урахуванням необхідної рівномірності надходження вантажів на перевалочні пункти або навіть можливості безпосереднього перевантаження з одних транспортних засобів на інші;

формування та своєчасну підготовку парку транспортних засобів для транспортування вантажів від місця відправки до перевалочних пунктів і далі до місця призначення, зі складанням єдиного графіка перевезень вантажів змішаного сполучення;

максимально можливу механізацію вантажно-розвантажувальних робіт в пунктах відправлення, перевалки і отримання вантажів.

Недоліки в плануванні і відсутність врахування особливостей змішаного сполучення, характерного для геологорозвідувальних робіт, призводить до загального подорожчання транспортних операцій, до зривів термінів

доставки і збільшення часу перевезень вантажів, а також до зниження ефективності використання транспортних зв'язків.

Планування внутрішніх транспортних операцій має здійснюватися відповідно до календарного плану виконання геологорозвідувальних робіт на даному родовищі або ділянці. У деяких випадках, головним чином при перевезенні важкого і великогабаритного устаткування, слід дотримуватися досить тривалих підготовчих і дорожніх робіт (наприклад, під час перевезення бурової установки), час які необхідно передбачити при плануванні перевезень. При цьому в пошукових і невеликих геологорозвідувальних партіях обсяг дорожнього будівництва повинен бути мінімальним. Великі геологорозвідувальні експедиції, особливо ті, що ведуть буріння на нафту і газ і перевозять сотні тисяч тонн вантажів за сезон, часто ведуть дорожньо-будівельні роботи в значних обсягах.

В умовах повного бездоріжжя для зниження транспортних витрат доцільно достроково завозити вантажі з використанням зимових шляхів, а в весняний паводок – водних шляхів сполучення.

Відстань і важкодоступність районів ведення геологорозвідувальних робіт, сезонний характер їх, в деяких випадках можливість короткочасної експлуатації транспортних засобів і недостатня енергоозброєність - всі ці обставини визначають виключно важливе значення транспорту в процесі пошуків і розвідки родовищ корисних копалин.

3.2. Види транспорту при розвідці родовищ

Успіх виконання геологорозвідувальних робіт в значній мірі залежить від ретельно продуманої, чіткої організації транспортних перевезень. Залежно від географічних, кліматичних і топографічних умов, а також від величини вантажопотоків при геологорозвідувальних роботах використовуються різні види транспортних засобів.

Послуги з перевезення вантажів від баз матеріально-технічного постачання геологорозвідувальних об'єднань, від залізничних станцій, пристаней, великих перевалочних пунктів до баз експедицій зазвичай здійснюється по залізницях загального користування або по спеціально спорудженим на окремих ділянках вузькоколіїних залізницях, по річках, озерах і автодорогах. Відстані перевезень різняться і вимірюються зазвичай сотнями, а іноді тисячами кілометрів.

Транспортування вантажів здійснюють цілий рік. Однак при використанні водного транспорту, а іноді і автомобільного тривалість перевезень обмежується кількома місяцями. У деяких випадках перевезення вантажів здійснюється повітряним транспортом.

Від баз експедицій до геологорозвідувальних партій або ділянок вантажі перевозяться зазвичай на десятки, рідше – сотні кілометрів. Використання широкої колії і вузькоколіїних залізниць полегшує завдання транспортування. У лісових місцевостях іноді можливе перевезення вантажів вузькоколіїними дорогами лісорозробок, в районах діючих підприємств –

промисловими вузькоколіїками. При значних обсязі і тривалості геологорозвідувальних робіт доцільно будувати вузькоколіїні залізниці.

Водний транспорт, особливо придатний для руху по мілководним річках, знаходить широке застосування для доставки багатьох вантажів.

Найбільш поширеним засобом транспортування вантажів в розглянутих умовах є автомобілі нормальної і високої прохідності, а також трактори і гусеничні тягачі. Перевезення може здійснюватися як за існуючими, так і по спеціально побудованим геологорозвідувальних експедиціями і партіями дорогах. У специфічних умовах робіт використовуються вертольоти, а іноді навіть гужовий і в'ючний транспорт.

Перевезення вантажів зазвичай починається дещо раніше польового періоду і триває до його завершення. Однак час основних транспортних перевезень часто встановлюється, виходячи з можливості експлуатації транспортних комунікацій. Таким чином, транспортні зв'язки геологорозвідувальних експедицій і партій характеризуються великою різноманітністю транспортних засобів, вантажів та режимів експлуатації.

Для перевезення вантажів від баз партій до місць виконання робіт і на території ділянок роботи основними транспортними засобами є автомобілі, трактори і тягачі; іноді можливе застосування вертольотів, підвісних канатних доріг, трубопроводів, лебідок. В процесі геологорозвідувальних робіт важко переоцінити значення транспортних засобів в перевезенні людей на різні відстані. Самохідне технологічне обладнання, автомобілі, трактори, вертольоти і коні широко використовуються для перевезення персоналу партій і експедицій при геологознімальних, геофізичних, бурових, гірничо-розвідувальних та інших роботах.

Перераховані особливості перевезення вантажів і людей при розвідувальних роботах обумовлюють необхідність комплексного використання транспортних зв'язків, вирішення питань оптимального взаємодії різних видів транспорту, організації змішаних перевезень і створення складських і перевалочних баз, що дозволяють протягом певного часу акумулювати і зберігати необхідну кількість вантажів.

3.3. Залізничний транспорт

Залізниці виконують найбільшу частину вантажообігу і пасажирських перевезень. Геологорозвідувальні організації користуються залізничним транспортом для перевезення геологорозвідувального обладнання, інструменту, паливно-мастильних та інших матеріалів.

Крім широкої колії доріг є вузькоколіїні, що знаходяться у підпорядкуванні Укрзалізниці або належать промисловим підприємствам. При геологорозвідувальних роботах використовуються вузькоколіїні залізниці (ВЗ) для зовнішніх перевезень, оскільки розміри вантажопотоку обмежені, траси зазвичай складні, а райони робіт важкодоступні. Дуже часто геологорозвідувальними організаціями експлуатуються ВЗ, споруджені при лісо- та торфорозробках, а також гірничо-видобувними підприємствами, і

тільки окремі ділянки доріг будуються силами геологорозвідувальних експедицій. При проведенні гірничорозвідувальних виробок повсюдно будуються ВЗ для транспортування породи. Найбільш широко застосовуються ВЗ з шириною колії 750 мм.

3.3.1. Рухомий склад залізничного транспорту

На залізничному транспорті промислових підприємств знаходяться в експлуатації тепловози, електровози, локомотиви подвійного живлення (контактно-акумуляторні і дизель-контактні). Характерна особливість парку тепловозів промислового транспорту – переважання тепловозів малої потужності: більше 80% мають потужність 150-550 кВт.

На гірничорудних кар'єрах, а також на деяких металургійних заводах використовуються електровози типів ІУ-КП-І, ІЗЕ, 2ІЕ, 26Е, 27Е, ЕПІ, ЕП2.

Питома вага локомотивів різного типу в загальному інвентарному парку локомотивів промислового транспорту становить: електровозів – 20%, тепловозів (без мотовозів) – 80%.

На залізничному транспорті промислових підприємств є великий парк вагонів, який характеризується різноманіттям типів і конструкцій в залежності від їх призначення. Поряд з вагонами, що застосовуються на магістральному транспорті, є велика кількість спеціалізованих вагонів для перевезення вантажів, які не можуть перевозитися в вагонах загального призначення, а також вагонів технологічного призначення. У загальному парку вагонів на промисловому транспорті близько половини - спеціалізовані вагони, решта – вагони магістрального типу. У парку спеціалізованих вагонів близько 65% – вагони-самоскиди (думпкари). Парк вагонів магістрального типу має наступну структуру: криті – 5,1, напіввагони – 26,4, платформи – 35,5, цистерни – 29,8, інші вагони – 3,2%.

Вимоги, що пред'являються до рухомого складу:

1) типи і основні характеристики рухомого складу повинні затверджуватися в установленому порядку. Будь-який вид рухомого складу не можна допускати до експлуатації без попереднього затвердження його проекту і основних характеристик;

2) кожна одиниця рухомого складу повинна мати обов'язкові написи: найменування підприємства-власника, номер, фірмовий знак заводу-виробника, дата і місце ремонту, дати огляду резервуарів і контрольних приладів, вантажопідйомність і маса тари;

3) кожна одиниця рухомого складу в процесі експлуатації як в завантаженому, так і порожньому станах повинна відповідати габариту рухомого складу, встановленому стандартом;

4) весь рухомий склад, що знаходиться в експлуатації, повинен проходити технічне обслуговування і ремонт.

Умови експлуатації рухомого складу на промисловому транспорті значно відрізняються від умов роботи на магістральному транспорті.

Відзначимо деякі характерні особливості промислового транспорту, які висувають додаткові вимоги до влаштування та експлуатації рухомого складу:

наявність кривих малого радіусу в дорожньому розвитку багатьох промислових підприємств і, як наслідок, гірші умови безпечного вписування екіпажу;

при виконанні маневрових пересувань локомотиви працюють в невстановлених режимах. Для зрушення складу з місця і розгону потрібні великі тягові зусилля, що реалізуються короткочасно, а при маневровій роботі, що складає 45-75% часу роботи локомотива, характерна тривала робота силової установки локомотива при невеликому навантаженні і на холостому ході;

на підприємствах промисловості з видобутку і розвідки корисних копалин профіль колії відрізняється крутими підйомами та спусками;

недостатньо висока якість верхньої будови колії, особливо на шляхах тимчасових, пересувних, забійних, відвальних, лісовозних і торфовозних, значно погіршує умови експлуатації рухомого складу.

У зв'язку з цим локомотиви промислового транспорту повинні задовольняти таким умовам:

маневрові локомотиви повинні забезпечувати максимально можливі швидкості маневрових пересувань за умови безпечного руху, плавне прикладання тягових і гальмівних сил, простоту і зручність керування, швидке реверсування, високу надійність роботи всіх агрегатів, високий експлуатаційний коефіцієнт корисної дії;

дизелі промислових тепловозів повинні мати мінімальну витрату палива на режимах їх переважної роботи;

мінімальна частота обертання валу дизеля на холостому ході повинна бути не більше $300 \dots 350 \text{ хв}^{-1}$;

силова установка локомотивів повинна бути пристосована до різкозмінних режимів роботи;

гідропередачі тепловозів повинні забезпечувати прискорене наповнення і спорожнення гідроапаратів і високий ККД при малих швидкостях руху тепловоза;

в зимовий час тепловози повинні мати автоматичну систему прогріву дизеля після тривалої стоянки.

На промисловому транспорті експлуатуються тепловози більш двадцяти серій з гідравлічною і електричною передачами [13].

Габарити рухомого складу вузькоколійних залізниць. Для забезпечення безпечного руху рухомого складу в завантаженому та порожньому станах через мости, станційні та складські споруди, ворота депо і цехів заводів вводять обмеження на поперечні обриси локомотивів і вагонів, а також споруд та пристроїв. Ці обмеження називаються габаритами.

Габарит наближення будівель залізниць (Су) – граничний поперечний, перпендикулярний до осі колії, обрис, всередину якого, крім рухомого складу, не повинні заходитися ніякі частини споруд та пристроїв, в тому

числі предмети, що лежать біля колії, матеріали, за винятком пристроїв, призначених для безпосередньої взаємодії з рухомих складом.

Габарит рухомого складу залізниць (Tu) – граничний поперечний, перпендикулярний до осі колії, обрис, в якому, не виходячи зовні повинен розташовуватися встановлений на прямій горизонтальній колії рухомий склад як в порожньому, так і в навантаженому стані.

Якщо поєднати габарит наближення споруд і габарит рухомого складу, то між ними залишиться вільний простір, який гарантує вільний прохід рухомого складу з урахуванням можливих коливань його на ресорах, а також відхилень за рахунок нормованих відхилень в утриманні колії і елементах рухомого складу.

Для рухомого складу залізниць колії 750 мм [14] встановлено єдиний розмір Tu (рис.2.1).

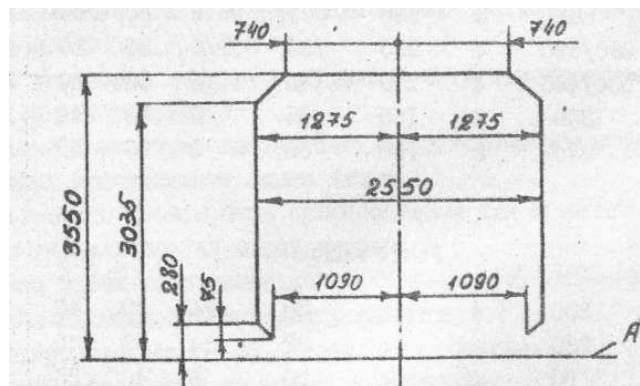


Рис.3.1. Схема габариту Tu рухомого складу колії 750 мм (А - рівень верху головки рейки)

Локомотиви. Локомотив являє собою силову тягову установку, що рухається по рейкових шляхах і призначений для переміщення потягів або окремих вагонів. По конструкції і типу первинних двигунів силової установки локомотиви поділяються на електровози та тепловози.

Електровоз – локомотив, у якого сила тяги створюється тяговими електродвигунами, що живляться електричним струмом від контактних проводів.

Тепловоз – локомотив, у якого в якості первинного двигуна застосований дизель. Обертальний момент до колісних пар від вала дизеля передається через спеціальний пристрій.

Основними типами локомотивів вузькоколійних залізниць є тепловози малої потужності типу ТУ6А, ТУ7А, ТУ8 і ТУ10 для роботи на тимчасових шляхах і на маневрах, технічна характеристика яких приведена в табл.3.1

Як показав досвід експлуатації, ці типи локомотивів сучасні і задовольняють вимогам всіх основних видів промисловості, що використовують вузькоколійні дороги для транспортування вантажів.

Тепловоз ТУ6А відноситься до локомотивів з механічною передачею. Від двигуна з частотою обертання валу 2000 хв⁻¹ крутний момент передається

на трансмісію, в яку входять: зчеплення, коробка передач, реверс-редуктор, карданна передача, осьові редуктори візків.

Таблиця 3.1. – Характеристики тепловозів вузької колії

Основні дані	ТУ7	ТУ5	ТУ4	ТУ3	ТУ2	ТУ2М К	ТУ6А	МД 54-4	ТУ8	ТУ10
Потужність, кВт	300 и 200	300	180	260	220	110	93	40	150	170
Службова маса, т	24 и 19,5	24	18	32	32	16	13	10	18	20
Навантаження осі на рейки, кН	59 и 48	59	44	78	78	39	32	25	40	50
Швидкість ривалого режиму, км/год	12	8	8	12,5	13	9	8	6	18	20
Мінімальний радіус кривих, м	40	40	40	70	50	30	40	25	40	40
Тип передачі	Гідровлічна	Гідровлічна	Гідровлічна	Гідровлічна	Гідровлічна	Гідровлічна	Механічна	Механічна	Механічна	Гідровлічна

Тепловоз ТУ7 за своїм призначенням універсальний, тобто служить для поїздної, вивізної і маневрової робіт на лісовозних, торфовозних та інших дорогах вузької колії. На тепловозі встановлена гідропередача, яка за бажанням замовників обладнується гідродинамічним гальмом типу МТ-420, що дозволяє скоротити витрату гальмівних колодок, підвищити вагові норми і безпеку руху поїздів. Особливо ефективним є застосування гідрогальм на дорогах при великих і зтяжних спусках. Крутний момент від дизеля передається на осі візка через гідропередачу, реверсивну коробку передач, карданний зв'язок і осьові редуктори. Перемикання ступенів швидкості автоматичне, система переключення реверсу – електропневматична.

Вагони. Сучасний парк вагонів магістрального і промислового залізничного транспорту характеризується різноманіттям типів і конструкцій в залежності від призначення, вантажопідйомності, характеру вантажів і їх навантаження і вивантаження.

Загальномережеві – це вагони, що належать Укрзалізниці (УЗ) і обертаються як по загальній мережі залізних доріг, так і по шляхах промислових підприємств.

Вагони промислового транспорту належать промисловим підприємствам і обертаються звертаються по внутрішньоводським і кар'єрним шляхам; їх пересування загальними залізничними лініями дозволяється в кожному окремому випадку (УЗ).

За своїм призначенням вагони бувають вантажні, призначені для перевезення різних вантажів, і пасажирські – для перевезення пасажирів.

Вантажні вагони поділяються на вагони загального призначення, або універсальні, призначені для перевезення вантажів широкої номенклатури, і

спеціалізовані – для перевезення одного або кількох, близьких за характером, вантажів.

Універсальні вагони УЗ – криті вагони, піввагони, платформи і універсальні цистерни для перевезення темних і світлих нафтепродуктів та газу.

Спеціалізовані вагони УЗ – вагони-хопери для перевезення цементу, бункерні вагони для перевезення бітуму, платформи для легкових автомобілів, транспортери для перевезення великовагових і негабаритних вантажів, спеціальні цистерни для перевезення цементу, бітуму, молока та інші.

Вагонний парк промислового транспорту поділяється на вагони загального призначення, спеціальні і спеціалізовані вагони технологічного призначення.

До вагонів загального призначення відносяться напіввагони, платформи, криті вагони і універсальні цистерни, однотипні з аналогічними вагонами УЗ; до спеціальних вагонів промислового транспорту - напіввагони, хопери для перевезення вугілля, коксу, торфу; вагони-самоскиди (думпкари); вагони для перевезення гарячих вантажів (хопери для окатишів, платформи для чушкового чавуну, хопери для агломерату); криті хопери для перевезення апатитового концентрату і цементу; цистерни для перевезення хімічних продуктів, піску, бітуму, цементу; до вагонів технологічного призначення – шлаковози, чугуновози, вагони-ваги, візки для перевезення слябів, мульд, виливниць.

Технічна характеристика вагонів загального і спеціального призначення, що застосовуються в промисловому транспорті, наведена в [13].

Залежно від ширини залізничної колії вагони бувають широкої (1524 мм) і вузької колії (750, 900(600) і 1060 мм); за кількістю осей - дво-, чотири-, шести-, восьми- і багатоосні.

На кожен вагон згідно ПТЕ є технічний паспорт, де наведені технічні та експлуатаційні характеристики. Основними параметрами техніко-економічної характеристики вагонів є: вантажопідйомність, маса тари, осність, обсяг кузова, площа підлоги, лінійні розміри, навантаження від колісної пари на рейки, навантаження на 1 м шляху. Осність визначається загальним числом колісних пар даного вагона.

Вантажопідйомністю вагона називається найбільша допустима маса вантажу, що перевозиться, на яку розрахована конструкція вагона. Вантажопідйомність вказують зверху по бічній частині кузова.

Лінійні розміри визначають базу вагона і його візків, довжину по осях зчеплення автозчепів, довжину і ширину кузова, висоту його від головки рейок.

Базою вагона називається відстань між центрами п'ятників у чотири-, шести- і восьмивісних вагонів. База двухосного візка – відстань між центрами осей колісних пар візка, у чотирьохвісної - відстань між п'ятними сполучної балки, у трьохвісної – відстань між центрами крайніх осей. База

вагона визначається умовами вписування і стійкості його на рейковому шляху.

Маса тари вагона – це власна маса всіх його елементів, визначається зважуванням на спеціальних терезах і вказується на бічних балках рами вагона.

Коефіцієнтом тари називається відношення маси тари до вантажопідйомності вагона.

У сучасних чотиривісних вагонів коефіцієнт тари дорівнює 0,34-0,38, а у шести- і восьмивісних - 0,32-0,38. Чим менше коефіцієнт тари при однаковій міцності конструкції, тим вагон економічно вигідніший в експлуатації.

Ефективність зниження маси тари оцінюється коефіцієнтом тари: технічним K_m , вантажним K_n , експлуатаційним $K_e, \%$:

$$K_T = \frac{T}{Q}; K_n = \frac{T}{Q\lambda}; K_e = \frac{T(1-\alpha)}{P_{cd}}; \quad (3.1)$$

де T – маса тари вагона; Q - вантажопідйомність вагона; λ - коефіцієнт використання вантажопідйомності, що визначається за дослідними даними; α - відношення порожнього пробігу вагона до його пробігу в вантажному стані; P_{cd} – середнє динамічне навантаження вантаженого вагона, що отримується від ділення тонно-кілометрів на вагоно-кілометри.

Для зниження навантажувального коефіцієнта тари необхідно раціонально використовувати вантажопідйомність вагона із застосуванням найбільш вигідного укладання тарно-пакувальних вантажів і ущільнення насипних вантажів.

Найбільш ефективним заходом поліпшення економічних показників вагонів є зменшення порожнього пробігу шляхом підвищення їх універсальності, що дасть можливість знизити експлуатаційний коефіцієнт тари.

Коефіцієнтом використання вантажопідйомності називається відношення маси вантажу, що фактично перевозиться, до вантажопідйомності вагона.

Корисний об'єм вагона визначається геометричними розмірами кузова і характеризує місткість вагона. Розраховується в залежності від щільності вантажів, що найбільш часто перевозяться у вагоні даного типу.

Для порівняльної оцінки економічності вагонів різних типів і розмірів зазвичай користуються питомим об'ємом, який визначається відношенням корисного об'єму вагона (m^3) до вантажопідйомності (т). Для критих вагонів питомий обсяг становить 1,5 ... 2,0 m^3 / т, для піввагонів і цистерн 1...1,25 m^3 /т. Питома площа для платформ – це відношення площі підлоги(m^2) до вантажопідйомності (т).

Застосування показників питомого об'єму вагона і питомої площі платформ виправдано тільки для вагонів загального призначення і не завжди може служити оцінкою економічності для спеціальних вагонів, що застосовуються на промисловому транспорті.

Велике значення для характеристики вагона, а також для розрахунків верхньої будови колії на міцність має навантаження від осі на рейки, яка визначається відношенням ваги бруто вагона до числа колісних пар. Допустиме значення цього навантаження залежить, головним чином, від типу рейок, кількості шпал, покладених на 1 км шляху, справності шляху і швидкості руху поїздів. Найбільше допустиме навантаження на рейки на шляхах УЗ – 206 кН, а на реконструйованих ділянках шляху – 216 кН. На промислових підприємствах допустиме навантаження від осі на рейки на заводах і будівництвах – 216 кН, в кар'єрах – 295 кН.

Важливе значення для розрахунку на міцність мостів та інших штучних споруд залізничної колії має навантаження на 1 м шляху, яка визначається відношенням ваги бруто вагона до довжини його по осях зчеплення. Для вагонів, що обертаються по всій мережі доріг, це навантаження не повинна перевищувати 65 кН, а на реконструйованих ділянках - 78 кН (обмежується міцністю мостів).

Вагони загального призначення мають деяку універсальність і використовуються для перевезення вантажів широкої номенклатури. Криті вагони призначені для перевезення сипучих, тарно-пакувальних та інших вантажів, що потребують захисту від атмосферних опадів. Піввагони застосовують для перевезення сипучих вантажів, лісоматеріалів, металопрокату, контейнерів та інших вантажів, які не псуються при атмосферних опадах. Платформи використовують для перевезення довгомірних і громіздких вантажів (труб, лісових і будівельних матеріалів), контейнерів, різних машин і обладнання; цистерни – для перевезення рідких, в'язких, порошкових і газоподібних вантажів. Вони мають резервуар циліндричної форми, забезпечений люками для завантаження і розвантажувальними пристроями.

Вагони вузькоколійних доріг за своїми конструктивними особливостями відрізняються від вагонів широкої колії доріг. Їх конструкція залежить від багатьох факторів і, перш за все, ширини колії, габаритних умов, особливостей профілю і плану шляху, обмежень навантаження на шлях і спеціальних вимог, пов'язаних з перевезенням різних вантажів.

Існує велика кількість самих різних типів вузькоколійного рухомого складу. Пов'язано це з тим, що довгий час для вузькоколійних вагонів не було стандарту. При всьому різноманітті вагонного парку вузькоколійних доріг більшість вагонів - чотиривісні. Вантажопідйомність їх 6 ... 20 т. Наприклад, вантажопідйомність критих вагонів 8 ... 20, платформ – 6 ... 20, транспортерів – до 34, піввагонів – до 20, цистерн – 6 ... 20 т.

Орієнтовна структура вагонного парку вузькоколійних доріг: платформи – 48; напіввагони – 19; криті вагони – 4; цистерни – 1,8; думпкари – 1,8 та інші вагони – 25,75%. Умови роботи вузькоколійного транспорту в окремих видах промисловості пред'являють особливі вимоги до рухомого складу вузькоколійних доріг, тому в системі промислового транспорту крім універсальних вагонів експлуатується і спеціальний рухомий склад, що враховує характер вантажу, що перевозиться. Найбільш показовим у цьому

відношенні є рухомий склад лісовозних і торфовозних вузькоколіїних доріг, застосовуваний для перевезення вантажів для геологорозвідувальних організацій.

Більшу частину парку вагонів на цих підприємствах складають торфовозні саморозвантажувальні вагони ТСВ-5 і ТСВ-6, які можуть бути використані для перевезення сипучих матеріалів в геологічних організаціях(табл. 3.2).

Саморозвантажний напіввагон ТСВ-5 являє собою цільно-металеву зварену конструкцію з бічним двостороннім розвантаженням. При розвантаженні кришки люків відкриваються вниз і служать продовженням двоскатної підлоги кузова, що полегшує висипання вантажу з вагона.

У лісовій промисловості для перевезення по вузькоколіїних дорогах деревини використовуються спеціальні платформи-зчепи на візках з жорсткою базою (1150 і 1020 мм). Ці вагони-зчепи є основним типом рухомого складу на вузькоколіїних дорогах для перевезення довгомірних вантажів (труб, металу, деревини). Їх конструкція постійно поліпшується і модернізується.

Таблиця 3.2 – Характеристики вагонів вузької колії

Тип вагонів (для колії шириною 750 мм)	Вантажопідіймність, т	Маса тари, т	Місткість, м ³	Довжина по буферам, мм	Ширина кузова, мм	Повна висота, мм	База вагона, мм	Число осей	Навантаження від осі на рейки, т	Діаметр колес, мм
Напіввагони з саморозвантаженням:										
ТСВ-5	11,4	4,6	25	8280	2500	2548	4500	4	39,2	610
ТСВ-6	12,5	5,5	26,5	8260	2000	2620	4500	4	44,1	610
Платформа	8,2	3,2	3,42	6838	2000	1100	3600	4	28	610
Транспортер-платформа	38	14,5	–	16250	2200	1487	10250	8	64,3	610

Технічна характеристика спеціальних вузькоколіїних вагонів, що застосовуються в геологорозвідувальних організаціях для перевезення довгомірних вантажів, а також дані про платформах-зчепках і зчепках з платформ, що відрізняються базою вагона і довжиною перевезених вантажів, наведені в табл.3.3

3.3.2. Вузькоколіїні залізничні шляхи

Вузькоколіїними називаються залізниці з шириною колії менш 1435 мм. Найбільш поширені дороги з шириною колії 1067, 900, 750 і 600 мм. В

країнах колишнього СРСР для наземних вузькоколіїних залізниць встановлена стандартна ширина колії – 750 мм ; дозволяється в окремих випадках для внутрішньозаводських потреб застосовувати колію 600 мм. Ширину колії 750 мм в цих країнах мають близько 90% всіх вузькоколіїних залізниць; нестандартну ширину – лінії Південно-Сахалінського відділення Далекосхідної дороги протяжністю близько 800 км (1067 мм), окремі гілки Прибалтійській дороги (600 мм).

У деяких країнах переважно вузькоколіїні залізниці (Японія, Нова Зеландія, частина країн Африки і Південної Америки). Японія тільки в кінці минулого століття в результаті розвитку високошвидкісних потягів перейшла на будівництво нових залізничних ліній колії 1435 мм. Загальна протяжність вузькоколіїних залізниць в цих країнах становить понад 250 тис. км.

Таблиця 3.3. – Характеристики вагонів і платформ для перевезення довгомірних вантажів

Технічні показники	Вагон- зчеп	Платформи-зчепа Т-55	Зчепа з платформою
1	2	3	4
Вантажопідйомність, т	24	20	20
Навантаження від осі на рейки, кН	39,2	37,4	33,4
Маса тари, т: з автоматичним або ручним гальмом	8,50	6,94	7,49
негальмовий	7,72	6,60	6,38
Довжина вантажів, м: мінімальна	13	7	9
максимальна	22	7	16
Довжина вагона-зчепа по осям зчеплення, м	23	11,28	17,05
Ширина вагона по виступаючим частинам, мм	2420	2425	2276

У деяких країнах переважно вузькоколіїні залізниці (Японія, Нова Зеландія, частина країн Африки і Південної Америки). Японія тільки в кінці минулого століття в результаті розвитку високошвидкісних потягів перейшла на будівництво нових залізничних ліній колії 1435 мм. Загальна протяжність вузькоколіїних залізниць в цих країнах становить понад 250 тис. км.

Вузькоколіїні залізниці продовжують відігравати важливу роль в транспортних зв'язках окремих районів країни і є основним видом транспорту в ряді галузей промисловості. Вони оснащуються новою технікою - тепловозами, великовантажними вагонами, здійснюється укладання залізобетонних шпал і довгомірних рейок.

Найголовніша перевага вузькоколіїних залізниць – відносна простота і менша вартість їх спорудження (вартість 1 км шляху вузької колії приблизно в 2 рази менше вартості 1 км шляху широкої колії); експлуатаційні витрати менше на 10-30 \$.

Геологорозвідувальні організації можуть перевозити вантажі по вузькоколіїним дорогам, що належать промисловим підприємствам, розташованим в районі проведення геологорозвідувальних робіт. При цьому вони можуть використовувати на договірних засадах транспортні засоби цих підприємств або здійснювати перевезення на власних транспортних засобах, а також будувати свої вузькоколіїні дороги.

Будова і елементи експлуатації вузькоколіїної залізниці. Будівництву вузькоколіїної дороги передують вишукувальні роботи і роєктування. Перш за все встановлюють кінцеві пункти ВЗ. Примикання вузькоколіїнки до залізниці загального користування може бути виконано тільки на місці розташування станцій залізничної магістралі; примикання до під'їзних шляхів промислового підприємства з малою інтенсивністю руху потягів допускається і на перегоні. У місці примикання до під'їзній широкої колії шляху споруджується колійний пост з тупиком для розвантаження і навантаження вагонів широкої колії і перевалочний пункт для зберігання і перевантаження вантажів. При примиканні до існуючих під'їзних шляхів вузької колії необхідно облаштування на перегоні колійного поста з запобіжним тупиком або стрілочного перевода на прямій ділянці шляху. Проект примикання необхідно узгодити з власником під'їзних шляхів. Примикання споруджуваної вузькоколіїнки до кінця існуючих під'їзних вузькоколіїних шляхів при малій інтенсивності руху по ним може бути виконано без додаткових споруд.

Вибір місця примикання вузькоколіїної залізниці до водних шляхів сполучення більш простий. Якщо в безпосередній близькості від проектованої вузькоколіїнки немає морських та річкових портів, вибирається ділянка берега, зручна для швартування суден і вантажно-розвантажувальних робіт. Берег обладнується найпростішими причальними пристроями, а поруч споруджується перевалочний пункт. На місцях примикання вузькоколіїнки до шосейних доріг також будуються перевалочні пункти.

Між крайніми пунктами проводиться топографічна зйомка і вибирається оптимальна траса шляху.

Прямолінійність плану шляху бажана, але не обов'язкова. При проектуванні під'їзних вузькоколіїних шляхів для геологорозвідувальних організацій коефіцієнт розвитку траси не має істотного впливу на експлуатаційні характеристики дороги, так як збитки від зниження швидкості руху, збільшення часу і вартості перевезення при відносно невеликих відстанях і вантажопотоках невеликі.

Залежно від вантажонапруженості під'їзні вузькоколіїні колії промислових підприємств ділять на три категорії:

Категорія під'їзних шляхів	Вантажонапруженість на рік, тис.т
I	Більше 500
II	Від 100 до 500
III	Менше 100

За категорією під'їзних шляхів вибирають радіуси кривих ділянок з плані (зазвичай від 1000 до 100 м). Під'їзні шляхи геологорозвідувальних організацій зазвичай належать до третьої категорії. З огляду на малу вантажонапруженість цих шляхів, при проектуванні з метою зниження вартості будівельних робіт допускаються менші радіуси заокруглення.

Для під'їзних шляхів третьої категорії величина керівного підйому не повинна перевищувати 25%. З урахуванням малої вантажонапруженості під'їзних шляхів геологорозвідувальних організацій та тієї обставини, що перевезення важких вантажів здійснюється рідко або носить разовий характер, з метою зниження витрат на будівництво керівний підйом приймається рівним 40%.

При проектуванні доріг виділяють також урівноважений ухил, або граничний спуск. Врівноважений ухил в напрямку основних перевезень вантажів є в той же час керівним підйомом в напрямку руху порожнякових складів. При проектуванні під'їзних шляхів будь-який ухил не повинен бути більше керівного підйому.

Частина прямолінійного профілю, розташованого між переломними точками, називається елементом профілю, або кроком проектування шляху. При спорудженні вузькоколіїних під'їзних шляхів можна рекомендувати мінімальний елемент профілю, рівний 30 ... 50 м. Підйом і ухил щоб уникнути обриву зчипки рухомого складу поділяються елементами профілю з крутизною не більше 5% (рис.3.2).

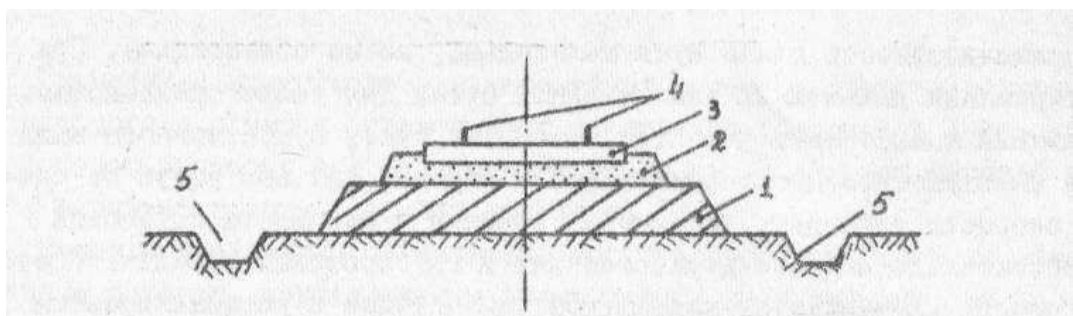


Рис.3.2. Схема поперечного профілю вузькоколіїних доріг: 1 – земляне полотно; 2 – баластний шар; 3 – шпалы; 4 – рейки; 5 – водовідвідні канали

Земляне полотно – один з основних елементів залізничної колії, працює в складних умовах, перебуваючи під впливом зовнішнього динамічного навантаження від потягів, ваги верхньої будови, власної ваги ґрунту, атмосферних і інших чинників.

Для нормальної роботи земляне полотно має бути забезпечено справно діючими водовідвідних пристроями: в виїмках – кюветами, лотками,

забанкетними і нагірними канавами; у насипах – резервами і канавами. Поверхня земляного полотна повинна бути спланована так, щоб вода мала стік в водовідводи.

До земляного полотна ставляться такі вимоги:

земляне полотно має бути міцним і стійким, тобто не змінювати форми під дією поїзного і постійного навантажень і атмосферних факторів, а також бути довговічним;

мати мінімум витрат на зведення, утримання і ремонт;

забезпечувати можливість широкої механізації робіт;

враховувати перспективи розвитку залізничної лінії.

Важливою вимогою при проектуванні і будівництві залізничної колії є правильний вибір ґрунтів для земляного полотна.

Для земляного полотна рекомендуються без обмеження скельні, попередньо розпушені, великоуламкові і піщані ґрунти, що містять більше 50% за вагою частинок більше 0,25 мм і не більше 6% глинистих частинок діаметром менше 0,005 мм, а також важкі і пилюваті супіски, що містять не менше 50% частинок більше 0,25 мм; суглинки в твердому і тугопластичному стані; металургійні шлаки.

Глини допускаються для використання у земляному полотні в м'якопластичному стані, що забезпечує можливість їх ущільнення транспортними засобами.

Для відсипки насипу не допускаються: глинисті ґрунти з вологістю, вище допустимої, торф і мул, дрібний пісок з домішкою мулу, мулисті суглинки, засолені ґрунти.

Зведення насипів з жирних глин, крейдових, талькових і трепельних ґрунтів, як правило, не допускається. У виняткових випадках ці ґрунти можуть бути допущені для відсипання насипів, зведення яких повинно проводитися за індивідуальними проектами.

Забороняється використовувати для відсипання нижніх частин заплавних і періодично підтоплюваних насипів дерен, котельні шлаки, сланцеві глини, а також ґрунти з вмістом гіпсу більше 5%. Нижня частина таких насипів повинна споруджуватися з скельних або великоуламкових ґрунтів, крупного чи середньозернистого піску, а також легких супісків, вміщуючих більше 50% частинок більше 0,25 мм і менше 6% глинистих частинок діаметром менше 0,005 мм.

Земляне полотно проектується за типовими і індивідуальними поперечними профілями. Типові поперечні профілі (рис.3.3) поділяються на нормальні і спеціальні. За типовими профілями земляне полотно споруджується на болотах в сприятливих умовах, в скельних і лесових ґрунтах, при наявності багаторічної мерзлоти, рухливих пісків і т.п.

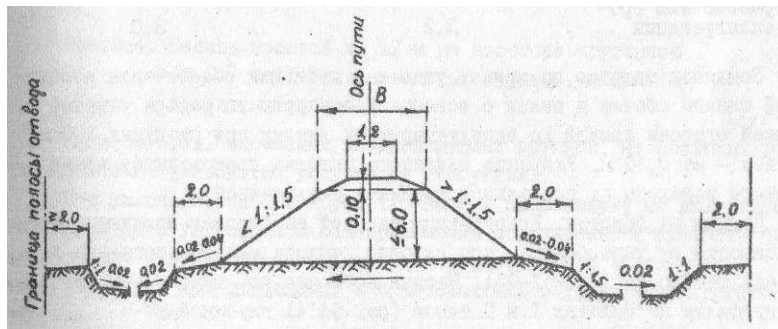


Рис.3.3. Типовий поперечний профіль насипу

Індивідуальні профілі застосовуються в карстових зонах; в районах з надлишково засоленими ґрунтами, а також в районах кам'яних і сніжних обвалів, селєвих потоків, багаторічної мерзлоти, на ділянках з підземними льодами, буграми здимання льоду, на крутих і нестійких узгір'ях, зсувних ділянках, при влаштуванні насипів на слабких і мокрих підставах, при перетині староріччя, заплавл річок, глибоких ярів і т.п. Індивідуальні профілі повинні бути обґрунтовані інженерно-геологічними обстеженнями і розрахунками на міцність і стійкість.

Основний майданчик. Під основним майданчиком маються на увазі площини спирання баластної призми на земляне полотно і продовження цих площин в межах узбіч земляного полотна. Ширина основного майданчика (в метрах) приймається згідно з технічними вказівками з проектування залізниць колії 750 мм по табл. 3.4.

Земляне полотно на кривих ділянках шляху для забезпечення необхідної ширини узбіч в зв'язку з піднесенням зовнішньої рейки розширюють із зовнішнього боку кривої на експлуатованих лініях при радіусах 300 м і менше – на 0,10 м. Розширення земляного полотна проводиться шляхом плавного переходу від нормальної ширини до збільшеної.

Таблиця 3.4 – Ширина основного майданчика вузькоколійної залізниці

Категорія залізниць	Всі ґрунти, за виключенням скелі, щебню, гравію та чистого піску	Скеля, щебінь, гравій та чистий пісок
I	4,3	3,8
II	3,9	3,6
III	3,5	3,3
З обмеженим терміном експлуатації	3,2	3,0

Насипи на болотах. Конструкцію насипів на болотах беруть залежно від типу болота, його глибини, ухилу мінерального дна і рельєфу місцевості. Насипи зводять за типовими поперечними профілями на болотах I і II типів глибиною до 4 м, II типу – глибиною до 3 м при поперечних ухилах дна, які не перевищують 1/10 для болота I типу; 1/15 – для болот II типу і 1/20 – для болот III типу; в інших випадках - за індивідуальними проектами [6].

Підготовка підстави насипу. Пні корчують під насипами висотою до 1 м. Якщо висота насипу перевищує 1 м, пні зрізають на висоті над рівнем ґрунту не більше 0,2 м. При поперечному ухилі місцевості менше 1/10 підстава під насип не обробляється. Якщо ж ухил знаходиться в межах від 1/10 до 1/5, а висота насипу менше 1 м, зрізають дерен; при більшій висоті насипу зрізати дерен не потрібно, але при відсипанні насипу з глинистих ґрунтів проводиться оранка в межах основи насипу. Якщо ухил крутіше 1/5, поверхня косогору планують уступами з шириною полиці 2 ... 3 м і з ухилом в низовий бік 0,01-0,02 (рис.3.4).

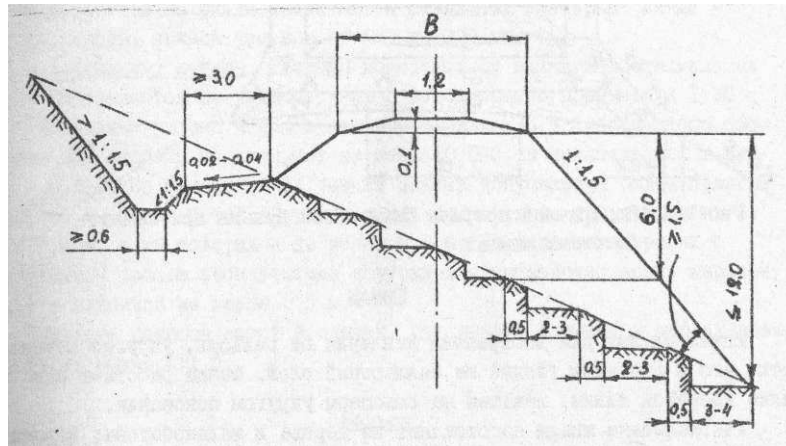


Рис. 3.4. Насип висотою до 12 м на косогорі крутизною від 1: 5 до 1: 3 з глинистих ґрунтів, дрібних і пилюватих пісків

На косогорах, складених з дренаючих ґрунтів, не покритих рослинністю спорудження уступів не потрібно.

При ухилі місцевості крутіше 1/3 насип проектується по індивідуальним проектам з спорудженням підтримуючих споруд. У процесі проектування повинні бути передбачені водозбірні і водовідвідні пристрої для поверхневих, а в необхідних випадках і для ґрунтових вод.

Баластний шар. Матеріалом для пристрою баластної призми може служити щебінь, гравій, азбестовий баласт, шлаки і пісок.

Баластний шар повинен пружно сприймати тиск від шпал і передавати його по можливості рівномірно на основний майданчик земляного полотна, забезпечувати стійкість рейкошпальної решітки від зсуву вздовж і поперек шляху, добре пропускати воду.

Ширина баластної призми зверху на прямих ділянках вузькоколіїних залізниць з дерев'яними шпалами приймається 1,7 м, а на ділянках із залізобетонними шпалами - 1,8 м (рис.3.5).

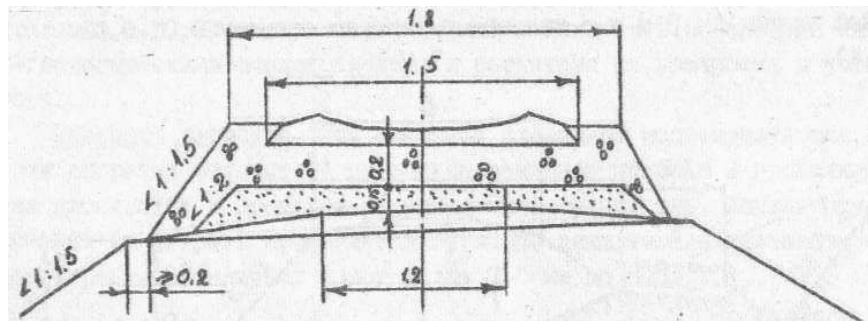


Рис. 3.5. Поперечний профіль баластної призми при залізобетонних шпалах

Шпали служать для сприйняття тиску від рейок, пружного перетворення його і передачі зусиль на баластний шар. Шпала при цьому працює як балка кінцевої довжини, що лежить на суцільній пружній основі.

Вузькоколіїні шпали виготовляють з дерева і залізобетону; дерев'яні – з деревини сосни, модрина, кедра, ялини, ялиці та інших порід.

За формою поперечного перерізу шпали підрозділяються на обрізні, у яких пропиляні всі чотири сторони, і необрізні, у яких пропиляні дві сторони – ліжка (рис. 3.6).

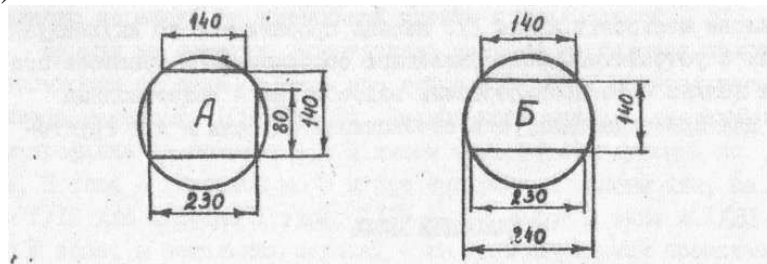


Рис.3.6. Поперечні перерізи шпал: А - обрізні; Б – необрізні

Стандартна довжина шпали для колії 750 мм по [3] дорівнює 1,5 м. Для укладання на менш відповідальних шляхах допускаються шпали довжиною 1,35 м. Маса однієї шпали в середньому 24 ... 30 кг – сухої і 28 ... 34 кг – сирої. На 1 км шляху укладається від 1 375 до 1858 шпал.

На кривих ділянках колії кількість шпал на 1 км шляху може доходити до 2000 штук. Для запобігання від гниття шпали просочують антисептиками.

Залізобетонні шпали випускаються різних розмірів: довжина - 1500 мм, ширина нижньої частини - від 170 до 220 мм.

Водовідвідні канали. Розміри водовідвідних каналів і граничні їх ухили визначаються по витраті води з імовірністю перевищення 1:20.

Поздовжні ухили каналів в бік найближчої штучної споруди або улоговини проектують не менше 0,003, у виняткових випадках – 0,002. На болотах і на річкових заплавах допускається більш пологий ухил, але не менше 0,001. Глибину і ширину каналів по дну приймають на менше 0,6 м, а на болотах – не менше 0,8 м. На залізницях з обмеженим терміном експлуатації допускається влаштування каналів шириною по дну і глибиною не менше 0,5 м.

Крутизна схилів канав в глинах, суглинках, супісках і пісках повинна бути не більше 1: 1,5.

Рейки. Шляхова решітка, що складається з рейок, скріплень і шпал, – основний елемент верхньої будови колії. На дорогах з колією 750 мм в наш час прийняті три типи рейок (табл.3.5).

Таблиця 3.5 – Характеристики рейок вузької колії

Тип рейок	Маса 1 м, кг	Розміри рейки, мм			
		висота	ширина головки	ширина підшви	товщина шийки
P-18	18	90	40	80	10
P-24	24	107	51	92	10,5
P-33	33	128	60	110	12

Стандартна довжина рейок 8 м, довжина укорочених рейок, що укладають на криволінійних ділянках, – 7,88 і 6,9 м. Стрілочні переводи (рис.3.7) характеризуються тангенсом кута їх хрестовини – маркою хрестовини і виражаються відношенням L:H (відношення підстави сердечника хрестовини до його висоти). Чим більше марка хрестовини, тим менше радіус заокруглення і довжина переходу.

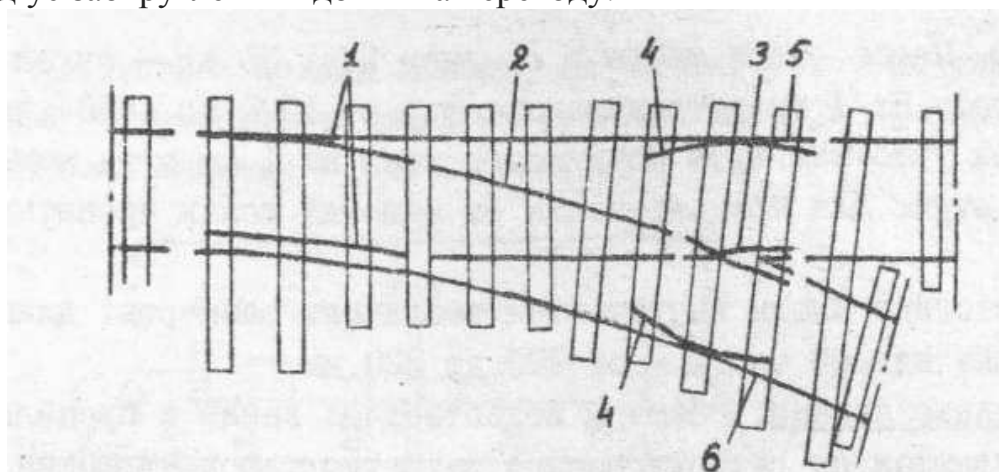


Рис.3.7. Схема стрілочного переходу: 1 - пир'я; 2 - перехідний рейок; 3 - хрестовина; 4 - контррейки; 5 - рейки прямого шляху; 6 - рейки відгалуження

До інженерних споруд вузькоколіїних під'їзних шляхів відносять вості, труби і підпірні стінки. Мости, будуються по можливості в самих вузьких місцях, що перетинаються дорогою, річок і ярів у напрямку, нормальному до цих перешкод. На перетині насипом невеликих водотоків укладаються залізобетонні, металеві, кам'яні або дерев'яні труби. Підпірні стінки являють собою споруди кам'яної кладки, зводяться для зміцнення земляного полотна на крутих косогорах або рідше – для зміцнення крутих схилів виїмок.

Тимчасові вузькоколіїні дороги. Будівництво вузькоколіїної дороги пов'язано з виконанням досить великих обсягів робіт при значних витратах часу і коштів. Ця обставина обмежує область застосування вузькоколіїних

доріг в практиці геологорозвідувальних робіт і дуже часто змушує користуватися іншими транспортними засобами, іноді більш дорогими і менш надійними. Вузькоколіїні дороги доцільно споруджувати тільки для великих геологорозвідувальних організацій, які проводять багаторічні розвідувальні роботи у віддалених від великих населених пунктів місцевостях.

У практиці лісорозробок для вивозу лісу безпосередньо з ділянок, що розробляються, до під'їзних шляхів користуються тимчасовими вузькоколіїнками, невеликий термін експлуатації яких, обчислюваний тижнями або місяцями, і відносно невелика вантажонапруженність дозволяє прокладати колії з мінімальними витратами праці, часу і коштів. Тимчасові шляхи будуються, як правило, без зведення земляного полотна та баластного шару і навіть без влаштування водовідвідних каналів. Прокладка траси по суті зводиться до валки дерев, зрізку чагарників і грубого планування.

Тимчасові вузькоколіїні дороги можуть споруджуватися геологорозвідувальними організаціями, де вони можуть грати роль під'їзних шляхів, оскільки мала вантажонапруженність забезпечує надійну експлуатацію протягом сезону розвідувальних робіт. Більш того, тимчасові вузькоколіїні дороги можуть експлуатуватися протягом декількох сезонів при умові проведення у весняні місяці невеликих відновлювальних робіт.

Спорудження та експлуатація тимчасових вузькоколіїних шляхів в рівнинних місцевостях, як правило, дешевше спорудження та експлуатації автомобільних доріг; їх надійність і незалежність від погодних умов вищі. Перевезення вантажів по тимчасовій вузькоколіїній дорозі хоча не відрізняється великими швидкостями, але зручна і економічна.

При трасуванні тимчасової вузькоколіїної дороги вішки встановлюються на відстані 100 ... 150 м. У горбистій місцевості доцільно уникати малометражних елементів профілю колії за рахунок невеликого збільшення довжини траси. У гористій місцевості розташування трасивизначається, в основному, допустимим кутом керівного підйому.

При спорудженні тимчасових під'їзних шляхів геологорозвідувальних організацій за доцільне з метою скорочення обсягу і вартості колійних робіт орієнтуватися не на велику вагу поїздів, оскільки необхідна кількість вантажів може бути доставлена в потрібні терміни невеликими партіями. Отже, при проектуванні траси керівний підйом може вибиратися з розрахунку ваги поїзда, що складається з локомотива і одного вагона (платформи), завантаженого найбільш важким нерозбірним обладнанням з усього обладнання, що перевозиться по під'їзній колії. При наявності двох локомотивів ці разові перевезення можна здійснювати подвійною тягою. Збільшення експлуатаційних витрат при перевезенні інших вантажів за рахунок крутих підйомів при малій вантажонапруженності під'їзних шляхів буде незначним. При такому підході до проектування поздовжнього профілю тимчасових під'їзних шляхів допустимі керівні підйоми, що перевищують 40%.

Зменшення радіусів заокруглень дозволяє скорочувати довжину шляху і в багатьох випадках покращувати його поздовжній профіль. Це особливо важливо у зв'язку з тим, що при прокладці тимчасових шляхів не споруджується земляне полотно.

Відповідно до практики будівництва вузькоколіїних шляхів в гірничих виробках при розвідці і розробці родовищ корисних копалин рекомендується для тимчасових під'їзних шляхів геологорозвідувальних організацій мінімальні радіуси заокруглення приймати в залежності від швидкості руху поїздів і жорсткої бази рухомого складу. При швидкості руху до 1,5 м / с радіус заокруглення повинен бути не менше семикратною довжини найбільшої жорсткої бази рухомого складу (локомотива, вагона), при швидкості руху, що перевищує 1,5 м/с, – не менше десятиразовою довжини найбільшої жорсткої бази. При куті повороту більше 90 ° і на похилих ділянках шляху мінімальний радіус заокруглення не слід приймати менше десятиразовою жорсткої бази. Швидкість руху поїздів 5 ... 12 км/год такими шляхами при регулярно діючому транспортному зв'язку завжди може вважатися достатньою.

При прокладанні траси в лісистій місцевості необхідно проводити валку лісу, однак корчування пнів зазвичай не здійснюється. Пні, що безпосередньо знаходяться на трасі, яка прокладається, спилюють на рівні поверхні ґрунту. Траса розчищається від чагарнику, рослинний шар з ґрунту, як правило, не знімається. Планування траси зводиться до видалення горбів і засипці ям, що зустрічаються на шляху. Ці нескладні операції можуть виконуватися бульдозером, плугом і навіть вручну.

Для тимчасових під'їзних шляхів може бути рекомендована ширина колії 750, 600 і 550 мм і рейки типу Р-18. Шпали при експлуатації дороги протягом декількох сезонів бажано виготовляти з деревини хвойних порід. Форма їх кругла або пластинчаста, мінімальний діаметр (або ширина) 150 ... 200 мм. Довжину шпал для більшої стійкості рейкової решітки рекомендується збільшувати в залежності від властивостей і стану ґрунту до 1800 мм і більше; кількість шпал, що укладаються на одному кілометрі шляху – до 520 штук.

Рейкові решітки укладаються безпосередньо на ґрунт траси, шпали підбиваються місцевим ґрунтом. Для запобігання деформацій безбаластного шляху на слабких зволжених ґрунтах під нього в ряді випадків підкладаються поздовжні лежні; в сильних заболочених місцевостях і в невеликих ярах колії укладаються на клітинах з колод.

При прокладанні шляху в лісистій місцевості заготівля і виготовлення шпал здійснюється безпосередньо на місці дорожнього будівництва.

Тимчасові вузькоколіїні колії повинні регулярно (особливо після зливових дощів) оглядатися з метою своєчасного усунення виявлених дефектів траси і рейкової решітки. Особливу увагу слід приділяти ділянкам, розташованим на узгір'ях, в улоговинах і заболочених місцях.

На період консервації дороги між двома сезонами розвідувальних робіт рейкові решітки на перерахованих ділянках, а також в місцях, що

затоплюються паводковими водами, слід розібрати на частини (довжиною, рівній одній рейці) і перевезти для зберігання на найближчі безпечні ділянки траси. Виконання цих заходів виправдовується навіть у тих випадках, коли за період між двома сезонами залишені нерозібраними на небезпечних ділянках колії не порушуються, оскільки роботи по чистці шляху і виправленню траси за своєю трудомісткістю незначно поступаються операціям з розбирання та складання рейкових решіток. Транспортування розібраних ділянок здійснюється на залізничних платформах, для чого ділянки шляху розбираються в напрямку від виробничого майданчика до первісної бази, а відновлюються навесні в зворотному порядку.

Використання рудничних локомотивів і вагонеток в геологорозвідувальних організаціях. При проведенні геологорозвідувальних робіт на вузькоколіїних під'їзних шляхах геологорозвідувальних експедицій з успіхом можуть використовуватися рудничні локомотиви і вагонетки для транспортування породи з підземних горизонтальних розвідувальних виробок (штолень, штреків, квершлагів).

Невелика жорстка база рухомого складу, що експлуатується в гірничих виробках, і невисокі швидкості рудничних локомотивів дозволяють приймати мінімальні радіуси кривих при прокладці безбаластних шляхів. Навіть при невеликих значеннях сили тяги і швидкості рудничні локомотиви можуть забезпечити достатню інтенсивність перевезення вантажів для геологорозвідувальних організацій на відстані, що вимірюються кілометрами.

Рудничні локомотиви. На шахтах знаходять застосування локомотиви, які можна класифікувати по ряду основних ознак:

за родом споживаної енергії – електровози, дизелевози, гіровози;

за способом підведення енергії – з автономним джерелом живлення (акумуляторні батареї; дизельний двигун); з живленням від зовнішнього джерела і з комбінованим харчуванням;

по зчпній вазі – легкі (до 50 кН), середні (від 50 до 100 кН) і важкі (понад 100 кН).

На вітчизняних шахтах найбільшого поширення набули електровози (табл. 3.6 і 3.7).

Використання контактних електровозів на під'їзних шляхах пов'язано з додатковими роботами по влаштуванню контактної мережі, спорудженню проміжних тягових підстанцій з підведенням до них електроенергії, навішуванні фідерів і забезпечення електричних контактів між стиками рейок. При застосуванні акумуляторних електровозів всі ці додаткові роботи на трасі виключаються, живлення їх енергією здійснюється від акумуляторних батарей, що встановлюються на електровозах. Для під'їзних шляхів геологорозвідувальних організацій можна рекомендувати акумуляторні рудничні електровози, що часто застосовуються при проходці гірничорозвідувальних виробок.

У США, Німеччини, Великобританії, Чехії, Словаччини та в інших країнах накопичений багаторічний позитивний досвід виробництва і

застосування у вугільних шахтах рейкових і підвісних дизелевозів. На українському ринку активно працюють фірми - виробники рейкових і підвісних дизелевозів з Німеччини, Чехії, Польщі та інших країн.

Технічна характеристика найбільш поширених на шахтах України дизелевозів приведена в табл. 3. 8.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика шахтних акумуляторних електровозів

Тип електро воза	Зцепна вага, т	Ширина колії, мм	Годинний режим при номінальній напрузі			Акумуляторна батарея			Жорстка база, мм	Діа- метр колеся, мм	Тяговий двигун			Швидкість при живленні від батарей, км/год		Конструктивна швидкість, км/год
			Потужність тягових двигунів, кВт	Шви- дкість елек- тро- воза, км/год	Сила тяги, кН	Тип	Енер- гоєм- ність, кВт·год	Напруга, В			Тип	Годин- ний режим струм, А	Тривалий режим струм, А	Годинний режим	Тривалий режим	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18
5АРВ1	5,0	600 900	2x6,0	4,75	7,5	56ТЖН- 250П	20,6	82,5	900	540	ЭДР-6	93	40	2,6	7,0	9,5
5АРВ2	5,0	600 900	2x7,0	6,66	7,0	56ТЖН- 250П	20,6	82,5	950	540	ЭДР-7П	105	45	3,7	8,3	13,3
АМ8Д	8,0 8,0	600 900	2x12,0 2x14,2	6,0 7,2	12,0	96ТЖН- 500 112ТЖН- 500	60,0 70,0	120 140	1200	680	ДПТР- 12	125	50	4,5 5,4	9,0 10,5	12,0 13,6
2АМ8Д	16,0	900	4x14,2	7,2	24,0	2x112ТЖН- 500	140	140	1200	680	ДПТР- 12	125	50	5,4	10,5	13,6
АРП-7	7,0 7,0	600 900	2x10	7,5 8,5	8,8 8,8	90ТЖНП- 550 102ТЖНП- 550	58,4 66,0	106 120	1200 1200	540 540	ДТР-10 ДТР-10	116 116	48 48	5,9 6,4	10,3 10,5	12 12
АРВ-7	7,0 7,0	600 900	2x10	7,5 7,5	8,8 8,8	88ТНК- 400 88ТНК- 400	41,2 41,2	103 103	1200 1200	540 540	ДТР-10 ДТР-10	116 116	48 48	5,9 5,9	10,3 10,3	12 12
АРП- 10Г	10,7	600/ 900	2x13/ 2x14,6	7,2/ 7,9	12,5	И2ТНЖП- 550	64,5	130	1400	680	ДРТ-13	122	50	5,9	10,0	20
АРП14	14,0	900	2x23,5	9,0	18,0	161ТНЖП- 550	104	185	1655	680	ЭТ- 23,65	150	60	7,3	13,1	18
АРП-28	28,0	900	4x26	10,5	34,9	2x182ТНЖ К-650	274	210	1650	680	ЭТ-26	144	58	8,5	14,1	20

Продовження табл. 3.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
АВ8Т	8,5	600 900	28,2	7,2	12,3		50,9		1200	680				7,2	10,4	21,6
АРВ10Г Э	11,5	600 900	28,2	7,2	12,3	щелочные или кислотные батареи	90,0		1200	680				7,6	10,4	21,6
АРП8Т	8,7	600 900	26 26	5,7 6,8	12,1 12,2	ТНЖШ ТНЖШ	71,5/55 79,7/65		1200 1200	680 680	ДРТ-13 ДРТ-13	122 122	61 61	8,7	8,1 10	14,0 14,0
2АРП8Т	16,0	600 900	2x26 2x26	6,8	24,4	ТНЖШ ТНЖШ	130	140	1200	600	ДРТ-13	122	61	6,8	10	14
ЭРА900 - В9(П8)	9(РВ) 8(РП)	900	2x13; 2x19,8		2x167,7 2x190,3	PzS		120	1200	680	ДРТ-13; ДРТ-14	2x122; 2x132	2x61; 6x65	6,8		
2ЭРА90 0- В9(П8)	18(РВ) 16(РП)	900	4x13; 4x15,8		4x167,7 4x190,8	PzS		120	1200	680	ДРТ-13; ДРТ-14	4x122; 4x132	4x61; 4x65			
Эра- В10Д	10	600 900		20	14 20	PzS		120 144	1200	680						

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика шахтних контактних електровозів

Тип електро-воза	Зчепна вага, т	Ширина колії, мм	Годинний режим			Тривалий ре-жим		Тягові двигуни				Переда-вальне відноше-ння редук-тора	Основні розміри, мм			Жорстка база, мм	Діаметр колеса, мм	Конст-руктивна швидкіс-ть, км/ч	Завод изготовител ь
			Сила тяги, кН	Потуж-ність тягових двигунів, кВт	Швид-кість, км/год	Сила тяги, кН	Швид-кість, км/год	Тип	Ток, А		Напруга, В		Довжи-на	Ширина	Висота				
									Годин-ний режим	Трива-лий режим									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
К10	10	600 900	19,0	2x33	11,7	4,8	18,0	ЭТ-31	142	62	250	10,97	7920 5200	1050 1350	1650	1200	680	22,4	ОАО «Друж-ковский ма-шинострои-тельный завод» (Украина)
К14	14	900	24,0	2x45	12,8	6,5	18,4	ЭТ-46	204	85	250	14,75	5600	1350	1650	1800	760	25,6	
К14М	14	900 750, 600	27,0	2x45	11,2	14	14,4		204	122	250	14,75	5100	1350	1650	1700	680	26,0	
7КА	7	600, 750, 900	16,5	2x33	10,5	5,9	11,2	ДТН-33	152	90	250	11	4500	1032 1332	1500	1200	680	22,6	ЗАО ПКФ «Амплитуда» (г.Донецк, Украина)
10КА	10	600	17,0	2x33	10,5	5,9	11,2	ДТН-33	152	90	250	11	4500	1048	1500	1200	680	22,6	
		750	17,0	2x33	10,5	5,9	11,2	ДТН-33	152	90	250	11	4500	1348	1500	1200	680	22,6	
		900	17,0	2x33	10,5	5,9	11,2	ДТН-33	152	90	250	11	4500	1348	1500	1200	680	22,6	
14КА	14	750	24,0	2x45	12,6	7,4	13,6	ДТН-45	152	90	250	15	4900	1340	1550	1700	760	28,0	
		900	24,0	2x45	12,6	7,4	13,6	ДТН-45	152	90	250	15	4900	1340	1550		760	28,0	

Таблиця 3.8. - Технічні характеристики шахтних дизелевозів

Параметри	Тип дизелевоза						
	ДГ30 Д.0	ДГ35Д.0	ДГ70 Д.2	2ДГ35 Д.0	ДГ100Д.0	P35	P70
Зчепна вага, т	5,5	7,0	10,0	14,0	14,5	8,2	10,0
Номінальна потужність, кВт/к.с	20,6/30	26,5/35	53/70	43/70	73,5/100	-	-
Сила тяги максимальна, кН	11,75	19,00	27,2	38,0	38	19,0	19,0
Межі плавного регулювання швидкості, км/год	0 – 12	0 – 18	0 – 16	0 – 18	0 – 18	0 – 18	0 – 16
Габаритні розміри мм:							
довжина	4080	4530	5500	9100	5900	4720	5500
ширина	900	1200	1350	1200	1350	1200	1300
висота	1500	1500	1680	1500	1650	1500	1650
Ширина колії, мм	900	900	900	900	900		
Мінімальний радіус кривизни шляху, м	10	10	12	10	15	-	-

У порівнянні з акумуляторним дизельний привід має такі переваги: скорочуються капітальні витрати і експлуатаційні витрати; відпадає необхідність в спорудженні зарядних камер і проведенні трудомістких операцій із зарядки і заміни акумуляторних батарей; зменшується маса і габарити машини при однакових потужності і радіусі дії; досягається максимальна автономність локомотива; забезпечується незалежність тягового зусилля від часу роботи протягом всієї зміни; збільшується потужність при рівних габаритах в порівнянні з акумуляторними електровозами.

Дизелевози складаються з трьох частин: двох кабін і машинного відділення. На локомотивах застосовуються вибухозахищені малотоксичні дизельні двигуни з водяним охолодженням. Крутний момент передається від дизельного двигуна на осі локомотива гідростатичною передачею. Дизелевози мають нормально замкнуті системи гальмування – механічну і гідравлічну. Механічне гальмо діє при непрацюючому дизельному двигуні або коли важіль реверсора знаходиться в нульовому положенні. Для робочого гальмування локомотива використовується гідравлічне гальмо, управління яким складається з переміщення важеля реверсора в положення «0».

Всмоктуючий трубопровід дизельного двигуна оснащений пластинчастими вогнегасниками. Очищення всмоктуючого повітря здійснює повітряний масляний фільтр. Вихлопні гази виводяться через трубопровід і кулькові вогнегасники в кондиціонер (рідинний нейтралізатор), наповнений водою, що запобігає випадковому викиду полум'я в гірничу атмосферу.

Трубопровід між дизельним двигуном і кондиціонером охолоджується водою, яка подається є водяним насосом, що приводиться в обертання від дизельного двигуна. При витрачанні води в баку з водою спрацьовує пристрій аварійної зупинки, який зупиняє дизельний двигун протягом не більше 100 с. На вихлопній трубі за системою зрошення встановлено плавкий

запобіжний пристрій, що спрацьовує при температурі $145^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}$ і також протягом 100 с зупиняє двигун.

Запуск дизельного двигуна забезпечує пневматична система пуску низького тиску. Повітряний стартер встановлений на двигуні і діє на зубчастий вінець маховика. Повітря для запуску подається з повітрязбірників, резерв повітря в яких при тиску 0.6 МПа дозволить здійснити 1-2 пуску теплового двигуна.

Дизелевозів оснащений вуглекислотним вогнегасником, що подає вуглекислий газ у всмоктуючий і вихлопний трубопроводи, а також до насосу дизельного двигуна і до паливного крану. При відкриванні балона з вуглекислим газом дизельний двигун повинен зупинитися за час не більше 25 сек.

Електрообладнання дизелевоза має вибухозахищене виконання РВ на напругу 12 В і містить генератор змінного струму з випрямлячем, акумуляторну батарею з регулятором напруги і головним вимикачем, дві фари з перемикачами ближнього і дальнього світла з лампочкою контролю зарядки акумуляторів, з'єднувальні дроти.

Застосування дизелевозної відкатки дозволяє збільшити її продуктивність на 30 - 40%, зменшити число локомотивів на 15 - 20% в порівнянні з акумуляторними електровозами. При довжині відкатки понад 3 - 4 км і невитриманим профілям рейкового шляху переваги дизелевозів значно зростають. Якщо прийняти наведені витрати на контактну відкатку за 100%, то аналогічні витрати на дизелевозну відкатку дорівнюватимуть приблизно 120 - 140%, а на акумуляторну 180 - 200%.

Доцільно поєднувати під'їзні шляхи зі шляхами в гірничорозвідувальних виробках, щоб локомотиви і вагонетки можна було використовувати і в гірничих виробках, і на під'їзних шляхах.

Рудничні вагонетки. Залежно від призначення і вантажів, що перевзяться рудничні вагонетки поділяють на:

вантажні, призначені для транспортування корисної копалини, породи та інших насипних вантажів;

пасажирські – для перевезення людей;

допоміжні – для доставкиматеріалів, обладнання.

Вантажні вагонетки по конструкції кузова і способу розвантаження можна розділити на три основні групи:

з кузовом, обладнаним відкидними днищами (типу ВД);

з кузовом, шарнірно закріпленим на рамі і відкидним бортом, який піднімається (типу ВБ);

з глухим перекидним кузовом (типу ВО).

з глухим неперекидним кузовом (типу ВГ).

Головний параметр вагонеток – місткість кузова, виражена в кубічних метрах, яка вказується цифрами після літерного позначення, наприклад, ВГ-1,6, ВД-3,3 і т.д.

Згідно параметричного ряду вітчизняні заводи випускають вагонетки типу ВГ з кузовом місткістю 0,7; 1,0; 1,1; 1,3; 1,4; 1,6; 2,5; 3,3; 4,5; 9,5 м³; вагонетки

типу ВД місткістю 3,3 і 5,6 м³; вагонетки типу ВБ місткістю 1,6; 2,5 і 4,0 м³, вагонетки типу ВО місткістю 0,5; 0,8 і 1,0 м³ [4].

Для перевезення людей використовують спеціальні вагонетки, у яких кузов виконується з глухими торцевими стінками і металевим дахом, в кузові розташовують сидіння так, щоб забезпечити зручність входу і виходу людей. Підвіска кузова ресорна. Людські вагонетки повинні бути обладнані гальмами, еластичними буферами і надійними зчіпками. Останні розраховують з 13-кратним запасом міцності. У поїзді передбачається зв'язок кондуктора з машиністом електровоза зазвичай за допомогою звукової сигналізації.

Допускається перевезення людей окремими поїздами в звичайних шахтних вагонетках, забезпечених спеціальними сидіннями, що знімаються.

У геологорозвідувальних організаціях для перевезення тарно-штучних і сипучих вантажів має сенс застосовувати глухі вагонетки типу ВГ. Інші вантажі доцільно перевозити на допоміжних вагонетках, при відсутності яких можна на рамі вагонеток типу ВГ замість металевих кузовів влаштовувати дерев'яні платформи або цистерни.

3.4. Автомобільний і тракторний транспорт

Автомобільний транспорт здійснює масове перевезення пасажирів і вантажів переважно на малі відстані безпосередньо від відправника до одержувача. Без автомобілів неможлива діяльність жодної галузі народного господарства.

Використання автомобільного транспорту прискорює доставку вантажів. На відстань до 200 км вантаж доставляється автомобілями в середньому в 12 разів швидше, ніж по залізниці при підвезенні до станцій і вивезенні вантажу автотранспортними засобами, або в 5 разів швидше в порівнянні з прямим залізничним перевезенням, а на відстань 500 км - в 7 разів швидше, ніж залізничним транспортом, коли підвезення вантажу до станції і вивіз виконується на автомобілях, і в 3 рази швидше, ніж при прямому залізничному перевезенні, тобто з використанням рейкових під'їзних шляхів.

Область застосування тракторів в геологорозвідувальних організаціях обмежується, в основному, внутрішніми перевезеннями. У більшості геологорозвідувальних партій і експедицій автомобілі та трактори – основні транспортні засоби для перевезення вантажів і людей по зовнішнім і внутрішнім транспортним зв'язкам. Частка автомобільного транспорту в загальному обсязі перевезень геологорозвідувальних організацій перевищує 90%.

Широка область застосування автотракторного транспорту при геологорозвідувальних роботах пояснюється тим, що експлуатація його здійснюється при відносно простих дорожніх спорудах.

Самохідне технологічне обладнання для геолого-розвідувальної служби також сприяє широкому застосуванню автотракторного транспорту при пошуках і розвідці родовищ корисних копалин.

3.4.1. Рухомий склад автотранспорту

В якості транспортних машин для вантажних і пасажирських перевезень в умовах виробничої діяльності геологорозвідувальних організацій використовуються автомобілі, трактори, гусеничні транспортери-тягачі (всюдиходи), іноді аеросани. Найбільшого поширення одержали автомобілі.

Автомобілі. До рухомого складу вантажного автомобільного транспорту належать автомобілі загального призначення, автомобілі-тягачі, причепи і напівпричепів, автомобілі підвищеної прохідності.

Залежно від призначення автомобілі ділять на транспортні, для перевезення вантажів і пасажирів (вантажні, легкові і автобуси), і спеціальні для виконання певної роботи (автонавантажувачі, автокрани, бурові установки і т.п.).

Вантажні автомобілі розрізняються типом двигуна і кузова, вантажопідйомністю і прохідністю. Залежно від типу встановленого двигуна вантажні автомобілі бувають з карбюраторним двигуном, дизельні, газобалонні, газотурбінні, електричні (електромобілі). Карбюраторні двигуни встановлюються на автомобілях малої і середньої вантажопідйомності, що складають основну частину автомобільного парку. Автомобілі з дизельними двигунами – це автомобілі великої та особливо великої вантажопідйомності. Витрата палива у них на 30-40% менше, ніж у карбюраторних, а вартість дизельного палива дещо менше вартості бензину. Недоліки дизельних автомобілів: значна початкова вартість, великі габарити і маса, підвищений шум і загазованість.

Газобалонні автомобілі працюють на дешевому паливі, зручні для роботи в місцях розташування газопроводів, але для їх експлуатації потрібна додаткова апаратура і будівництво спеціальної заправної станції.

Газотурбінні двигуни використовуються тільки як експериментальні на автомобілях особливо великої вантажопідйомності. Електромобілі замість двигуна внутрішнього згоряння мають акумулятор і звичайний електродвигун. Вони мають ряд переваг, хоча поки не набули широкого поширення в промисловому транспорті.

За типом кузова вантажні автомобілі поділяються на автомобілі загального призначення з відкритою вантажною платформою з відкидними бортами, що використовуються для перевезення сипучих і тарних вантажів, та спеціалізовані зі спеціальними кузовами. У табл.3.2 наведена технічна характеристика деяких типів вантажних автомобілів загального призначення. Автомобілі-самоскиди мають перекидний кузов. Використовуються для перевезення в'язких і сипучих вантажів. Автомобілі зі спеціальними кузовами призначені для перевезення спеціальних вантажів – це цементовози, формовози, лісовози, автоцистерни, автофургони тощо.

Наведемо деякі дані про експлуатаційні якості авто-білів, що застосовуються на геологорозвідувальних роботах.

Вантажопасажирські автомобілі ЛуАЗ-969, ЛуАЗ-1302 призначені для руху по дорогах всіх класів і бездоріжжю. При русі автомобіля постійно

включений передній міст, а задній – допоміжний. Два задніх крісла в кабіні можуть забиратися, що вивільняє місце для 250 кг вантажу. У кабіні є опалювальна установка, що працює незалежно від двигуна. До автомобіля додаються два металевих пустотілих легкознімних трапа, що дозволяють долати канави шириною до 2 м і в'їжджати в літак або вертоліт.

Автомобіль УАЗ-469Б облаштовувався потужним обігрівачем, що забезпечує нормальні умови в кабіні при температурі повітря до - 40 ° С. На деяких машинах встановлювався передпусковий підігрівач двигуна.

Серія автомобілів УАЗ – 3303, 3741, 3909 підвищеної прохідності у різноманітних виконаннях облаштовуються двигунами потужністю до 100 кВт та розвивають швидкість до 115 км/год. Аналогічні можливості мають автомобілі ГАЗ серій 3302, 2705, 32213, 32214.

Автомобілі Урал - 375Д, Урал 4320 призначені для руху по дорогах всіх класів і бездоріжжю, а також для буксирування причепів; можуть долати ділянки сипучих пісків і сніжну цілину з глибиною снігу до 1 м. По ґрунтових дорогах і пісках середньої щільності вони можуть буксирувати причіп загальною масою до 5 т, а по крижаній дорозі – поїзд з двох саней масою 20 т; можуть долати брід глибиною до 1,5 м за рахунок герметизації кабіни і двигуна..

Автомобілі КраЗ-255Б1, КраЗ-260, КраЗ 6510: це автомобілі підвищеної прохідності, призначені для руху по дорогах всіх класів і для буксирування причепів. За крижаній дорозі можуть буксирувати санний поїзд загальною масою до 75 т. Через велику масу автомобілі КраЗ-рекомендується використовувати при геологорозвідувальних роботах в основному не для перевезення вантажів, а як базу для монтажу різного самохідного устаткування.

Автомобілі та автопоїзди КамАЗ. КамАЗ випускає вантажні автомобілі і автопоїзда різних модифікацій. За призначенням і характером використання їх можна розділити на три основних сімейства.

Перше сімейство КамАЗ-5320 включає в себе вісім модифікацій тривісних автомобілів-тягачів з колісною формулою бх4, призначених для пересування автошляхами: КамАЗ-5320 - 8-тонний автомобіль-тягач з універсальною бортовою платформою. Призначається для роботи з причепом ГКБ-8350 і має загальну вантажопідйомність 16 т; КамАЗ-53202 – автомобіль-тягач, який відрізняється від попереднього подовженою базою і збільшеною бортовою платформою; КамАЗ-5410 - сідельний тягач, призначений для роботи з двохосьовим напівпричепом вантажопідйомністю 14 т (універсальна платформа, кузов-фургон); КамАЗ-54101 - сідельний тягач, який використовується для роботи з двохосьовим напівпричепом - самоскидом моделі ГКБ-9575 вантажопідйомністю 13,5 т; КамАЗ-5510 - одиночний автомобіль-самоскид вантажопідйомністю 7 т; КамАЗ-55102 - 7-тонний тягач-самоскид з тристороннім перекиданням кузова, призначений для роботи в складі автопоїзда з причепом моделі ГКБ-8527 із загальною вантажопідйомністю автопоїзда 14 т; КамАЗ-5320 – шасі одиночного автомобіля з колісною базою 3190 мм, призначене для монтажу спеціальних кузовів або установок; КамАЗ-

53203 – шасі, що на відміну від попередньої моделі має подовжену до 3690 мм базу.

Друге сімейство КамАЗ-4310 складається з тривісних повнопривідних автомобілів-тягачів високої прохідності, колісна формула яких бх6. Сімейство включає в себе шість модифікацій; КамАЗ-4310 – 5-тонний автомобіль-тягач з бортовою платформою, призначений для роботи автопоїзда з причепом повною масою 7 т; КамАЗ-43101, 43102, 43103 – автомобілі, що відрізняються від моделі 4310 конструкцією вантажної платформи або наявністю спального місця в кабіні; КамАЗ-4310 – шасі автомобіля, призначене для монтажу спеціальних установок і кузовів; КамАЗ-4410 – сідельний тягач високої прохідності для роботи з напівпричепом повною масою 12,5 т.

Третє сімейство КамАЗ-54102 включає в себе тривісні автомобілі-тягачі з колісною формулою бх4. Автомобіль може працювати з двохвісними причепами різного призначення вантажопідйомністю 20 т.

У всіх автомобілів КамАЗ загальна компоновка, уніфіковані вузли і агрегати. Кабіна, з хорошим оглядом дороги, винесена вперед, розташована над двигуном і для доступу до двигуна відкривається вперед, передня панель кабіни також відкидна для доступу до електро- і пневмообладнання. Автомобілі КамАЗ оснащуються дизельними 8- і 10-циліндровими двигунами потужністю 130, 150 і 190 кВт. Всі вони уніфіковані по більшості деталей і вузлів.

Автомобілі-самоскиди широко застосовуються для перевезення вантажів при виконанні геологорозвідувальних робіт, так як це дозволяє механізувати розвантажувальні операції. За характером перевезень і умов роботи автомобілі-самоскиди конструктивно розрізняються між собою [13]. Коротка технічна характеристика автомобілів, автомобілів-самоскидів наведена в табл.3.9.

Самоскидні кузова встановлюються для перевезення і механізованого розвантаження навалювальних і насипних вантажів. За принципом розвантаження рухомого складу з самоскидними кузовами ділиться на три групи: з перекидним кузовом, з бункерним розвантаженням і з примусовим виштовхуванням вантажу (наприклад, шнеком).

Перекидання кузова в більшості випадків здійснюється за допомогою гідравлічних механізмів. У напрямку перекидання розрізняють кілька типів самоскидних кузовів: з перекиданням кузова тільки назад, на одну бічну сторону, на дві бічні сторони, на любую з трьох сторін з попереднім підйомом кузова перед перекиданням.

Трактори. Трактори використовуються при геологорозвідувальних роботах для перевезення вантажів і людей в складних дорожніх умовах, коли використання автомобільного транспорту неможливо (відстань таких перевезень зазвичай невелика), також для перевезення бурових вишок і іншого обладнання без попереднього розбирання. Широко застосовуються при будівництві тимчасових доріг в геологорозвідувальних партіях і експедиціях, проходці розвідувальних каналів.

Для транспортування в умовах бездоріжжя застосовувалися в основному гусеничні трактори, оскільки їх прохідність і маневреність значно вище

колісних, проте останнім часом для перевезення вантажів по бездоріжжю все ширше стали застосовуватися колісні трактори К-700, К-70І, які відрізняються високою маневреністю та прохідністю і, головне, – великою швидкістю.

Таблиця 3.9 – Характеристики автомобілів для геологорозвідувальних робіт

Основні дані	ЛуАЗ-969	УАЗ-469Б	УАЗ-451ДМ	УАЗ-452Д	ЗИЛ-131	ЗИЛ-133Г2	УРАЛ-375	КрАЗ-255Б	КрАЗ-219
Число колес (загальне)									
Ведучі	4x4	4x4	4x2	4x4	6x6	6x4	6x6	6x6	6x4
Вантажопідйомність, т	0,4	0,75	1,0	0,8	3,5	8,0	5,0	7,5	12,0
Найбільша маса причепа, т	0,3	0,85			6,5		10,0	30,0	15,0
Маса:									
в порожньому стані, т	0,42	1,6	1,51	1,8	6,5	6,5	8,4	11,82	11,3
з повним навантаженням, т	0,82	2,35	2,45	2,6	10,0	14,5	13,4	19,32	23,52
Розподіл маси по колесам, т									
на передні	0,51	1,0	1,12	1,2	3,3		3,9		4,67
на задні	0,31	1,35	1,34	1,4	6,7	-	9,5	-	18,85
Найбільша швидкість з повним навантаженням, км/год	75	100	95	95	80	95	75	70	55
Норма витрати палива на 100 км, л	8	12	12	13	40	36	48	38	60
Місткість бака, л	32	60	56	56	340	250	360	450	
Потужність двигуна, кВт	30		55	53	110	160	135	178	132
Мінімальний дорожній просвіт, мм	300	220		220	330	330	400	360	
Кількість місць в кабіні	4	8	2	2	3	3	3	3	3

Трактор ДЕТ-250М - гусеничний, промисловий, тягового класу 25 тс. Призначений для важких землерийних робіт, для розробки методом розпушування мерзлих і скельних ґрунтів і в якості тягача на транспортних роботах.

ДЕТ-400 - марка трактора, що з 2007 року випускається Челябінським тракторним заводом. Абревіатура ДЕТ означає дизель-електричний трактор. Створено на базі попередньої моделі - трактора ДЕТ-320.

На тракторі ДЕТ-400 вперше в світовій практиці тракторобудування застосована електромеханічна трансмісія з вентильно-індукторними електричними машинами і електронною системою управління.

Трактор Т-180 - гусеничний, промисловий, загального призначення, тягового класу 15 тс. Призначений для роботи з навісним і причіпним обладнанням в різних галузях промисловості. Максимальна швидкість 12 км/год.

Трактори ВТ-90, ВТ-100, ВТ-150, ВТ-175, ВТ-200 – гусеничні сільськогосподарські трактори загального призначення тягового класу 3-4, оснащуються дизелем. Призначені для виконання основних сільськогосподарських робіт спільно з навісними, напівнавісними і причіпними знаряддями, а також машинами з пасивними і активними робочими органами. З відповідним обладнанням трактор може використовуватися на дорожньо-будівельних, меліоративних, вантажно-розвантажувальних, транспортних роботах і в агрегаті зі зварювальним устаткуванням. На базі тракторів ВТ-100, ВТ-150, ВТ-175 створені модифікації: пропашна, торф'яна (болотоходна).

Гусеничні транспортери-тягачі. Використання автомобільного транспорту в умовах бездоріжжя, особливо в весняно-літній період, коли розтають болота, недостатньо ефективно, а іноді і неможливе. При виконанні геологорозвідувальних робіт в таких районах значний ефект дає застосування швидкоходних гусеничних транспортних машин, які за конструктивним виконанням пристосовані для експлуатації в суворих кліматичних умовах, мають високу прохідність по слабкому ґрунту, снігу, болотам, дрібноліссю і т.п. Можливість використання цих машин в різні пори року дозволяє ліквідувати сезонність в проведенні транспортних і інших робіт. Якщо взяти до уваги, що сучасні гусеничні транспортні машини мають велику вантажопідйомність, а за швидкістю руху на ґрунтових дорогах практично не поступаються автомобілям, то питання більш широкого застосування транспортних засобів цього виду в геологорозвідувальних організаціях набуває актуальну практичну спрямованість.

Позашляховий всюдихідний транспорт, в тому числі і гусеничні транспортери-тягачі, не зможуть повністю замінити автомобільний в геологорозвідувальних організаціях, проте застосування цього виду машин, які не мають собі рівних по простоті і економічності застосування в складних дорожніх умовах, вельми ефективно.

З вітчизняних машин цього класу відомий гусеничний тягач ХТЗ-3Н, що обладнаний 4-х тактним двигуном потужністю 240 к.с., вміщує 12 пасажирів, 2000 кг вантажу, транспортує причеп масою 4000 кг, розвиває швидкість по ґрунтовій дорозі – 60 км/год, по снігу – 15 км/год.

Спеціальні транспортні засоби. Поряд з традиційними автомобілями в північному виконанні промисловістю для районів холодного клімату

випускаються спеціальні транспортні засоби високої прохідності – мотонарти, аеросани, гусеничні плаваючі транспортери.

Мотонарти "Буран" мають лижно-гусеничний двигун за схемою 3x2 – одна передня опорно-поворотна лижа і дві поруч розташовані безшарнірні гумоармовані гусениці. Питомий тиск на несучу поверхню 3,9 кН / м² (0,04 кгс/см²), двигун двух-тактний, двоциліндровий, з примусовим повітряним охолодженням, електрообладнання мотоциклетного типу.

Мотонарти "Віраж" мають лижно-гусеничний рушій за схемою 3x1 – дві передні опорно-поворотні лижі і одна безшарнірна резино-армована гусениця.

Мотонарти в результаті низького питомого тиску лижно-гусеничних рушіїв на сніговий покрив здатні рухатися зі швидкістю до 60 км/год. Невисока вартість, простота конструкції, невибагливість в експлуатації – за всіма цими якостями "механічні сани" претендують на роль самого доступного, наймасовішого транспортного засобу для районів холодного клімату.

З середини минулого сторіччя почали з'являтися транспортні кошти на повітряній подушці, які включають в себе судна на повітряній подушці (СПП) і наземні транспортні засоби на повітряній подушці.

Конструкції СПП діляться на амфібійні з гнучкою огорожею повітряної подушки по всьому периметру днища корпусу, і снігові з боковими колами, частково зануреними у воду. Можуть пересуватися над водою по порожистим і малим рікам, мілководдю, а також над будь-якою іншою поверхнею (земля, болото, сніг і лід). Висота перешкод досягає 0,8-0,9 висоти гнучкого огороження. Снігові СПП рухаються без відриву від води і не мають амфібійних властивостей, але при положенні на повітряній подушці мають мінімальну осадку, що дозволяє використовувати їх в обмежених по глибині басейнах. Експлуатація снігових СПП на замерзаючих водних шляхах можлива лише влітку в період навігації.

Амфібійний катер на повітряній подушці "Бриз" призначений для пасажирських перевезень на внутрішніх водних шляхах в районах з рідкою мережею доріг, де СПП може бути основним і єдиним засобом пересування. Можлива модифікація головної (пасажирської) моделі катера для інших призначень: вантажний, спеціальний і т.д. Швидкість ходу 80 км /год; вантажопідйомність 1,5 т. Він може використовуватися для доставки робочих (до 15 осіб) до місць роботи.

Наземні транспортні засоби на повітряній подушці (НТ СПП) мають вкрай низький питомий тиск на ґрунт близько 0,002...0,07 кг/см², що дозволяє перевозити на них по бездоріжжю і сніжній цілині як масові і довгомірні вантажі, так і обладнання практично будь-якої маси і розміру. Крім того, малий питомий тиск не викликає переущільнення ґрунту і руйнування рослинного покриву навіть при багаторазовому проході НТ СПП по одному і тому ж сліду, що особливо важливо при транспортуванні вантажів в районах багаторічної мерзлоти. Основний їх недолік – вразливість гнучкого огороження гнучкої подушки при проході над поверхнею, покритою торосистим льодом або гострими металевими конструкціями.

НТ СПП можуть бути самохідними, призначеними для вантажних і пасажирських перевезень; несамохідними, призначеними в основному для вантажних перевезень; транспортно-технологічними з постійним або знімним обладнанням для створення повітряної подушки.

Техніка безпеки при автотракторних перевезеннях. Безпека автотракторного транспорту в значній мірі визначається станом доріг. Цей фактор набуває особливого значення при виконанні транспортних операцій в горах, в періоди весняного та осіннього бездоріжжя, в зимові місяці і негоду. Складні умови автотракторних транспортних перевезень створюються в районах холодного клімату при низьких температурах і сильних вітрах. Безпека виконання автомобільних перевезень забезпечується також правильним вибором типів автомобілів, найбільш придатних для даних дорожніх умов, вантажів, що перевозяться, і погоди.

Виникаючі в процесі транспортування вантажів випадки, наслідком яких є смерть або поранення людей, пошкодження транспортних засобів або штучних споруд, псування вантажів або інший матеріальний збиток, називаються дорожньо-транспортними пригодами (ДТП). До ДТП не відносяться події, пов'язані з виконанням виробничих процесів на самохідних технологічних машинах (при бурінні свердловин) або на транспортних машинах (при вантажно-розвантажувальних, землерийних, дорожніх та інших роботах), викликані порушенням правил техніки безпеки.

Характерні причини травматизму при транспортних і вантажно-розвантажувальних операціях в геологорозвідувальних організаціях:

- неправильні прийоми роботи;

- несправність транспортних і вантажно-розвантажувальних засобів або непридатність їх для конкретних умов експлуатації;

- несправність інструментів і пристосувань і недостатня механізація трудомістких і важких робіт;

- відсутність інструктажу і недостатність навчання, а також недостатній технічний нагляд;

- відсутність або недостатня придатність захисних засобів і спецодягу;

- використання робітників не за фахом;

- недостатня трудова дисципліна і погана організація робіт.

Попередження нещасних випадків на транспортних і вантажно-розвантажувальних роботах в геологорозвідувальних організаціях не потребує капітальних витрат. У багатьох експедиціях і партіях причини, що спричиняють травматизм, можуть бути усунені за рахунок навчання ІТП і робочих правилам техніки безпеки і організаційних заходів при відносно невеликих фінансових витратах на матеріально-технічне оснащення транспортних цехів, необхідне для безаварійної експлуатації транспортних і вантажно-розвантажувальних засобів.

Одна з основних причин ДТП в геологорозвідувальних організаціях – низька кваліфікація водіїв. Хороший стан шляхів і транспортних споруд є обов'язковою умовою, що забезпечує надійність і безпеку транспортування, а також направлення на лінії справних, добре підготовлених, надійних

транспортних засобів. У умовах геологорозвідувальних організацій ця обставина набуває виключне значення в зв'язку з тим, що перевезення здійснюються часто в малонаселених районах, на трасах, де, як правило, відсутні пункти технічного обслуговування транспортних машин, а дорожні і кліматичні умови часто бувають несприятливими.

Технічні характеристики транспортних засобів повинні відповідати параметрам й властивостям вантажів, що у них завантажуються. Вантажі повинні бути правильно розміщені на машині і достатньо міцно закріплені. Перевезення людей може проводитися тільки в спеціально пристосованих для цього засобах; кількість людей, що перевозяться на одній транспортній машині, суворо регламентується.

У пустельних і напівпустельних районах, а також в районах холодного клімату і в умовах повного бездоріжжя забороняється відправляти в далекі рейси одиночні транспортні засоби. При здійсненні транспортних операцій по крижаних і сніжних дорогах в рейси протяжністю понад 50 км слід випускати не менше двох транспортних машин. Як виняток допускається відправка в рейс одиночної машини при наявності двох водіїв.

3.4.2. Автотракторні дороги

Для перевезення вантажів геологорозвідувальними організаціями використовуються наявні дороги республіканського і місцевого значення, а також споруджуються тимчасові дороги. У сприятливих географічних та кліматичних умовах експлуатація транспортних засобів може здійснюватися без будівництва навіть тимчасових доріг.

При проведенні геологорозвідувальних робіт практично до бази кожної геологорозвідувальної експедиції і партії, а також до ділянок виробництва робіт прокладаються під'їзні шляхи для автотракторного транспорту. Протяжність цих шляхів різна – від сотень метрів до десятків кілометрів. Будуються зазвичай тимчасові автомобільні або тракторні дороги полегшеного типу.

В одних випадках прокладка таких доріг дуже проста, в інших – на дорожні роботи витрачається багато праці, часу і коштів. Спорудження тимчасової дороги, наприклад в тайзі, тундрі або в болотистій місцевості, – дуже складний процес, від ретельності виконання якого залежить надійність транспортного зв'язку [11].

Експлуатаційні властивості ґрунтових доріг. Умови експлуатації автомобілів в геологорозвідувальних організаціях неминуче пов'язані з перевезеннями по найпростішим ґрунтовим дорогам, які складають третину від їх загальної кількості. Тому вплив властивостей поверхневих шарів ґрунтів на прохідність ґрунтових доріг заслуговує самої значної уваги при оцінці умов експлуатації автомобілей.

Основні типи ґрунтів для території колишнього СРСР [15] :

- торф'янисті (тундрова зона);
- дерново-підзолисті (лісова зона);
- чорноземи (степова зона);

каштанові і бурі, сіроземи (сухі степи і напівпустелі).

Прохідність ґрунтових доріг кожної зони пов'язана з властивостями ґрунтів і кліматичними умовами району їх поширення.

У *тундровій зоні* літо холодне, середня температура самого теплого місяця не перевищує 10...12° С. Хоча опадів випадає мало, але через незначне випаровування, рівний рельєф і близькості від поверхні немаючого мерзлого ґрунту (в зоні багаторічної мерзлоти) ґрунтова вода стоїть високо. При цьому у знижених місцях відбувається заболочування.

У безморозний період проїзд ґрунтовими поверхнями сильно утруднений через пухкий стан або значну вологість заторфованих ділянок і практично можливий тільки для всюдиходів. Однак їх проїзди ущільнюють або руйнують моховий і торф'яної покрив, для поновлення якого потрібно кілька років. При цьому в зоні вічної мерзлоти ґрунтів відбувається відтавання розташованих на невеликій глибині прошарків льоду, що часто викликає утворення термокарстових комів.

ґрунтові дороги зазвичай бувають розташовані на сухих водороздільних ділянках рельєфу. У цих місцях поліпшенню проїзду сприяє забезпечення водовідведення. Тривалість весняного та осіннього бездоріжжя перевищує 4 місяці.

Підзолиста зона, типова для нечорнозем'я, розташована в більш сприятливих умовах, ніж тундрова. Вона відповідає зоні поширення лісів. Температура літа тут вище, проте кількість опадів, що випадають, переважає над випаровуванням. У знижених елементах рельєфу накопичується вода і відбувається заболочування.

Влітку можливий проїзд автомобілів повсюдно, крім заболочених ділянок. У суху пору ґрунтові дороги сильно порожать. При зволоженні підзолисті ґрунти швидко розмокають, проте їх липкість і слизькість невеликі і характерні лише для глинистих ґрунтів. Тривалість весняної та осінньої бездоріжжя досягає 3 місяців.

Чорноземні ґрунти займають *степовий район* півдня європейської частини. Опадів тут випадає небагато – менше, ніж в підзолистій зоні, але через більш вологий клімат відбувається сильне випаровування, тому води в ґрунті влітку буває мало. ґрунтові води залягають на великій глибині.

У поверхневих шарах ґрунтів степової зони міститься велика кількість продуктів розкладання рослинності – органічної речовини гумусу, що додає їм темний колір, за який вони отримали назву чорнозему. Для чорноземів характерна значна однорідність властивостей на великій відстані.

ґрунтові профільовані дороги на чорноземних ґрунтах в сухому стані мають ущільнену гладку поверхню і відносно мало порожать. Однак досить самого невеликого дощу, щоб на поверхні утворилася тонка слизька плівка бруду, що викликає буксування автомобілів. При поперечних ухилах дороги 15-20% автомобілі, що буксують, зносить до бічних каналів. При тривалих дощах дороги розмокають, утворюючи липкий бруд, що покриває колеса автомобілів. Весняне бездоріжжя порівняно коротке, осіннє в несприятливі

роки може, чергуючи з періодами заморозків, розтягуватися майже на всю зиму, зливаючись з весняним.

Бурі і каштанові ґрунти поширені на південному сході в зоні сухих степів. У середньоазійських республіках розташовані ґрунти пустель - сіроземи.

Для ґрунтових доріг, що проходять по каштановим, бурим і особливо сіроземними ґрунтам, характерна велика пилюватість. На лесових ґрунтах, що утворилися в результаті багатовікового відкладення принесених вітром з піщаних пустель тонких пилюватих частинок, в літні місяці спостерігається своєрідне явище – "сухе бездоріжжя", при якому на дорозі утворюється шар пилу, товщина якого іноді перевищує 15 см. Автомобіль піднімає хмару пилу, яка закриває його завісою, знижуючи видимість дороги. У дощові періоди дороги покриваються шаром не дуже липкою брудом товщиною до 25 см.

Для зон поширення чорноземних, каштанових, бурих і сіроземних ґрунтів характерна наявність засолених ділянок – солончаків і солонців.

Солончаки розташовуються в понижених місцях рельєфу на ділянках з близьким стоянням ґрунтових вод, що містять розчинені солі. Вода по капілярах досягає поверхні ґрунту, і при її випаровуванні відбувається накопичення солей.

Прохідність ґрунтових доріг, які перетинають солончаки, залежить від хімічного складу наявних в ґрунті солей. "Мокрі" солончаки, які містять хлористий кальцій і магній, гігроскопічно поглинають воду з повітря і знаходяться навіть в саму спекотну погоду у вологому стані, в суху погоду добре прохідні і мало порашать, проте на них швидко утворюються вибоїни; в сиру погоду – швидко розмокають і проїзд порушується. Солончаки, що включають в себе натрієві солі, гірше прохідні. "Пухкі" солончаки, що містять сірчаноокислий натрій, який збільшується в об'ємі при кристалізації, в суху пору року перебувають в пухкому стані і непрохідні, так як колеса глибоко в них просідають. У дощові періоди солончаки всіх типів сильно розмокають і стають багнистими.

Солонці утворилися від вилуговування солончаків дощовими водами. У них на глибині 10 см і більше залягає щільний, сильно сцементований в сухому стані шар ґрунту, що містить хімічно зв'язаний натрій. У вологі періоди року дороги, що проходять по солонцям, покриваються дуже слизьким брудом, що сильно налипає на колеса. При поліпшенні погоди бруд просихає дуже повільно, а коли засохне, утворює тверді грудки, які ніяк не піддаються вирівнюванню.

Прохідність ґрунтових доріг в різні періоди року. Опір ґрунтів навантаженням залежить від їх вологості. Так як протягом року умови зволоження і висихання ґрунтів змінюються, то й опір поверхні ґрунтової дороги навантаженням від автомобілів також не залишається постійним протягом року.

У періоди інтенсивного перезволоження ґрунту навесні і восени прохідність ґрунтових доріг різко погіршується. Водонасичений ґрунт не володіє достатнім опором деформації колесами, внаслідок чого на дорозі

утворюються колії і опір руху різко зростає. Ці періоди зветься осіннім і весняним бездоріжжям.

Осілля бездоріжжя виникає через зволоження ґрунту опадами, що випадають. Випаровування восени незначне, і волога до настання морозів поступово поширюється вглиб ґрунтів. Перезволоженню ґрунту сприяє також капілярне підняття води від рівня ґрунтових вод, що підвищується восени. Швидкість проникнення в ґрунт води залежить від ступеня його ущільнення. Профільовані ґрунтові дороги, поверхня яких має опуклий поперечний профіль і сильно ущільнена рухом автомобілів, розмокають повільніше, і умови проїзду ними погіршуються, головним чином, через буксування коліс. У той же час пухкий ґрунт на орних ділянках і луках швидко розмокає, утворюючи глибокі колії при проїзді по ньому навіть одиночних автомобілів. Прохідність автомобілів погіршується в зв'язку з ростом опору руху.

Після настання холодів дорога замерзає. Якщо вона своєчасно була вирівняна, замерзла поверхня, порізана коліями, стає практично не прохідною. Проїзд відновлюється тільки після утворення снігового покриву, який рівняє розбиту поверхню дороги.

Умови колонного руху в період бездоріжжя значно гірші, ніж для одиночних автомобілів. При достатньому зчепленні коліс з ґрунтом глибина колії при проїзді автомобілів поступово зростає і в кінці кінців досягає такого розміру, що передня вісь автомобіля і картер диференціала починають зачіпати за міжколійний земляний валик і подальший рух по дорозі стає неможливим. Незалежно від цього багаторазові проходи коліс автомобілів викликають перерозподіл вологи в ґрунті і проникнення її на велику глибину. Накопичена в самому верхньому шарі і перезволожуюча ґрунт волога поступово при перемішуванні ґрунту колесами проникає глибше, товщина шару ґрунту з малою несучою здатністю збільшується і глибина колії значно зростає.

Весняне бездоріжжя починається після сходу снігового покриву, з моменту відтавання ґрунту. На початку відтавання на поверхні ґрунту, що насичений вологою з осені і вібрав воду від танення снігу, утворюється шар бруду. Колеса, легко прорізаючи цей шар, переміщуються по поверхні мерзлого шару ґрунту. Глибина колії дорівнює товщині відталого шару і зростає в міру відтавання ґрунту. Бруд має рідку консистенцію і спричиняє незначний опір руху. У цей період застосування шин з ґрунтозачепами покращує прохідність.

У міру подальшого відтавання ґрунту товщина шару бруду зростає, колеса перестають досягати мерзлого шару і починають буксувати. У міру висихання на поверхні ґрунту утворюється просохла кірка, нижче якої ґрунт продовжує залишатися перезволоженим. Проїзд по дорозі залишається важким для автомобіля і супроводжується перевитратою палива. Тільки після висихання ґрунту на глибину 0,6 ... 0,7 м умови руху по ґрунтових дорогах стають нормальними.

Прохідність ґрунтових доріг навесні незрівнянно гірше, ніж восени. Навесні ґрунт з самого початку відтавання насичений водою, і вологість його більша в порівнянні з осінньою за рахунок того, що взимку

відбувалося танення вологи з нижніх шарів, а також надходження води від танення і від весняних дощів. Просочуванню води в глибинні шари ґрунту в цей період перешкоджає наявність на деякій глибині мерзлого шару – буркуну. Багато ділянок, наприклад зорані поля, які восени в умовах періодично випадаючих опадів прохідні більшу частину періоду бездоріжжя, навесні стають абсолютно не прохідними.

Прохідність ґрунтових доріг в період бездоріжжя залежить від властивостей ґрунту, швидкості вбирання в нього вологи і від інтенсивності руху автомобілів. Найбільш швидко руйнуються і стають непрохідними ділянки: з незабезпеченим стоком поверхневої вологи, а також ті, що мають зниження, в яких застоюється вода; з близьким до поверхні рівнем стояння води (заплавні луки, улоговини); що проходять по глинистих, важкоглинистих і торф'янистим ґрунтам, а також місця зосередження руху на обмеженій ширині проїзду (греблі, дамби, високі насипи, незаасфальтовані вулиці населених пунктів).

Усунути бездоріжжя на ґрунтових дорогах неможливо без проведення капітальних заходів по влаштуванню проїжджої частини, однак умови перевезень можуть бути дещо полегшені інтенсивним доглядом за дорогою і раціональною організацією руху.

Забезпечення перевезень в період бездоріжжя досягається найкращим використанням несучої здатності ґрунту – відведенням води, зміцненням смуги руху і зменшенням числа проходів коліс по одному сліду (розосередження руху). Для цього повинні проводитися наступні заходи: повне забезпечення відводу води з дороги шляхом додання їй правильного профілю (поперечного), негайного усунення застоїв води на полотні в окремих западинах і коліях, що утворюються, закладення глибоких вибоїн, рівномірне ущільнення поверхні дороги рухом; по можливості перенесення руху з важкопрохідних ділянок дороги на об'їзди, що проходять по більш сухих місцях із забезпеченим водовідведенням або по піщаних ґрунтах, хоча б і при подовженні загального протягу маршруту; зміцнення окремих ділянок дороги шляхом влаштування на них покриттів з гравію, щебеню, шлаку при забезпеченні повного відведення води. Якщо воду не можна відвести повністю, влаштовують настили з колод, дошок тощо. Зверху колії засипають піском, шлаком або гравієм з таким розрахунком, щоб верхня частина колії на 5...8 см не була заповнена і направляла рух колеса; розподіл потоку руху між кількома шляхами або по-смугами руху, спеціалізація маршрутів між окремими видами транспортних засобів.

Властивості основних ґрунтів. У межах однієї ґрунтової зони можуть зустрічатися ґрунти, що значно розрізняються по крупності складових їх частинок. Умовно вважають, що кожен ґрунт являє собою суміш наступних основних частинок:

глинистих розміром менше 0,002 мм. Вони надають ґрунтам зв'язність в сухому стані і липкість у вологому;

пилуватих розміром 0,002 ... 0,05 мм. Від їх змісту залежить здатність ґрунту утримувати вологу, підтягувати воду по капілярах на порівняно велику

висоту. З їх присутністю пов'язана схильність ґрунтів до зимових і весняних деформацій – утворення безоднь;

піщаних розміром 0,05 ... 2 мм. Їх вміст сприяє супротиву ґрунтів у вологому стані зовнішнім навантаженням. Піщані частинки не володіють ні липкістю, ні зв'язністю. Чим вищий вміст в ґрунті піщаних частинок, тим більша його водопроникність.

У ґрунтах можуть міститися також гравелисті і щебенисті частки розміром 2 ... 50 мм. Їх присутність істотно підвищує опір ґрунтів навантаженням.

Відносний вміст в ґрунті часток різної крупності, від якого залежать властивості ґрунтів, носить назву гранулометричного складу. В основі гранулометричної класифікації ґрунтів лежать два показники – вміст піщаних частинок і число пластичності ґрунту.

За класифікацією [6] всі ґрунти діляться на кілька груп (табл.3.10).

Таблиця 3.10. – Характеристики основних ґрунтів

Типи та види ґрунтів	Вміст піщаних часток по масі, %	Число пластичності
1	2	3
Пісок:		–
гравелистий	Часток крупніше 2 мм 25	
крупний	" " 0,5 мм 50	–
середній	" " 0,1 мм 75	–
пилуватий	" " 0,1 мм 75 .	–
Супісь:		1 – 7
легка крупна	Часток розміром 2...0,25 мм – 50	
легка	" " 2...0,25 мм – 50	1 – 7
пилувата	" " 2...0,25 мм – 50	1 – 7
	– 20	
важка пилувата	" " 2...0,25 мм – 20	1 – 7
Суглинок:		7 – 12
легкий	" " 2...0,25 мм – 40	
легкий пилуватий	" " 2...0,25 мм – 40	7 – 12
важкий	" " 2...0,25 мм – 40	12 – 17
важкий пилуватий	" " 2...0,25 мм – 40	12 – 17
Глина:		17 – 27
піщана	Більше 40	
пилувата	Менше 40	17 – 27
жирна	Не нормується більше 27	

Пилу на супіщаних дорогах відносно мало, бруд малолипкий. Утворені у вологу погоду при короткочасних дощах неглибокі колії швидко заковчуються рухом, коли ґрунт починає підсихати.

Супіщані пилуваті ґрунти мають малу зв'язність. При водонасиченні легко приходять в пливунний стан і майже повністю втрачають здатність

чинити опір навантаженням. У сухому стані сильно порошать. Схильні до утворення виїмок.

Суглинні ґрунти володіють великою зв'язністю в суху пору року, але швидко втрачають її при зволоженні. Після дощів утворюють липку слизьку поверхню. На дорогах виникають глибокі колії. У зв'язку з малою водопроникністю віддача води суглинними ґрунтами здійснюється тільки шляхом випаровування, і тому просихають вони повільніше, ніж інші ґрунти. Тривалість бездоріжжя на ґрунтових дорогах при суглинних ґрунтах в 1,5-2,5 рази більше, ніж супіщаних.

Глинисті ґрунти в поверхневих шарах ґрунтового покриву зустрічаються вкрай рідко. На поверхню вони можуть потрапляти з нижніх горизонтів при будівництві доріг. Їх дорожні якості ще менш сприятливі, ніж суглинних.

Оцінка типу ґрунту і його стану необхідна в ряді випадків для точної характеристики району перевезень і оцінки прохідності ґрунтових маршрутів автомобільним транспортом, а також при випробуваннях автомобілів на прохідність.

Основні характеристики ґрунту – його гранулометричний склад, вологість і ступінь ущільнення.

Точно визначити склад ґрунту можна тільки в спеціальних ґрунтових лабораторіях, які є в дорожніх, гідротехнічних та сільсько-господарських організаціях. Однак існують і спрощені, але достатньо надійні методи, які не потребують складного обладнання та високої кваліфікації виконавців, цілком застосовні в польовій обстановці. Для швидкого орієнтовного визначення гранулометричного складу ґрунтів, крім засолених, можна скористатися спрощеним методом Л.В. Новікова. Ґрунт висушують і подрібнюють до порошкоподібного стану. Потім його ретельно розмішують з водою до густоти, при якій він перестає прилипати до рук. З ґрунтового тесту на долоні скачують джгутики до тих пір, поки вони не почнуть розпадатися на окремі шматочки. За вимірної міліметровою товщині цих шматочків можна приблизно встановити тип ґрунту (табл.3.11).

Якщо ґрунт пилуватий, то після роздавлювання і розтирання пальцями грудочок сухого ґрунту на руках залишається пил.

Будівництво тимчасових доріг. Траса проекрованої дороги, тобто лінія, що визначає положення осі земляного полотна в просторі, вибирається, як правило, по карті. При цьому, в першу чергу, викреслюється план дороги (проекція траси дороги на горизонтальну площину). На плані визначають радіуси кривих, кількість поворотів і коефіцієнт розвитку траси – відношення фактичної довжини плану дороги до довжини прямої лінії, яка з'єднує і кінець дороги.

Таблиця 3.11 – Визначення типу ґрунту

Ґрунт	Діаметр джгутика, мм
1	2
Піщаний	7

Супіщаний	4 – 7
Суглинистий	2,5 – 5,4
Важкосуглинистий	1,5 – 2,5
Глинистий	1,5

Проекція траси на вертикальну площину називається поздовжнім профілем дороги. На поздовжньому профілі (рис.3.8) виділяється найбільший підйом і визначаються місця спорудження насипів та виїмок. Викреслюються поперечні розрізи для підрахунку обсягів робіт.

Будівництво дороги починається з підготовчих робіт: разбивки і розчищення траси від рослинного покриття.

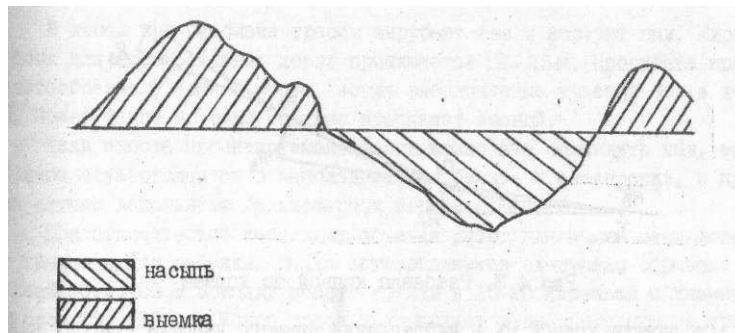


Рис.3.8. Поздовжній профіль дороги

Разбивка траси. Вісь траси фіксується реперами: в кінці, на початку, через кілометр пікетажним. Через кожні 50 ... 100 м встановлюються вішки (краще використовувати теодоліт для провішування). Разбивку кривих траси здійснюють за трьома точкам: T_1 , T_2 і B , що визначають початок (НК), середину (Б) і кінець (КК) кривої (рис.4.2).

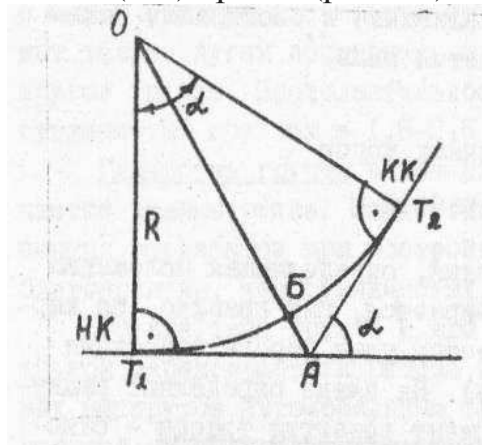


Рис.3.9. Розбивка кривої за трьома точками

Основні елементи кругової кривої при заданому куті повороту α і радіусі заокруглення R :

а) відстань від початку і кінця кривої до вершини кута повороту

$$T = AT_1 = AT_2 = R \operatorname{tg} \alpha / 2, \quad (3.2)$$

б) відстань від вершини кута повороту до кривої

$$AB = R(\sec \alpha / 2 - 1),$$

(3.3)

в) довжина кривої

$$K_{кр} = T_1 B T_2 = \frac{\pi R \alpha}{180},$$

(3.4)

г) різниця між довжинами по прямій і кривій

$$D = (AT_1 + AT_2) - T_1 B T_2 = 2T - K_{кр}.$$

(3.5)

Однак розбивка по трьом точкам не дає можливості досить точно визначити положення проміжних точок кривої, що особливо необхідно при значних довжинах кривих ділянок колії. Більш точне рішення досягається при розбивці кривої по хордам (рис.3.10).

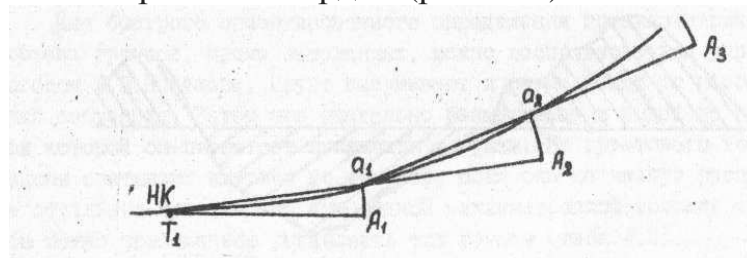


Рис. 3.10. Розбивка кривої по хордах

Від початку кривої НК в напрямку прямої ділянки траси, якби продовжуючи її, натягують між точками T_1 і A_1 мірну стрічку довжиною 10 ... 20 м. Потім кінець стрічки переноситься з точки A_1 в точку a_1 на відстань "крайнього" переміщення, величина якого визначається в залежності від обраного радіуса заокруглення і довжини мірної стрічки (табл.3.12).

Таблиця 3.12. – Характеристики поворотів

Радіус закруглення, м	Довжина мірної стрічки, м	Переміщення кінця стрічки, м		Радіус закруглення, м	Довжина мірної стрічки, м	Переміщення кінця стрічки, м	
		крайній	проміжний			крайній	проміжний
25	10	2,00	4,00	100	20	2,00	4,00
30	10	1,67	3,33	125	20	1,60	3,20
40	10	1,25	2,50	150	20	1,33	2,66
50	10	1,00	2,00	200	20	1,00	2,00
60	10	0,84	1,67	250	20	0,80	1,60
75	10	0,67	1,33				

Пряма $T_1 a_1$ провіщується за точку a_1 до точки A_2 і кінець стрічки з цієї точки переноситься в точку A_2 на відстань "проміжного" переміщення, що взяте з табл. 4.3. Таким чином, здійснюється розбивка траси на одній половині кривої. На іншій її половині розбивка проводиться аналогічно, але в зворотному порядку, починаючи з кривої в кінці, що межує з прямолінійною ділянкою. Використання теодоліта підвищує точність розбивки.

Валка лісу і корчування пнів. У лісах при розбивці траси вирубують ліс і корчуют пні. Ширина просік для автомобільних доріг приймається 10 ... 15 м. Прорубувати просіку доцільно в зимовий час, коли заболочені ділянки більш

доступні. Грунт такої просіки швидше просихає навесні. Якщо висота проектованого насипу дозволяє залишати пні, то валка лісу здійснюється з використанням бензо- і електропил, в зворотньому випадку використовують бульдозери і вибухові роботи.

При відносно невеликих обсягах робіт для валки лісу використовують трактори або лебідки. Валка здійснюється наступним чином: трос довжиною 80 ... 100 м обводять навколо групи в 10-20 дерев з діаметром стовбурів 25 ... 30 см. Кінець троса прив'язують до міцного пня, і при натягу іншого кінця трактором або лебідкою дерева валяться. За зміну можна викорчувати 80-110 дерев.

При вибуховому способі валки лісу в шпурах, пробурених під корінням дерева, вибухає заряд ВВ. Щоб уникнути розколювання стовбура під час вибуху заряд потрібно розташовувати на 0,5 м нижче кореневища. Величина заряду приймається з розрахунку 8 ... 15 г ВР на 1 см діаметра стовбура.

Корчівка пнів здійснюється в місцях виїмок і водовідводів, а також там, де висота насипу менше 0,5 м. Це трудомістка робота, краще робити її в весняні місяці і в дощову пору, коли грунт обводнений. Корчівка проводиться бульдозерами, корчувальними машинами, лебідками, тракторами. Ефективне застосування вибухових речовин.

Продуктивність при корчування пнів залежить від їх діаметра і породи дерев і становить 60-200 шт. в зміну.

Вибуховий спосіб застосовується в геологорозвідувальних організаціях, що використовують ВР для проходки гірничорозвідувальних виробок. Доцільно застосовувати ВР для корчування пнів середнього та великого діаметру. Заряд ВР розташовують в шпурах пробурених на глибину 1-1,5 діаметра пня. Кількість ВР має бути пропорційно діаметру пня (табл.3.13).

Розчищення траси і зняття рослинного шару здійснюється чаще всього бульдозером. Рослинний шар видаляється з траси в місцях планованих насипів висотою менше 0,5 м, на ділянках з нульовими відмітками і на площах виїмок. Рослинний шар знімається на глибину 0,1 ... 0,15 м. Він видаляється також при проектуванні насипу на трасі з поперечним ухилом 0,1-0,2%.

Таблиця 3.13. – Розрахунок кількості ВР

Порода дерева	Маса заряду вибухової речовини на 1 см діаметра пня		
	Грунт		
	болотистий	піщаний	глинистий
Ялина, вільха	13,5	16,0	12,0
Сосна	16,0	22,0	13,0
Береза та інш.	17,0	20,0	14,0

Земляне полотно автомобільних доріг. Автомобільні дороги складаються з земляного полотна, дорожнього одягу та водовідвідних каналів (кюветів).

Земляне полотно, що служить підставою для дорожнього покриття, а при відсутності останнього – проїжджою частиною дороги, являє собою штучно вирівняну смугу земної поверхні з поздовжніми і поперечними ухилами, що забезпечують безпечний рух автомобілів.

У якості матеріалу для земляного полотна переважно вибирають дренаючі ґрунти. Ґрунт полотна ущільнюється, верхній поверхні полотна надається двосторонній ухил (від центральної осі до бровок); бровки земляного полотна вибираються в залежності від профілю шляху, ґрунтів і умов експлуатації дороги. Типові схеми земляного полотна для полегшених автомобільних доріг показані на рис.3.11.

Ширина земляного полотна вибирається залежно від інтенсивності руху, рельєфу місцевості і терміну служби дороги. У рівнинних і горбистих місцевостях вона приймається 3,5 ... 8,0 м; при гірському рельєфі і в болотистих місцевостях – 3,5 ... 6,5 м. На поворотах дороги земляне полотно має бути розширене в сторону центру кривої.

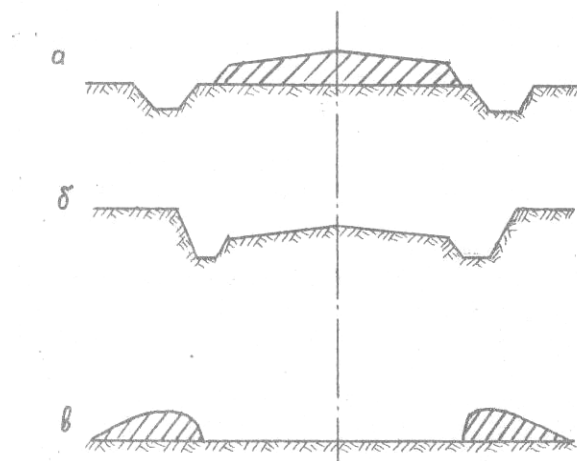


Рис.3.11. Поперечні профілі земляного полотна автомобільних доріг: а - насип; б - виїмка; в - чорновий проїзд

Розширення вибирається (в метрах) в залежності від радіуса кривої (табл.3.14).

Таблиця 3.14 – Розширення земляного полотна на поворотах

Ширина полотна, м	Радіус кривої, м								
	1 5	2 0	3 0	4 0	5 0	1 00	1 50	2 00	
3,5...5,5	1 ,7	1 ,3	1 ,0	0 ,8	0 ,7	0 ,5	0 ,4	0 ,3	
6,5...9,0	3 ,3	2 ,6	2 ,0	1 ,7	1 ,6	1 ,0	0 ,8	0 ,5	

Збільшення ширини дороги проводиться на ділянках довжиною 10 м, а в умовах обмеженого простору - довжиною 5 м. На крутих поворотах необхідно перейти з двускатного профілю земляного полотна на односкатний з кутом нахилу до центру кривої від 2 до 10 °.

На автомобільних дорогах з шириною земляного полотна до 5,5 м необхідно влаштовувати роз'їзди не далі 300 м один від іншого, шириною 8 м і довжиною ≥ 30 м.

Під'їзні автомобільні шляхи геологорозвідувальних партій і експедицій будуються зазвичай з нежорсткими дорожніми покриттями, тому міцності земляного полотна необхідно приділяти особливу увагу, оскільки деформація ґрунтової основи дороги швидко призводить до руйнування крихкого дорожнього покриття.

Міцність підстави визначається ступенем ущільнення і вологості ґрунту. Для врахування вологості земляного полотна користуються поділом місцевості на п'ять зон водного режиму ґрунтів: I - тундра; II - зона лісів; III - лісостеп; IV - степ; V - посушлива зона.

У табл. 3.15 в чисельнику наводяться рекомендовані підвищення брівки земляного полотна над поверхнею землі (в метрах) для різних зон; в знаменнику - підвищення брівки над рівнем води для ділянок з постійним зволоженням безстічними поверхневими водами або ґрунтовими водами, що виходять на поверхню.

Таблиця 3.15. – Підвищення брівки земляного полотна

Ґрунт	Зони			
	II	III	IV	V
Крупні і середні піски	0,6/0,8	0,5/0,7	0,4/0,6	0,3/0,5
Дрібні піски і супісі	0,7/1,3	0,6/0,9	0,5/0,9	0,4/0,8
Пилуваті ґрунти і легкі суглинки	0,9/2,0	0,8/1,8	0,6/1,8	0,5/1,4
Важкі суглинки і глини	0,8/2,0	0,7/1,5	0,5/1,2	0,5/1,1

Спорудження земляного полотна. Розбивка земляних робіт полягає в позначенні на місцевості ширини насипів (по низу) і виїмок (по верху), кордонів резервів і водовідводів (рис.3.12). Розбивочні кілки встановлюються по трасі на відстані <10 м. Поперечні розміри насипів і виїмок:

ширина насипу по низу

$$B_H = b + 2mH, \quad (3.6)$$

де b – ширина основної площі ($b = 3,0 \dots 3,5$ м); $m = \text{Ctg}\alpha$ – показник закладення укосу; α – кут укосу земляного полотна (табл. 3.16); H – висота насипу або глибина виїмки;

ширина виїмки по верху

$$B_H = b + 2(mH + K), \quad (3.7)$$

де K – ширина кювету по верху ($\sim 0,6$ м).

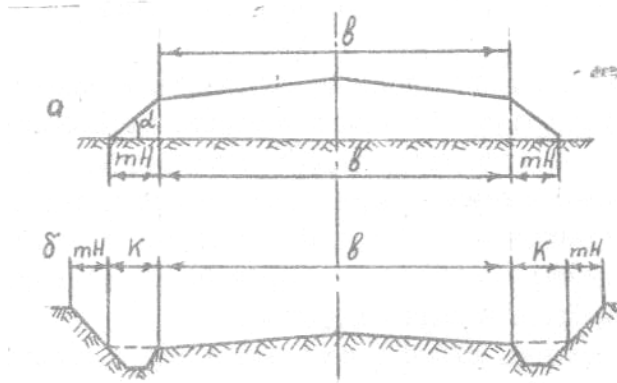


Рис.3.12. Схема розбивки насипів (а) і виїмок (б)

Земляне полотно має бути міцним, стійким і забезпечувати рух транспорту в будь-яку погоду. Найбільш відповідальні його ділянки – насипи, що зводяться з порід, які вибирають з виїмок або резервів. Кращі матеріали – щебінь, гравій і крупний пісок. Для насипів можна використовувати торф, мулисті ґрунти і солончакові ґрунти.

Таблиця 3.16. – Кути укосу земляного полотна

Ґрунт	Кут природного укосу α , град земляного полотна для породи		
	сухої	вологої	мокрої
1	2	3	4
Пісок:			
дрібнозернистий	25	30-35	15-20
середньозернистий	28-30	35	25
крупнозернистий	30-35	32-40	25-27
Торф	40	25	15
Рослинний ґрунт	40	35	25
Гравій	35-40	35	30
Щебінь	32-45	36-48	30-40
Глина жирна	40-45	35	15-20
Суглинок	40-50	35-40	25-30

Уздовж земляного полотна споруджують водовідвідні пристрої – кювети і канали. Ширина по дну їх і глибина повинні бути $\geq 0,5$ м, а ухил по довжині $\geq 0,002$.

При спорудженні земляного полотна основною дорожньо-будівельною машиною є бульдозер, за допомогою якого виконуються всі основні види робіт: створення виїмок і насипів; переміщення ґрунту; планування ґрунту; ущільнення породи в насипах і інші.

Найчастіше застосовують схеми з поперечною або поздовжньою відсипкою ґрунтів.

При поперечному відсіпанні ґрунт забирається бульдозером з бічних резервів і короткими поперечними ходами доставляється до насипу. За характеру руху бульдозера можлива челнокова і кільцева схеми.

При поздовжньому відсіпанні насипів ґрунт, як правило, забирається бульдозером з сусідніх виїмок або з резервів і навіть невеликих кар'рів. Якщо бульдозер має різні швидкості переднього і заднього ходів, то поздовжнє відсіпання здійснюють за челноковою схемою роботи. Якщо відстані переміщення більше 50 м або використовуються бульдозери з пониженими швидкостями заднього ходу, застосовують кільцеву схему роботи бульдозера.

При відстанях транспортування ґрунту понад 100 м можуть застосовуватися скрепери. Ними здійснюється пошарове відсіпання породи з подальшим розрівнювання і ущільненням її бульдозером (товщина шару до 0,3 м).

Розробку виїмок бульдозером і скреперами також здійснюють поперечними і поздовжніми заходами. Поздовжній спосіб доцільно застосовувати в глибоких виїмках, а також при поєднанні цих робіт з спорудженням насипу на сусідній ділянці.

Продуктивність бульдозера

$$\Pi = \frac{qK_{ep}}{T}, \quad (3.8)$$

де q – об'єм ґрунту в щільному тілі, що переміщується бульдозером; K_{BP} – коефіцієнт використання бульдозера в часі (0,85 ... 0,90); T – тривалість циклу

$$q = \frac{lH^2 K_n}{2tg\varphi K_p}, \quad (3.9)$$

де l – довжина відвального щита; H – висота відвального щита; K_n – коефіцієнт втрат (0,5 ... 0,9); φ – кут природного укосу ґрунту; K_p – коефіцієнт розпушення ґрунту.

$$T = \frac{l_p}{V_1} + \frac{l_{nep}}{V_2} + \frac{l_{nep}}{V_3} + t_0, \quad (3.10)$$

де l_p – довжина шляху різання; l_{nep} – довжина шляху переміщення ґрунту; V_1, V_2, V_3 – швидкості руху бульдозера відповідно при різанні, переміщенні ґрунту і при зворотному ході; t_0 – час на маневри (20 с).

Продуктивність скрепера

$$\Pi = \frac{VK_{nep}K_{ep}}{TK_p}, \quad (3.11)$$

де V – геометрична місткість ковша; K_{nep} – коефіцієнт переповнення (0,9 ... 1,2); K_{BP} – коефіцієнт використання скрепера в часі (0,8 ... 0,9); K_p – коефіцієнт розпушення ґрунту; T – час циклу.

$$T = \frac{l_n}{V_1} + \frac{l_{nep}}{V_2} + \frac{l_p}{V_3} + \frac{l_x}{V_4} + t_0, \quad (3.12)$$

де l_n – довжина шляху наповнення ковша; l_{nep} – відстань перевезення ґрунту; l_p – довжина шляху розвантаження ковша; l_x – довжина шляху холостого ходу; V_1, V_2, V_3, V_4 – швидкості скрепера відповідно при наборі ґрунту, транспортуванні, розвантаженні і на холостому ходу; t_0 – час на маневри (60 с).

Для спорудження земляного полотна в скельних породах застосовуються вибухові роботи. Для профілювання земляного полотна, переміщення ґрунту на його поверхні і створення неглибоких водовідливних каналів можуть застосовуватися грейдери.

Конструктивні шари дорожнього одягу автомобільних доріг. Для забезпечення цілорічного руху по дорогах незалежно від умов погоди в межах проїзної частини влаштовують дорожній одяг з одного або декількох шарів міцних матеріалів.

Дорожній одяг повинні володіти:

міцністю відповідно до інтенсивності руху та навантажень;

стійкістю проти впливу атмосферних факторів;

рівністю, що забезпечує можливість руху автомобілів з високими швидкостями;

шорсткістю, необхідною для хорошого зчеплення з шинами;

високим опором зносу;

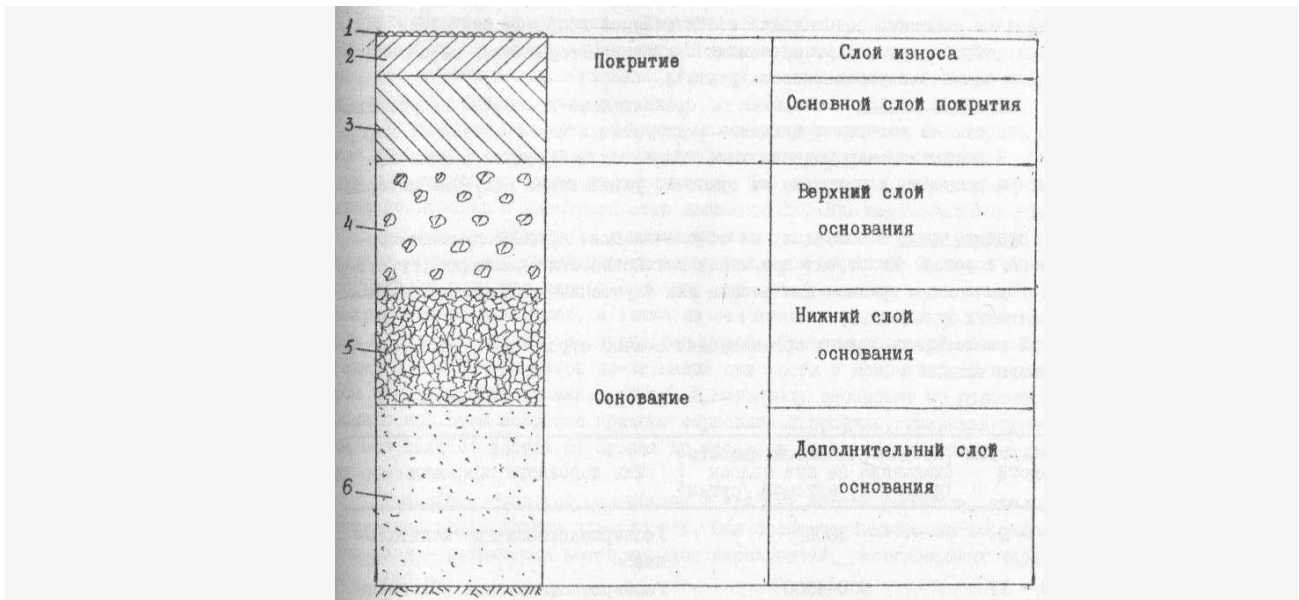
мінімальною будівництва;

можливістю спорудження, ремонту та утримання механізованими способами.

Дорожній одяг зазвичай складається з декількох шарів (рис.3.13), що мають різні призначення.

Верхній шар – покриття – створює на дорозі рівну поверхню і забезпечує необхідні експлуатаційні якості дороги: низький опір коченню, високий коефіцієнт зчеплення і опору зносу. Покриття влаштовують з міцних кам'яних матеріалів, зазвичай з введенням в'язучих, які пов'язують кам'яні матеріали, зменшують знос і надають дорожньому одягу водонепроникність. Покриття мають мінімальну товщину. Для підвищення міцності покриттів зі слабких кам'яних матеріалів іноді поверх них влаштовують тонкий, періодично відновлюваний шар зносу з міцніших матеріалів.

Розташований нижче шар покриття дорожнього одягу – підстава – призначений для передачі і розподілу тиску на велику площу ґрунту земляного полотна. Підставу можна влаштовувати з менш міцних матеріалів, ніж покриття.



Грунт земляного полотна (підстильний шар)

Рис.3.13. Конструктивні шари дорожнього одягу: 1 - поверхнева обробка; 2 - середньозернистий асфальтобетон; 3 - крупнозернистий асфальтобетон; 4 - щебінь, оброблений в'язучими матеріалами; 5 - щебінь; 6 – пісок

Типи дорожнього одягу ділять за ступенями їх капітальності і забезпечення вимог автомобільного руху на три групи (табл.3.17):

вдосконаленого типу – покриття, що укладаються на міцних підставах. Найкращим чином задовольняють умовам автомобільних перевезень. Бувають капітальні (цементо- і асфальтобетонні покриття на міцних кам'яних підставах) і полегшені покриття (з щебеню або гравію, обробленого органічними в'язучими матеріалами, на підставах з каменю або укріпленого ґрунту);

перехідного типу – покриття з порівняно невисоким опором зносу, на яких в процесі експлуатації часто виникають деформації. До покриттям перехідного типу відносяться щебеневі і шлакові бруківки і покриття з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами;

нижчого типу – покриття, що не забезпечують цілорічного проїзду по дорогах. Їх будують при малих інтенсивностях руху (ґрунтові, укріплені гравієм (щебенем) або поліпшені введенням гранулометричних домішок).

У геологорозвідувальних організаціях зазвичай будують тимчасові дороги третього типу.

Таблиця 3.17. – Типи дорожнього покриття в залежності від інтенсивності руху

Категорія дороги	Гранична інтенсивність руху на дві полоси руху, автомоб./добу	Тип дорожнього покриття
I – III	3000	Удосконалені капітальні
III – IV	500 – 4000	Удосконалені полегшені
IV – V	300 – 500	Перехідні
V	300	Нижчі

Щебеневі покриття влаштовують з роздробленого каменя (щебеню). Щебінь перед укладанням розсортовують по крупності шляхом просівання на кілька фракцій. При будівництві щебених покриттів спочатку розсипають основний шар найбільш крупного щебеню з частинками розміром 70...75 мм, який ущільнюється самохідними котками. Для кращого ущільнення, щоб зменшити тертя між щебінками, щебеневи розсип засипають більш дрібним щебенем (15...25 мм), який вдавлюється катками в проміжки на поверхні шару крупного щебеню.

На останньому етапі побудови більш дрібні пори, що залишилися після укатки дрібного щебеню (клинця), заклинюють кам'яним дріб'язком розміром 5...15 мм.

Таким чином, міцність щебених покриттів забезпечується взаємною заклинкою кам'яних частинок при ущільненні, а також цементуючим ефектом кам'яного пилу, що утворюється при терті один об одного частинок щебеню при укладанні. Вирішальним фактором стійкості покриття є тертя між щебенками. Попадання в щебеневи покриття глини, яка розм'якшується при зволоженні, значно знижує його міцність у вологі періоди року.

Щебеневи покриття володіють малим опором зносу, так як дотичні зусилля від пневматичних шин порушують заклинку, створену при укоченні під час будівництва. Тому такі покриття будують лише на дорогах з інтенсивністю руху 250-300 автомобілів на добу.

Гравійні покриття – влаштовують з природної суміші дрібних окатаних уламків міцних гірських порід розміром не більше 70 мм. Гравій добувають біля підніжжя гірських схилів, де він утворюється в результаті вивітрювання гірських порід, а також з відкладень в руслах і по берегах річок і озер, в які він перенесений водою. Окатаний гравій менш придатний для дорожніх робіт через малу зв'язність в покриттях. У дорожньому будівництві гравій, видобутий в кар'єрах, розсипають по полотну. Зазвичай при цьому покриттю надають серповидний профіль, покриваючи гравієм все полотно дороги від бровки до бровки і зводячи товщину шару до нуля на узбіччях.

Гравійні покриття малозв'язні і вимагають частих ремонтів, переважно вирівнювання поверхні. Вони особливо схильні до утворення хвиль – ритмічно повторюваних нерівностей, розташованих через 90 ... 120 см.

Покриття виходять більш міцними, коли шляхом перемішування матеріалу з декількох кар'єрів або просіювання гравій підбирають по крупності таким чином, що виходить щільна (оптимальна) суміш, в якій пори між великими частками заповнені частинками більш дрібними (дрібним гравієм, піском, пилом). Зв'язність дорожнього одягу забезпечується також скліюючою дією дрібних глинистих частинок. У цьому випадку допускається рух 250-300 автомобілів на добу. Міцність гравійних покриттів може бути підвищена додаванням в кар'єрний матеріал дробленого гравію.

За зовнішнім виглядом гравійне покриття – це щільна поверхня з окремих кам'яних частинок округленої форми розміром від 2...3 до 50...60 мм, пов'язаних ґрунтом. У суху пору року дороги з гравійними покриттями завжди сильно порожать.

Дорожні покриття і підстави з ґрунтів, поліпшених добавками в'язучих, являють собою найпростіший тип покриття.

Ґрунти істотно знижують свою міцність при насиченні вологою. Постійний опір їх навантажень протягом всього року може бути забезпечено тільки введенням в них в'язучих матеріалів, які надають ґрунтам стійкість, яка зберігається при зміні вологості. Найбільшого поширення набуло зміцнення ґрунтів неорганічними в'язучими – цементом і вапном. Ґрунти, оброблені вапном, використовують тільки в підстави дорожніх одягів.

Дорожній одяг з супіщаних ґрунтів, оброблених цементом, при достатній товщині і спорудженні на них захисного шару поверхневою обробкою витримують рух інтенсивністю до 500 автомобілів на добу.

При влаштуванні покриттів розпушений ґрунт ретельно перемішують з розсипаних по ньому цементом машинами, що працюють за принципом фрези, потім зволожують водою, додають правильний поперечний профіль і ущільнюють. Покриття набуває міцність через кілька днів після отвердіння цементоґрунта. Термін служби покриттів і основ з цементоґрунта і їх міцність у вологі періоди багато в чому визначається ретельністю роздрібнення грудочок ґрунту, яку сучасні машини забезпечують в недостатній мірі.

Ґрунтові дороги практично не мають покриття. Рух відбувається безпосередньо по поверхневих шарах ґрунту, ущільненого проїздом.

Для поліпшення відводу ґрунтові дороги профілюють, тобто надають їм опуклий поперечний профіль послідовними проходами автогрейдера. При цьому по краях дороги влаштовують неглибокі канави, ґрунт з яких використовують для додання опуклості полотну дороги. Ґрунтові дороги можуть забезпечити рух невеликої інтенсивності і тільки в сухий період року. Основна причина, що обмежує інтенсивність руху по ґрунтових дорогах в суху пору – утворення пилу. Після дощів на поверхні ґрунтових доріг утворюються колії і опір руху зростає. На слизькій поверхні ґрунту колеса буксують, а автомобіль зносить по нахилу поперечного профілю в канави. Експлуатаційні характеристики таких автомобільних доріг залежать від погодних умов.

Називаються дороги зазвичай за матеріалом покриття. Автомобільні дороги геологорозвідувальних організацій мають в основному ґрунтові покриття. У зв'язку з тим, що ці дороги тимчасові і інтенсивність на них незначна, конструкція верхнього одягу спрощується і вона складається з одного шару дорожнього покриття.

У поперечному перерізі дорожні покриття мають серповидний, півкоритний і коритний профілі (рис.3.14).

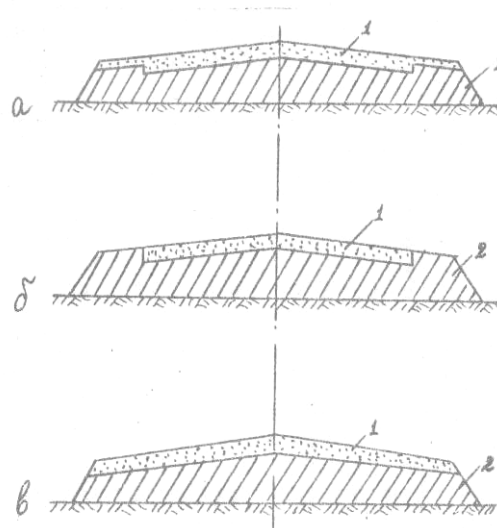


Рис.3.14. Поперечні профілі дорожніх покриттів: а - півкоритний; б - коритний; в - серповидний; 1 - дорожній одяг; 2 - земляне полотно

Серповидний профіль характерний для ґрунтових доріг, полукоритний – для гравійних і ґрунто-щебених і коритний – для покриттів з в'язучими матеріалами. Зводити ґрунтові покриття на земляному полотні доцільно в тому випадку, якщо воно зміцнює дорогу і покращує її експлуатаційні якості. Відповідний підбір ґрунтів за гранулометричним складом збільшує міцність ґрунтових покриттів: великі частки – скелет усталеного ґрунту – зв'язуються між собою дрібними частинками пилу і глини. Дорожнє покриття в глинистих ґрунтах поліпшується піщаними добавками, в сипучих пісках – добавками суглинків і торфу. При будь-яких ґрунтах добавка гравію або щебеню покращує якість дорожніх покриттів.

Найпростіший спосіб поліпшення ґрунтового покриття зводиться до розсипання добавки на поверхні дороги шаром товщиною 3...5 см з послідуєчим укочуванням колесами автомашин. Краще додавати її навесні або після дощу, коли дорожнє полотно зволожено.

Якщо додавати гравій або щебінь, то якість дороги підвищується. Вміст гравію (щебеню) в дорожньому покритті має становити 25-40%, крупність частинок добавки 2...40 мм, вміст глинистих частинок – не більше 10-15%.

У деяких випадках (під'їзна дорога до бази експедиції) споруджуються дороги перехідного типу: ґрунтові, ґрунтощебених або ґрунтогравійні, укріплені в'язучими матеріалами (бітум, кам'яновугільний дьоготь). Товщина шару – 8...20 см. При товщині 15 см – серповидний профіль, при більшій товщині – коритний. Витрата в'язучих матеріалів 60...100 кг на 1 т ґрунту; в результаті – 30...40 т на 1 км. Придатні піщані, суглинні ґрунти з вмістом глинистих частинок – 15%, пилуватих – 25-60%.

Спорудження дорожнього покриття зводиться до наступних операцій:

- розпушування земляного полотна і переміщення його до узбіч;
- укочення для створення "корита";
- переміщення ґрунтів з узбіч в "корито";
- розлив в'язучого матеріалу;

перемішування ґрунту з в'язким матеріалом грейдером з подальшим укочуванням катком.

В якості в'язучих може бути використаний цемент або вапно. Норма витрати їх 8-10% маси ґрунту; товщина шару 10...15 см.

Комплекс операцій, пов'язаних зі спорудженням доріг з гравію, щебеню, дресви зводиться до профілізації і ущільнення земляного полотна, розсипки матеріалу покриття, профілізації розсипаного матеріалу і його ущільнення.

Спорудження ґрунтових доріг зі збірно-розбірних залізобетонним покриттям колійного типу застосовується на слабких ґрунтах, якщо поруч є бетонний завод. На земляне полотно або вирівняний ґрунт насипають піщану подушку і укладають колійні залізобетонні плити в місцях проходу коліс автомашин. Розмір плит: довжина 2,5...3,0 м; ширина 1...1,2 м; товщина 14...20 см; маса 0,6...1 т.

Автотракторні дороги районів холодного клімату. Позаміські автомобільні перевезення в північних і центральних районах холодного клімату зазвичай виконуються сезонно (в зимовий період), оскільки більша частина таких доріг в осінній, весняний і літній періоди року непридатна для нормальної експлуатації автомобілів. В основному автомобілі експлуатуються по зимникам. Це тимчасові дороги, що прокладаються, як правило, по руслах замерзлих річок, по лісотундрі, заболоченій місцевості і в тайзі. Але в ряді випадків експлуатація автомобілів по зимниках утруднена, так як рух по ним порушується через снігові замети.

У південній частині районів холодного клімату значна частина автомобільних перевезень виконується по мережі ґрунтових доріг. Ґрунтові дороги важкопрохідні і експлуатація, автомобілів по ним пов'язана зі збільшенням матеріальних і трудових витрат.

У період розвідки родовищ корисних копалин перевезення здійснюються в особливо важких дорожніх умовах, а часто і при відсутності доріг.

Для проїзду транспорту і перевезення вантажів на півночі здавна використовується нерухомий уздовжбереговий лід (припай). Використання припаю для прокладки по ньому льодових доріг обумовлено не тільки географічними умовами, а й економічними міркуваннями. Дороги по льоду, як правило, коротше і рівніше берегових, швидкість руху автотранспорту по ним вище, прокладаються льодові зимові автодороги швидко і з набагато меншими витратами, ніж берегові дороги. В умовах Півночі льодові дороги відіграють величезну роль, оскільки найчастіше є єдиною можливим шляхом перевезення вантажів.

Наявність багаторічномерзлих ґрунтів, виключно складні гірничо-геологічні умови, відсутність місцевих дорожньо-будівельних матеріалів і особливі природно-кліматичні умови викликають значне збільшення капітальних витрат на будівництво автомобільних доріг. Ці витрати перевищують кошторисну вартість будівництва автомобільних доріг в центральних районах європейської частини країни в 2,5 – 3 рази і більше.

Сніжно-крижані дороги. У районах холодного клімату найнадійніший і найдешевший спосіб доставки вантажів – це перевезення по сніжно-крижаних

дорогах. Особливо доцільно використовувати зимові дороги на ділянках з заболоченими і перезволоженими ґрунтами.

Найпростіша дорога споруджується шляхом розчищення проїжджої частини від снігу і наступним його ущільненням, з використанням снігу в якості дорожньо-будівельного матеріалу.

На добре промерзлих ґрунтах варто ущільнювати сніг шарами не більше 10...15 см; якщо ґрунт ще не промерз, товщина шарів не повинна перевищувати 10 см. При таких методах будівництва сніг з дороги видаляється лише після рясних снігопадів, а товщина дороги поступовозбільшується.

Якщо шар снігу великий, його перед ущільненням перемішують для руйнування пустот і вирівнювання температури. У геологорозвідувальних організаціях для перемішування снігу застосовують ребристі катки діаметром 1,2...1,5 м, шириною 2...2,5 м, масою 1,5... 1,8 т.

Для ущільнення снігу використовують гладкі металеві або дерев'яні котки. У коток закладають баласт, його кількість визначається питомим навантаженням (кПа), яку повинен забезпечити каток. Вона ж залежить від температури повітря, щільності снігу і не повинна перевищувати несучої здатності снігу (табл. 3.18).

Таблиця 3.18. – Питоме навантаження котка для ущільнення снігу(кПа)

Щільність снігу, г/см ³	Температура повітря, °С			Щільність снігу, г/см ³	Температура повітря, °С		
	-5	-10	-20		-5	-10	-20
0,2	90	130	175	0,4	350	420	490
0,3	140	180	220	0,5	1040	520	–

Ефективне ущільнення снігу котками може бути досягнуто при товщині снігового покриву не більше за 60 см.

Сніжно-крижані дороги влаштовують з настанням стійких морозів шляхом поливання підстави дороги. Підставою може служити земляне полотно, неуцільнений шар снігу товщиною 3...5 см або ущільнений сніг будь-якої товщини.

Перше поливання роблять з цистерни, встановленої на тракторних санях. Ширина поливу 2,5...3 м. Потім використовують автополивальники і вода розливається на всю ширину дороги.

Кількість води, яка подається на дорогу, регулюється швидкістю поливальника і перетином зливного патрубку. При першому поливі витрата води $V = 50 \text{ м}^3$ на 1 км дороги, а за сезон на 1км дороги із суцільним обмерзанням витрачається 150 ... 200 м³ води.

Радіус кривих на таких дорогах ≥ 40 м, ухили $< 10\%$. При ухилах $> 5\%$ радіус кривих рекомендується приймати > 80 м.

На поверхні одноколійної дороги в середині прокладається льодяна колія, по боках якої розташовуються бігові доріжки. Вантажі перевозяться по таким дорогам на спеціальних трьохполозних санях, головний направляючий полоз

яких ковзає по колії, а два підтримуючі – по лижницям. Колеса автомобіля або гусениці трактора переміщаються по бігових доріжках.

Поперечний профіль крижаних доріг повинен бути горизонтальним, щоб уникнути скочування саней в сторону. Глибина крижаний колії приймається 75...150 мм, ширина по верху – 200 ... 350 мм; по обидві сторони від проїжджої частини влаштовуються крижані узбіччя шириною 300...350 мм (рис.3.15).

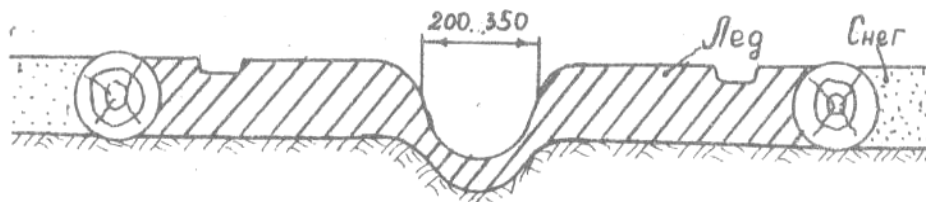


Рис.3.15. - Поперечний профіль одноколійній крижаної дороги

Послідовність спорудження крижаної дороги:

видалення снігу з траси для більш інтенсивного промерзання ґрунту;
засипка траси снігом і укочування;
нарізка і обмерзання колії.

Нарізка колії в снігу або ґрунті здійснюється коліерізом, який влаштовується на відвалі бульдозера.

Після нарізки і очищення колії по дорозі проводяться сани масою до 4 т, на яких змонтована цистерна з водою. При русі саней в відформовану колію на лижниці і узбіччя подається вода, витрата якої на 1 км дороги становить в середньому 40 ... 50 м³.

Одна з основних вимог до зимової автомобільній дороги - забезпечення її міцності і стійкості, з чим пов'язано і забезпечення безпеки руху, особливо на автозимниках, що прокладаються по льодовому покриву і болотах. Тільки попереднім розрахунком можна в кожному окремому випадку в залежності від природно-кліматичних умов, навантажень, параметрів розрахункового автомобіля, інтенсивності руху і т.д. обґрунтувати щільність снігу в конструктивних шарах одягу, і на їх основі рекомендувати певний спосіб обробки снігу, обчислити кількість введеної в нього води, вибрати раціональні типи снігоущільнюючих машин і механізмів і встановити режим їх роботи.

Конструкції зимових автомобільних доріг за своїми механічними властивостями, характером деформування і для цілей розрахунку міцності можуть бути розділені на дві групи:

1-я група - конструкції сухопутних зимових автомобільних доріг, що представляють собою сніговий (сніжно-крижаний) одяг, які розташовані на мерзлій ґрунтовій підставі, міцність якої значно вище міцності самого одягу. Сніговий одяг можна віднести до нежорсткого. Чим жорсткіший одяг (більше щільність снігу і нижча температура повітря), тим більш ймовірний зріз її шарів. Для пружнопластичного одягу руйнування відбувається з переміщенням матеріалу одягу в сторони і його випиранням;

2-я група - конструкції зимових автомобільних доріг на крижаному покриві або на промерзлих болотах, робота крижаного або промерзлого шару болота яких розглядається як робота нескінченно великої пружної пластинки, що лежить на пружній основі. Під дією граничних навантажень утворюються кільцеві і радіальні тріщини. Подальше збільшення навантажень призводить до розривів і повного руйнування несучого шару. Прогини льоду перед руйнуванням значні і рівні приблизно 16...36 см.

При спорудженні тимчасових снігових доріг недоцільно робити великі витрати на спорудження високоміцних снігових одягів. У цьому випадку можна допустити роботу одягу або в стадії малих пластичних деформацій, коли можуть утворитися невеликі залишкові деформації, або в стадії пружнопластичності, коли прогини прогресивно зростають. У першому випадку можна прийняти допустиму відносну зворотну деформацію 0,0005-0,0006; у другому 0,00065-0,0007. Відповідно припустимі відносні загальні деформації складуть 0,01-0,012 і 0,014-0,015.

У загальному випадку рівняння для визначення необхідної міцності сніжного (сніжно-крижаного) одягу можна записати у вигляді:

$$E_{mp} = \frac{1}{K} \left(\frac{P}{\varepsilon_{don}} \right), \quad (3.13)$$

де E_{mp} - необхідний (проектний) модуль деформації або модуль пружності сніжного (сніжно-крижаного) одягу; P - питома навантаження від найважчого автомобіля; ε_{don} - розрахункова допустима відносна деформація, яка приймається для тимчасових доріг: при розрахунках за модулями пружності $\varepsilon_{don} = 0,0005 \dots 0,0006$, при розрахунку по модулях деформації $\varepsilon_{don} = 0,01 \dots 0,012$; K - коефіцієнт, що залежить від інтенсивності руху; $K = 1,5$ при конструюванні одягу, що допускають інтенсивність руху до 450 - 500 автомобілів на добу, $K = 2$ при конструюванні одягу з інтенсивністю руху до 75 - 100 автомобілів на добу, $K = 2,5-3$ при конструюванні одягу для пропуску одиничних автомобілів.

Висота снігонезаносимого насипу зимника може бути визначена за запропонованою Г.В. Бялобжеським формулою:

$$h_H = h_{CH} + \Delta h, \quad (3.14)$$

де h_H - висота снігонезаносимого насипу, м; h_{CH} - середня з найбільших декадних висот снігового покриву за зиму, м; Δh - піднесення насипу над сніговим покривом, м.

Як показали спостереження вчених в Норильську і на Чукотці, перевищення Δh досить прийняти для зимника 0,2 ... 0,3 м. Очікувана товщина снігового покриву при будівництві зимника на сніжній цілині

$$h_H = \frac{h_0 \rho_0}{\rho_n}, \quad (3.15)$$

де h_0, ρ_0 - відповідно початкова висота снігового покриву та його середня щільність, що визначаються за даними досліджень; ρ_n - очікувана середня щільність снігового покриття.

Міцність і несуча здатність зимових доріг на болотах. Болотний масив можна використовувати для спорудження зимової автомобільної дороги, коли

товщина промерзлого шару достатня для пропуску автомашин. Грунти болотного походження - торфи і сопропеліти - представляють собою волокнисті водянисті ґрунти буро-чорного кольору, що сильно стискаються. Вологість торфів Західного Сибіру коливається від 400 до 1500%.

В замерзлому стані торф можна уявити як армований органічними волокнами лід. Таким чином, чим більше в торфі обсяг органічного складу і краще його якість, тим вище буде міцність мерзлого конгломерату. Несуча здатність зимової дороги на болоті може бути орієнтовно визначена так:

$$Q = \left[\frac{k_1 k_2 k_3 h}{Q_a} \right]^2, \quad (3.16)$$

де Q – вантажопідйомність торфовища, т; k_1 – коефіцієнт врахування температури повітря (при стійких негативних температурах - 1, при температурах вище - 5 °С - 0,7 ... 0,8); k_2 – коефіцієнт, що враховує вид торфу (для мохового торфу - 1, для пушицевого - 1,5); k_3 – коефіцієнт, що враховує вміст наповнювача (торф'яного каркаса); h – товщина мерзлого шару торфовища, см; Q_a – коефіцієнт характеру додаткового навантаження (для гусеничної техніки $Q_a = 9$, для колісної $Q_a = 11$).

Для неармованого льоду приймається $Q_a = 1$.

Для замерзлого торфу

$$k = 1 + A q_{ск}, \quad (3.17)$$

де A – коефіцієнт, що дорівнює 0,125; $q_{ск}$ – вміст абсолютно сухого скелета торфу, % загальної ваги зразка.

Щоб визначити вантажопідйомність зимової дороги на болоті, необхідно обстежити її і встановити товщину мерзлого шару торфовища, температуру повітря і вміст в замерзлому шарі торфу органічного та неорганічного складу.

Глибина промерзання встановлюється по трасі в найбільш характерних місцях (різні типи торфовищ, відмінності рельєфу і т.д.) мерзлотомірами або, при відсутності їх, бурінням свердловини і промацуванням твердості торфу в ній.

Для визначення вмісту в мерзлому торфі скелетів з керна випилюють зразки, знаходять їх масу $Q_{об}$. Потім торф висушують і визначають масу скелета у відсотках загальної ваги зразка.

Дороги на вічномерзлих ґрунтах. У теплу пору року полотно дороги, з якого знято рослинний покрив або на якому, крім того, відсипана насип, укоси виїмок швидко розморожуються, внаслідок чого відбуваються просадки дорожнього полотна і сповзання на дорогу ґрунтів і укосів, що відтаєли.

Заходи щодо запобігання нерівномірному відтаванню:

- 1) в районах з невеликою потужністю шару мерзлоти форсують танення ґрунтів (розчищенням полотна від розмороженого ґрунту);
- 2) при потужних шарах мерзлоти на полотні дороги укладається термоізолюючий шар шлаку або торфу.

Верхній шар мерзлих ґрунтів, що відтає в літні місяці і замерзає взимку, називається діяльним шаром. Замерзає діяльний шар нерівномірно з поверхні і на глибину. Найбільш швидко замерзаючі ділянки з'єднуються з нижніми

шарами ґрунту і утворюють своєрідні перемички. Замерзаючи, ґрунт перемичок збільшується в обсязі і тисне на насичені водою незамерзаючі ділянки. У результаті вода зламає верхній замерзлий шар і виливається на поверхню землі, утворюючи ґрунтові полії, які часто мають товщину в кілька метрів і площу сотні квадратних метрів. Особливо часто вони виникають уздовж доріг, так як ґрунт під дорожнім полотном промерзає швидше в результаті розчищення. Найбільшу небезпеку представляють полії для ділянок дорог, розташованих на схилі: вода, яка прорвалася з нагірного боку, заливає дорожнє полотно і замерзає.

Для запобігання утворення полою полотно дороги обмежують "мерзлотними поясами" - широкими неглибокими канавами, що проходять поруч з дорогою. Взимку їх очищають від снігу, в результаті чого ґрунт біля канави і під нею швидко промерзає, створюючи захисний пояс мерзлих порід поруч з полотном дороги.

Таким чином, експлуатація доріг в районах багаторічної мерзлоти ускладнюється, тому, якщо можна обмежитися сезонним перевезенням вантажів, то потрібно робити це в зимовий час.

Дороги на болотах. Часто дороги геологорозвідувальних організацій перетинають сильно зволожені і заболочені ділянки. Якщо обхід недоцільний, на них споруджуються тимчасові дороги, будівництво яких пов'язане з відносно значними витратами праці і часу.

Болотами називаються місця з утрудненим поверхневим і внутрішнім стоком, зайняті природними покладами високопористих водонасичених ґрунтів. До болотних ґрунтів відносять торф і органічний мул іноді в суміші з мінеральними частинками. У практиці дорожнього будівництва прийнято вважати болотом місце, якщо шар водонасичених ґрунтів перевищує 0,5 м.

Загалом болотознавство класифікуються десятки видів боліт за різними ознаками. Дорожньо-будівельну класифікацію боліт вперше запропонувала Н.П. Кузнецова. В основу поділу на типи були покладені різні характери деформації поклади в підставі дороги:

I тип - болото, суцільно заповнене торфом. Під впливом навантаження на болотах відбувається стиснення (ущільнення) торф'яного шару і поверхня просідає;

II тип - болото з щільною торф'яною корою, підстеленою рідким сопропелем або рідким торфом. Додатково видавлюється м'яка основа з-під торфу в місці прикладання навантаження, в результаті при достаньо великих навантаженнях можливий розрив торф'яного покриву і опускання дороги на дно;

III тип - болото на сплавині. Розриви і прориви торф'яного покриву спостерігаються і при невеликих навантаженнях.

Дана класифікація використовується по теперішній час при дорожньому будівництві.

Тип болота, вологість і щільність торфу покривного шару визначають бурінням до мінерального дна.

Капітальні дороги на болотах споруджуються зазвичай на насипах, які насипаються на мінеральне дно болота. Тимчасові дороги полегшеного типу, найбільш характерні для геологорозвідувальних партій і експедицій, зазвичай наводяться на дерев'яних настилах, поверх, яких насипається невеликий шар ґрунту. Таким чином, основним елементом дороги є дерев'яний настил, що сприймає на себе навантаження.

На рис. 3.16, а показаний поперечний профіль дороги на болоті першого будівельного типу. На торф'яному покриві укладається 7-5 поздовжніх лежей діаметром 15...18 см (можна застосовувати дошки або горбилі). Укласти їх потрібно таким чином, щоб в будь-якому поперечному перерізі було не більше одного стику. Поверх лежней поперек викладається шар хмизу або лапника шириною ≥ 7 м, товщиною 0,3 м. Шар хмизу притискається з боків жердинами, прикріплюється скобами до крайніх лежнів, хмиз зверху перекривається шаром подрібненого сухого торфу або моху товщиною до 10 см. Поверх торфу рекомендується відсипати шар супіщаного, суглинистого ґрунту або гравію.

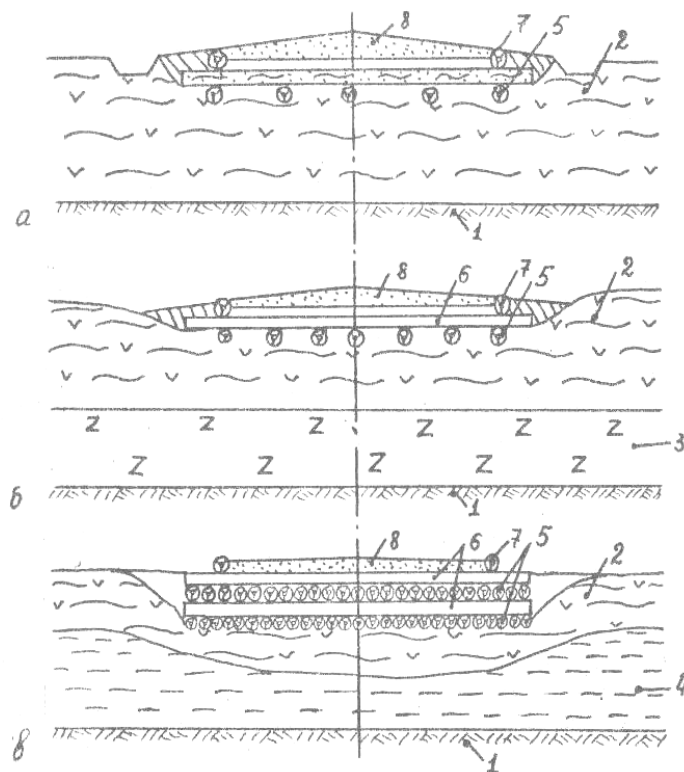


Рис. 3.16. Поперечний профіль дороги на болоті: а - першого типу; б - другого типу; в - третього типу; 1 - мінеральне дно; 2 - шар торфу; 3 - рідкий сопропель; 4 - вода; 5 - лежні; 6 - поперечний настил; 7 - колесовідбійні колоди; 8 - шар ґрунту

Конструкція дорожнього полотна утримується на поверхні торф'яного покриву в тому випадку, якщо напруга, що виникає в торфі під дією ваги дороги або транспорту, будуть менше його межі міцності. Розрахунок дороги проводиться в наступному порядку.

1. Питоме навантаження від складових частин дороги:
 - а) навантаження від лежнів

$$q = 0,785d\gamma_{\delta}, \quad (3.18)$$

де d - діаметр лежня ($d = 15 \dots 30$ см); γ_{δ} - щільність дерева ($\gamma_{\delta} = 0,7$ т/м³);

б) навантаження від поперечного настилу

$$q_n = t_n \gamma_n, \quad (3.19)$$

де t_n - товщина поперечного настилу ($t_n = 15 \dots 30$ см); γ_n - щільність матеріалу поперечного настилу (дерева, хмизу, гілля, $\gamma_n = 0,5$ т/м³);

в) навантаження від прошарку торфу (якщо він є)

$$q_T = \frac{t_T b_n \gamma_T}{b_{\delta}}, \quad (3.20)$$

де t_T - товщина прошарку торфу; b_n - ширина проїжджої частини дороги ($b_n = 3 \dots 5$ м); γ_m - щільність торфу ($\gamma_m = 1,1 \dots 1,2$ т/м³); b_{δ} - ширина дороги ($b_{\delta} = 5 \dots 7$ м);

г) навантаження від захисного шару ґрунту

$$q_r = \frac{t_r b_n \gamma_r}{b_{\delta}}, \quad (3.21)$$

де t_r - товщина шару ґрунту ($t_r = 10 \dots 30$ см); γ_r - щільність ґрунту ($\gamma_r = 2 \dots 2,5$ т/м³).

Якщо замість захисного шару ґрунту на дорозі використовуються подовжні колесопроводи з дощок або колод, то навантаження від них

$$q_k = \frac{2b_k t_k \gamma_{\delta}}{b_{\delta}}, \quad (3.22)$$

де b_k - ширина одного колесопровода; t_k - товщина колесопровода;

д) навантаження від колесовідбійних колод

$$q_{ko} = \frac{\pi d_{ko}^2 \gamma_{\delta}}{2b_{\delta}}, \quad (3.23)$$

де d_{ko} - діаметр колесовідбійних колод.

Сумарне питоме навантаження на поверхню болота від власної ваги дороги знаходиться складанням навантажень від її окремих частин.

2. Питоме навантаження від автомобіля або трактора:

а) питоме навантаження на поверхню дороги

$$q_{\delta} = \frac{g}{S}, \quad (3.24)$$

де g - маса, яка припадає на опорну поверхню; S - площа опорної поверхні (площа відбитка найбільш навантаженого колеса автомобіля або гусениці трактора).

У разі перевезень вантажів на причепах або тракторних санях в розрахунок приймається найбільше питоме навантаження;

б) так як модулі деформації різних матеріалів (табл. 3.19), з яких споруджується дорога, різні, приведена товщина дороги (всі матеріали умовно замінюємо деревом)

$$h_{e.d.} = h \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_d}}, \quad (3.25)$$

де $h_{e.d.}$ - товщина шару дерева, еквівалентна шару іншого матеріалу (торфу, хмизу, ґрунту і т.п.) товщиною h ; ε - модуль деформації шару матеріалу товщиною h ; ε_d - модуль деформації дерева. Наведена товщина дороги

$$H_n = d_n + \Sigma h_{e.d.}$$

Таблиця 3.19. – Модулі деформації матеріалів

Матеріал	Модуль деформації, Н/см ²
Дерево	900000...1000000
Хмиз	10000...20000
ґрунт	1000...1500
Торф	100...200

У тих випадках, коли вся дорога зроблена з дерева наведеної товщини дороги, в розрахунок приймається сумарна товщина дороги:

$$H = d_n + h_n + t_k, \quad (3.26)$$

де d_n - діаметр лежнів; h_n - товщина поперечного настилу; t_k - товщина колесопротока;

в) питоме навантаження, що передається безпосередньо на шар торфу

$$q_b = \frac{q_d}{1 + \left(\frac{H_n}{B}\right)^2}, \quad (3.27)$$

де B - ширина відбитка колеса або гусениці.

3. Сумарне питоме навантаження на торф:

$$Q_a = Q + q_b \leq [q] \quad (3.28)$$

На болотах другого будівельного типу зводяться більш солідні конструкції доріг.

Дерев'яне полотно дороги складається з поздовжніх лежнів і поперечного настилу з накатника діаметром 12...16 см, що скріплюються між собою скобами. Проїжджа частина дороги обмежується поздовжніми прижимними брусами, між якими на настил насипається шар сухого торфу товщиною 3...5 см, а зверху - ґрунтовий шар потужністю до 30 см. Канави не робляться.

Розрахунок аналогічний попередньому.

Розрахунок дороги на болоті третього типу проводиться на її плавучість.

Типовий поперечний профіль дороги складається з шару покладених лежнів діаметром 20 см, перекритих суцільним поперечним настилем накатника, на якому укладається другий поздовжній і третій поперечний шари накатника діаметром 18...20 см. Дорожнє полотно обмежено з боків двома притискними брусами (колодами) і перекрито захисним шаром ґрунту товщиною 3...5 см. Узбіччя дороги підсипаються сухим торфом.

Розрахунок дороги на болоті третього типу.

1. Постійне навантаження на настил:

а) вага колесовідбивачів

$$g_{ko} = \frac{\pi d^2 l \gamma_\delta}{2}, \quad (3.29)$$

де d - діаметр колесовідбивачів; l - довжина зони поширення навантаження,

тобто довжина частини настилу, що безпосередньо сприймає вагу автомобіля або трактора, $l = l_a + 7$; l_a - база автомобіля або трактора;

б) вагу колесопроводів

$$g_{kn} = 2b_{kn} t_{kn} l \gamma_\delta, \quad (3.30)$$

де $b_{к.н.}$ - ширина колесопровода; $t_{к.н.}$ - товщина колесопровода.

2. Змінне навантаження на настил дорівнює повній вазі автомобіля з вантажем g_e .

3. Сумарне навантаження на настил

$$Q = g_{ko} + g_{kn} + g_e. \quad (3.31)$$

4. Підйомна сила настилу

$$P = t_H B_H l (1 - \gamma_\delta), \quad (3.32)$$

де t_H - товщина поперечного настилу; B_H - ширина настилу.

5. Коефіцієнт плавучості

$$K_n = \frac{P}{Q} \geq 2. \quad (3.33)$$

За наведеними формулами можна визначити підйомну силу діючого настилу або розрахувати товщину настилу, який здатний витримати задане навантаження.

В полегшених конструкціях доріг для боліт третього типу верхній накатник часто замінюють хмизом або ялиновим гіллям, а замість ґрунтового покриття укладають колесопроводи з дощок.

Недолік таких доріг - швидке гниття дерева, особливо тих частин настилу, які розташовуються вище торф'яного покриття в зоні змінного зволоження.

Термін служби дерев'яних елементів в несприятливих умовах - близько 15 років.

Дороги в горах. Основними транспортними засобами геологорозвідувальних організацій, що здійснюють пошукові та розвідувальні роботи в горах, є, як правило, автомобілі та трактори. Для забезпечення можливості експлуатації автомобілів в горах прокладаються тимчасові дороги.

Вибір траси дороги проводиться з урахуванням допустимих кутів підйому і радіусів закруглення, забезпечення найбільшої безпеки і надійності перевезення вантажів при мінімальних обсягах дорожніх робіт по зміцненню проїжджої частини, виїмки ґрунту і влаштування насипів, а також зведення захисних споруд від насипів, селевих потоків і лавин.

В трасі гірської дороги виділяють довгі ходи і перевальні ділянки. Довгі ходи, які прокладають по долинах річок, характеризуються порівняно невеликими ухилами і значною кількістю поворотів, так як траса в більшості випадків проводиться паралельно руслу річки.

На перевальних ділянках при крутих схилах гірська дорога характеризується граничними кутами нахилу і ще більшим, ніж при довгих ходах коефіцієнтом розвитку траси.

На рис.3.17 показана схема дорожньої траси в горах. Для дотримання вимог, що пред'являються до поздовжнього профілі автомобільної дороги, траса на пологій ділянці шляху розвивається в вигляді пологої кривої, а на крутому схилі - у вигляді ламаної лінії.

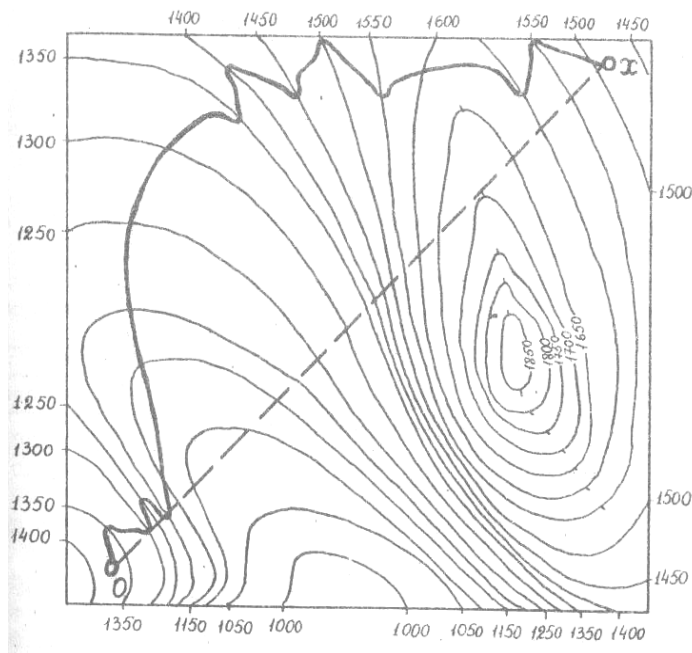


Рис.3.17. Трасса дороги в горах

Прокладка дороги по ламаній лінії проводиться для скорочення коефіцієнту розвитку траси, оскільки в протилежному випадку відхилення траси від прямої між кінцевими пунктами було б надмірно великим. У вершинах кутів зигзагів влаштовуються криволінійні ділянки дороги - серпантини. Допустимі кути підйому тимчасової дороги в горах можуть бути визначені, виходячи з передбачуваних умов руху і можливостей автомобілів.

Граничний кут підйому автомобіля, %:

$$i_{max} = \frac{D_{max} - \omega_0 - j}{10}, \quad (3.34)$$

де D_{max} - максимальний динамічний фактор автомобіля;

$$D_{max} = \frac{1000P_{cy}\Psi}{P} - \frac{W_g}{P}, \quad (3.35)$$

де P_{cy} - зчепна маса автомобіля, т; P - повна маса автомобіля, т; Ψ - коефіцієнт зчеплення; W_g - опір повітряної сфери,

$$W_g = \rho S \left(\frac{V}{3,6} \right)^2, \quad (3.36)$$

ρ - коефіцієнт обтічності ($\rho = 0,06 \dots 0,07$); S - площа лобового перетину автомобіля; V - швидкість автомобіля (при V до 15 км/год опором повітряного середовища можна знехтувати);

$$S = b_k h_k, \quad (3.37)$$

де b_k - ширина колії; h_k - висота автомобіля по кабіні; w_0 - коефіцієнт опору коченню; J - відносне прискорення;

$$j = 102(1 + \gamma_u)a, \quad (3.38)$$

γ_u - коефіцієнт інерції обертових мас ($j = 0,3 \dots 0,7$); a - прискорення автомобіля ($a = 0,1 \dots 0,3 \text{ м/с}^2$).

Значення коефіцієнтів зчеплення і опору кочення знаходять по табл.3.20.

Граничний підйом на серпантині приймається зазвичай 30-40%. Мінімальний радіус заокруглень на гірських дорогах - 15 м.

Поперечні профілі гірських доріг показані на рис.3.18. При значних кутах схилу гори насипи і напівнасипи зміцнюються каменем. Найбільш поширеним профілем дороги на довгих ходах є напіввиїмки. На перевальних ділянках полотна дороги часто прокладається по нульовим місцям. Напівнасипи зводяться з ґрунту, одержуваного з виїмок або резервів.

Таблиця 3.20 - Коефіцієнти зчеплення і опору кочення

Дорожнє покриття	ω_0 , кг/т	ψ	
		Сухе покриття	Мокре покриття
Асфальтове, бетонне	10...20	0,7...0,8	0,3...0,5
Гравійне, щебене	30...50	0,6...0,7	0,4...0,5
Поліпшена ґрунтова дорога	60...80	0,5...0,6	0,3...0,4
Рівна дорога з природного ґрунта	80...90	0,4...0,5	0,2...0,3
Ґрунтова дорога з природного ґрунта	100...150	0,4...0,5	0,2...0,3

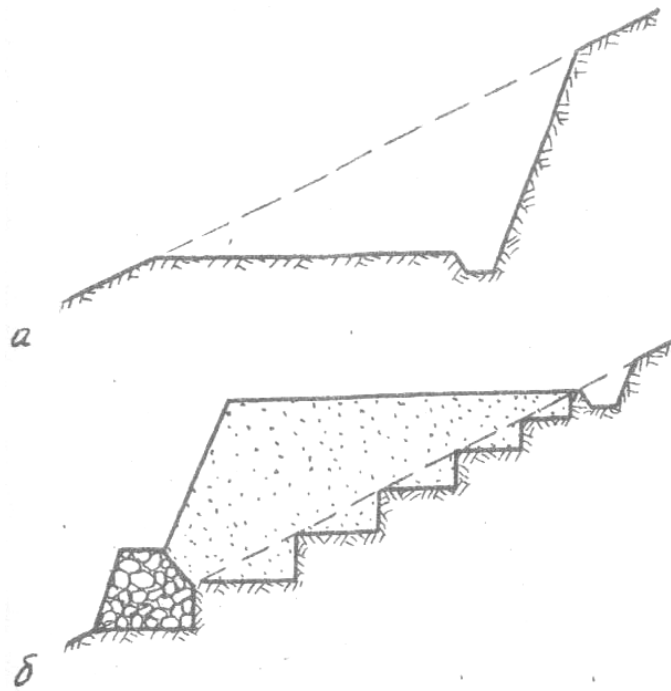


Рис.3.18. Поперечні профілі доріг в горах: а - напіввиїмки; б - півнасипи

Крім нагірних канав для забезпечення збереження насипу в ній іноді споруджуються водопропускні пристрої. На прямих ділянках дороги, що проходить по косогорах крутістю понад 30° , проїжджій частині надається односхилий профіль з двовідсотковим нахилом в сторону гори. На кривих ділянках, центр яких розташований в сторону крутого обриву, проїжджій частині надається ухил 1° в бік гори. Ширина проїжджої частини дороги на серпантині і на кривих мінімальних радіусів збільшується на 1,5...2,0 м.

Хорошим покриттям гірських доріг є гравій та щебінь. При прокладці дороги на крутому схилі на кривих ділянках, центр яких розташований у напрямку до гори, на зовнішній стороні дороги на узбіччі доцільно викладати великі камені або кам'яні стіни.

Спорудження тимчасових доріг в горах здійснюється з використанням бульдозерів, руйнування скельних порід проводиться за допомогою буровибухових робіт.

У гірських місцевостях споруджуються галереї з бетонним перекриттям для захисту від осипів і снігових обвалів. Для тимчасових автодоріг таких споруд не роблять через їх високу вартість. У ряді випадків на схилі гори вище дороги влаштовується найпростіша споруда для захисту від осипів (рис. 3.19).

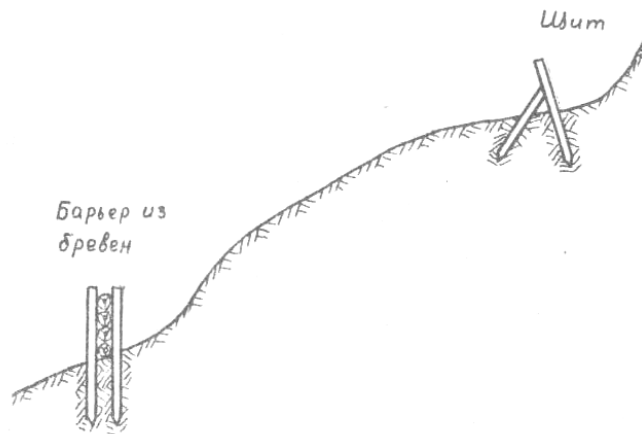


Рис.3.19. - Найпростіші захисні споруди проти осипів

Дороги на засолених ґрунтах. На слабкозасолених ґрунтах з забезпеченим стоком поверхневих вод і відсутністю високостоячих ґрунтових вод можна будувати тимчасові дороги зі звичайним поперечним профілем. При значному засоленні і високому рівні мінералізованих ґрунтових вод земляне полотно необхідно влаштовувати в насипах.

Для будівництва насипів можна використовувати місцеві засолені ґрунти, що залягають уздовж траси.

Плоский рельєф солончаків дозволяє влаштовувати насипи малої висоти (до 1м). Однак висота насипу повинна бути достатньою для захисту верхніх шарів земляного полотна від перезволоження і соленакопичення за рахунок капілярного підтягування вологи. Найменші піднесення бровки земляного полотна над зимово-весняним рівнем ґрунтових вод слід приймати не менше наведених в табл.3.21.

Зводити насипи висотою менше 0,5 м над поверхнею землі в умовах засолених ґрунтів не рекомендується навіть для тимчасових доріг.

При будівництві доріг на засолених ґрунтах можливе застосування різних типів поперечного профілю земляного полотна:

а) кювета - резервного профілю (рис.3.20, а);

б) профілю з резервами, відокремленими від підшви насипу бермами шириною 1,5 ... 3,0 м (рис.3.20,б);

в) безрезервного профілю (рис.3.20, в).

Таблиця 3.21 – Піднесення бровки земляного полотна над рівнем ґрунтових вод

Назва ґрунтів	Піднесення бровки земляного полотна над рівнем ґрунтових вод, м	
	при слабкозасолених і засолених ґрунтах	при сильнозасолених ґрунтах
Для пісків середніх і дрібних	0,6...0,8	0,8...0,9
Для пісків дуже дрібних і пілуватих, а також супісєй	1,0...1,2	1,2...1,5
Для супісєй пілуватих, суглинків и глин	1,5...1,7	1,7...2,0
Для пілуватих ґрунтів і пілуватих суглинків	1,7...2,0	2,0...2,3

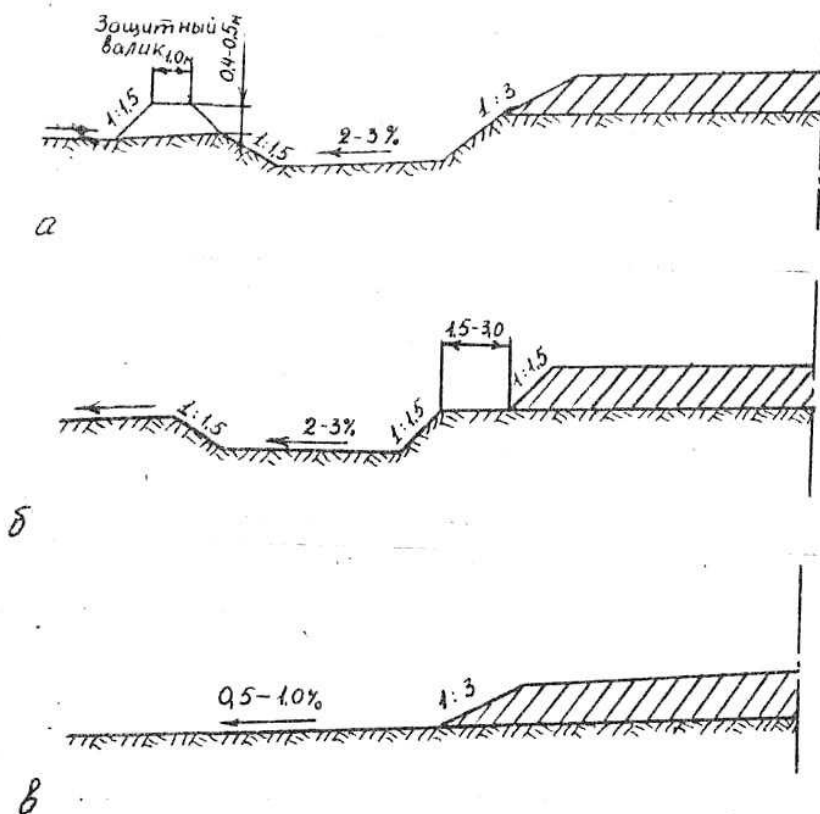


Рис. 3.20. Поперечні профілі земляного полотна на засолених ґрунтах

При високому рівні ґрунтових вод і несприятливих умовах для відводу води з резервів рекомендується безрезервний профіль. В цьому випадку насип влаштовується за рахунок рівномірного зрізання верхнього шару ґрунту в смузі шириною до 25...30 м в кожену сторону від осі дороги. При цьому повинен бути забезпечений поперечний ухил смуги, з якої береться ґрунт, в сторону поля.

Для підвищення стійкості верхніх шарів земляного полотна влаштовують капілярно-перериваючий прошарок (рис.3.21). У якості прошарку може застосовуватися шар гравію або шар ґрунту, оброблений в'язучими матеріалами.

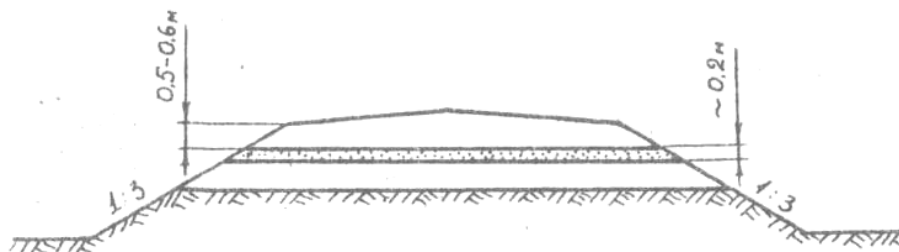


Рис.3.21. Гравійний капілярно-перериваючий прошарок в тілі насипу

Використання гравійних прошарків може бути виправдане в зв'язаних сильно засолених ґрунтах при неможливості забезпечити необхідне піднесення бровки земляного полотна над рівнем ґрунтових вод. Прошарок товщиною

0,1...0,15 м на глибині 50...60 см від бровки влаштовується на всю ширину земляного полотна з гравію або щебеню крупністю 5...50 мм.

На солончаках з високим рівнем ґрунтових вод найбільш зручним для зведення насипу є період, коли поверхневий шар підсихає і стає прохідним для автотранспорту і механізмів, а вологість нижчого ґрунту, що розробляється, досить близька до оптимальної, що полегшує ущільнення. При зв'язаних ґрунтах такий період - зазвичай річний. При піщаних ґрунтах влітку або на початку осені вологість верхніх шарів може ставати нижче оптимальної, в цьому випадку вигідніше приурочувати земляні роботи до кінця весняного періода.

При виконанні робіт на земляних зв'язаних ґрунтах з глибоким заляганням ґрунтових вод необхідно враховувати їх сухість і високу механічну міцність протягом більшої частини року. У цих випадках земляні роботи доцільно вести в період зволоження ґрунтів, тобто восени або навесні.

Дороги в пісках і на такирах. При виборі траси дороги серед рухомих пісків необхідно керуватися не тільки прагненням створити найкоротший шлях між двома пунктами, а й (що найважливіше в цих умовах) забезпечити дорогу від небезпечних піщаних заметів.

Як показують спостереження, піщані замети можуть бути слідством:

- 1) насунання на дорогу існуючих рухомих форм рельєфу;
- 2) утворення нових форм рельєфу в вихрових зонах перешкод в придорожній смузі;
- 3) утворення нових форм рельєфу на самій дорозі, якщо полотно дороги стоїть на перешкоді, що здатна нагромаджуватися близько себе пісок, принесений в вітропіщаному потоці.

Загальні основні правила, якими потрібно керуватися при виборі траси серед рухомих пісків, можна сформулювати так:

- 1) для прокладання траси слід використовувати зниження і котловини, ґрунтуючись на тому, що пісок виноситься з низин і відкладається на підвищених місцях. Імовірність піщаних заметів серед рухомих пісків більше на підвищених місцевостях, ніж в знижених;
- 2) трасу слід прокладати уздовж наявних форм рельєфу, а не "хрестом" їм, хоча б і за рахунок відступів від найкоротшого напрямку між заданими пунктами;
- 3) у всіх випадках, де це можливо, слід віддавати перевагу прокладанню траси по ділянках торів, такиров, галечникових площ, узбереж постійних або тимчасових водойм і т.п. перед ділянками барханних пісків, навіть якщо це викличе деяке подовження траси;
- 4) при інших рівних умовах слід віддавати перевагу напрямку траси нормально до переважаючих вітрів, а не вздовж їх.

Ці правила не вичерпують всіх варіантів, з якими доводиться стикатися при виборі траси, але і вони вже значною мірою допоможуть вирішенню питань захисту дороги від піщаних заметів в момент пошуків траси.

До питань захисту від піщаних заметів тимчасових доріг відноситься вибір конструкції полотна дороги, головним чином поперечного профілю і його сполучення з придорожньої смугою.

У тих випадках, коли піщані замети виникають лише в результаті розвитку вітропіщаного потоку, захист дороги може бути вирішеним наданням їй такого поперечного профілю, при якому накопичення піску в межах дороги стає неможливим. Спостереження показують, що піщані замети є окремим випадком утворення рухомих форм рельєфу пісків в вихрових зонах перешкод (рис.3.22). Відповідно, поперечний профіль дороги повинен бути таким, при обтіканні якого не відбувалося б відриву прикордонного шару і утворення вихорів. Даним умовам відповідає профіль, позбавлений різких перепадів висот і різких перепадів по контуру, що володіє плавними обрисами (рис. 3.23).



Рис.3.22. Обтікання поперечного профілю дороги з насипом і крутими схилами

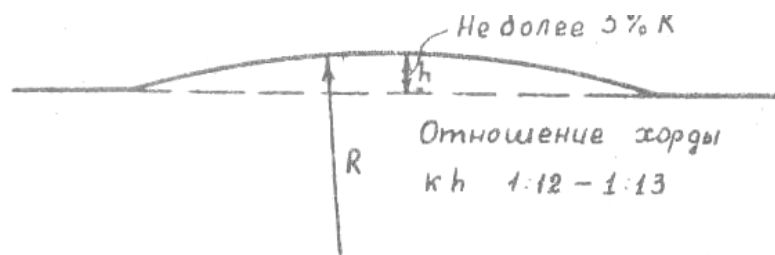


Рис.3.23. "Незаносный" профіль дороги

При такому профілі, коли вітропіщаний потік вільно переноситься через дорогу, не утворюючи скупчень піску і не викликаючи піщаних заносів, необхідно, щоб придорожня смуга в межах 40...50 м була без нерівностей, чагарників і т.п. При будівництві доріг з незаносним профілем на такирних майданчиках слід разом із заходами щодо боротьби з піщаними заметами здійснювати також заходи щодо відводу поверхневої води, що тимчасово нагромаджується тут або забезпечувати мінімальну підтоплюваність земляного полотна. Кюветам необхідно також надавати незначну глибину при великій ширині по верху, плавно поєднуючи їх профіль з профілем дороги (рис.3.24).

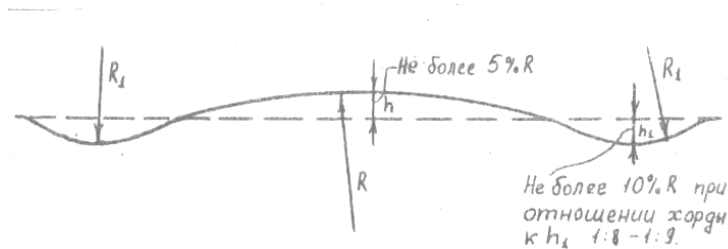


Рис.3.24. - Сполучення профілів дороги і кюветів

Такири є знижені ділянки в пустельних місцинах з гладкою глинистою поверхнею, дуже щільною і твердою, що розтріскується в суху пору. Навесні такири перетворюються в дрібні озера, а потім в непрохідні болота. На такирах влаштовується насипна траса з місцевого ґрунту. Дорожні роботи проводяться зазвичай взимку. Висота насипу повинна бути більше рівня паводкових вод. Поперечні розміри для підвищення надійності транспортного зв'язку в весняні місяці вибираються більшими, ніж земляне полотно звичайних доріг.

Переправи без штучних надводних і плаваючих споруд. У літній період автотракторний транспорт може переправлятися вбхід, а в зимовий час – по льоду. Можливість подолання дрібних перешкод по мілководдю визначається рядом умов (табл.3.22): глибиною водотоку; швидкістю течії; твердістю дна; профілем і властивістю ґрунту берегів; технічною характеристикою транспортних засобів.

Таблиця 3.22 – Глибина водних перешкод для автомобілей

Марка автомобіля	Глибина, м	Марка автомобіля	Глибина, м
УАЗ-452	0,50	ГАЗ-66	0,90
УАЗ-469	0,60	МАЗ-500, КрАЗ-214	1,00
ЗИЛ-157	0,85	КрАЗ-255, ЗИЛ-131	1,20 0,8...1,0
		Урал-375, Урал-377	
		Тракторы	

При швидкостях течії води більше 1,5 м/с гранична глибина зменшується на 1,0...1,2 м. На берегах влаштовуються зручні підходи і з'їзди до води. Ухили в місцях спуску автомобілів в воду і виїзди з води не повинні перевищувати при м'якому ґрунті 10-13°, при кам'янистому – 20°. Валуни з дна видаляють, ями засипають гравієм. Якщо дно болотисте, то зміцнюється дерев'яними щитами.

Крижані переправи. Взимку переправи через водні перешкоди роблять по льоду. Для спорудження крижаних переправ вибирають ділянки річок з пологими берегами, щоб забезпечити можливість зручного з'їзду автомобілів на лід. Слід враховувати, що лід лежить на воді, а не спирається берег. При з'їзді автомобілів з крутого берега він може проламуватися. Для переправи непридатні ділянки з швидкою течією – перекати, а також місця виходу ключів, на яких річка замерзає, а лід буває більш тонким або навіть утворює ополонки.

Крижаний покрив зазвичай буває неоднорідний. Він утворюється не тільки від замерзання води у верхніх шарах водойми (водяний лід), а й від замерзання

снігу, який випав на тонку кірку льоду і просяк водою (водосніговий лід), від замерзання води, яка утворилася при таненні під час відлиг лежачого на льоду снігу, а також від спливання донного льоду. Міцність цих шарів неоднакова. Водяний лід прозорий, водосніговий – каламутний від вмісту в ньому дрібних бульбашок повітря.

Міцність і несуча здатність крижаного покриття. Зазвичай лід складається з декількох шарів, різних за своєю структурою і тому різної міцності. Найчастіше найбільш міцним виявляється середній шар, що утворюється без змішування зі снігом і не піддається знизу впливу води, завжди більш теплою, ніж повітря.

За розрахункову товщину льоду зазвичай приймають товщину нижніх його шарів. Верхній шар, що має незначну товщину і малу міцність, в розрахунки не вводять.

Проведеними дослідженнями встановлено, що пружні та міцнісні властивості льоду залежать від трьох основних чинників: температури, солоності і щільності.

Несучу здатність (вантажопідйомність) крижаного покриття можна визначити уточненим методом М.М. Іванова за виразом

$$Q = \frac{K \sigma_d h^2 \Pi}{30(\Pi + 1) C_a}, \quad (3.39)$$

де Q – вантажопідйомність льоду, кН; K – коефіцієнт навантаження ($K = 1,3-1,5$ при визначенні вантажопідйомності льоду під гусеничне навантаження і $K = 1,0$ – під колісне навантаження); σ_d – допустиме напруження при згині, кН/м²; h – товщина льоду, м; Π – зворотна величина коефіцієнта Пуассона, що для льоду дорівнює 3,0; C_a – коефіцієнт, що залежить від радіуса наведеного кола передачі тисків і характеристики льоду.

Допустима напруга при згині льоду

$$\sigma_d = (0,5 - 0,65) \sigma_L, \quad (3.40)$$

де σ_L – тимчасовий опір льоду по вигину,

$$\sigma_{op} = A + Bt, \quad (3.41)$$

A і B – емпіричні коефіцієнти, що залежать від розмірів зразків, швидкості деформування і температури; t – відємна температура льоду, °С (без знака "-").

На підставі узагальнення літературних даних встановлено, що при визначенні тимчасового опору льоду вигину в межах температур 0 – 20 °С $A = 15$; $B = 1$.

При температурі нижче -10 °С рекомендується приймати для прісного, прозорого, чистого льоду $\sigma_L = 1200$ кН/м², при температурах, близьких до 0 °С, - 800 кН/м².

Значення C_a в залежності від коефіцієнта a :

a	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0	1,3	1,5
c_a	0,056	0,048	0,037	0,027	0,021	0,019	0,018	0,016	0,015	0,013	0,012	0,008	0,006

Коефіцієнт $a = \frac{r}{l}$, де r - радіус наведеного кола передачі тисків, см,

$$r = \sqrt{\frac{bL}{\pi}}, \quad (3.42)$$

де b – ширина навантаження, м; L - довжина навантаження, м; l – характеристика льоду

$$l = \sqrt[4]{\frac{\Pi^2}{\Pi^2 - 1} \frac{Eh^3}{12}}, \quad (3.43)$$

де Π – зворотна величина коефіцієнта Пуассона; E – модуль пружності, кН/м²; h - товщина льоду, м.

З огляду на можливість короткочасних зупинок на льоду, розрахункові значення модулів пружності для прісного прозорого чистого льоду рекомендується приймати: при температурах нижче -10 °С, $E = 5000000$ кН/м²; при температурах, близьких до 0 °С, $E = 3000000$ кН/м². При іншій структурі і солоності льоду вводяться відповідні коефіцієнти.

Значення l при різних товщинах льоду і модулях пружності 5000000 та 3000000 кН/м²:

h , см	20	25	30	35	40	50	60	70
l , м	$E = 5000000$ кН/м ²							
	4,5	5,3	6,1	6,8	7,5	8,9	9,7	11,0
l , м	$E = 3000000$ кН/м ²							
	3,8	4,5	5,1	5,7	6,3	7,5	8,5	9,6

Радіус кола, в межах якого здійснюється вигин

$$R_k = k_Q l, \quad (3.44)$$

де k_Q – коефіцієнт, що приймається при одиничному вантажу рівним 4, при поїздному навантаженні - 3; l – характеристика льоду.

Значення радіуса вказує на допустимі відстані між вантажами або від вантажу до наскрізної тріщини при найбільшому допустимому навантаженні крижаного шару. Однак цей метод досить складний. М.М. Коруцов дослідним шляхом при температурі нижче -10 °С визначив константу i , приймаючи запас міцності рівним 2, записав формулу для визначення вантажопідйомності прісного прозорого чистого льоду при пропуску одиничного вантажу

$$Q = \frac{h^2}{a_Q^2}, \quad (3.45)$$

де h – товщина льоду, см; a_Q – коефіцієнт, що дорівнює для колісних вантажів 11, а для гусеничних - 9.

Якщо лід, який працює при температурах, близьких до 0 °С, не кристалічно прозорий, а має іншу структуру, містить певну кількість розсолу,

то в розрахунок, як це пропонує П.І. Лебедєв, необхідно вводити наведену товщину льоду:

$$h_{пп} = hk_1k_2k_3, \quad (3.46)$$

де k_1 – коефіцієнт структури льоду (табл.3.23); k_2 – коефіцієнт температури повітря (приймається при температурі, близькій до 0°C, 0,80-0,85); k_3 – коефіцієнт солоності води (приймається в залежності від середнього обсягу розсолу в льоду по табл. 3.24).

Таблиця 3.23 – Характеристика структури льоду

Структура льоду	K_1	Структура льоду	K_1
Міцний, криштально прозорий, без включень	1,00	Дуже слабкий, криштально прозорий, з порожнистими вертикальними трубочками значного діаметра	0,70
Слабкий, криштально прозорий, с вертикальними трубочками невеликих розмірів по довжині та діаметру	0,85	Зернисто-шуговий, що складається з окремих крижин	0,45

Таблиця 3.24 – Значення коефіцієнта солоності води

Середній об'єм розсолу, %	K_3	Середній об'єм розсолу, %	K_3
Прісний льод	1,00	7	0,65
1	0,87	10	0,59
2	0,82	15	0,50
3	0,78	20	0,41
5	0,71		

З урахуванням викладеного, а також беручи деякий запас міцності при наявності тріщин, формулу для визначення несучої здатності (вантажопідйомності) льоду можна записати у вигляді

$$Q = \frac{k_0(k_1k_2k_3h)^2}{a_0^2}, \quad (3.47)$$

де k_0 – коефіцієнт запасу з урахуванням наявності тріщин (приймається в межах 0,8 -1,0).

Ця формула може бути рекомендована при визначенні несучої спроможності зимових доріг на льоду під час пропуску одиничних навантажень. Вантажопідйомність льоду для пропуску поїздів слід розраховувати по формулі М.М.Іванова.

Природний крижаний покрив іноді підсилюють наморожуванням зверху додаткових шарів льоду до 0,7 від його товщини. Це допустимо тільки в період стійких низьких температур, так як інакше відбувається одночасно підтанення льоду знизу. Можливе посилення крижаних переправ пристроєм дерев'яного настилу з поперечок, що укладається по льоду через 0,8...1,0 м.

Для безпеки руху по крижаних переправ необхідно виконувати спеціальні правила. При малій товщині льоду і в період тривалих відлиг вага

пропускаються транспортних засобів обмежують на основі перевірки вантажопідйомності крижаного покриву. При русі по льоду дверці кабін автомобілів слід тримати відкритими, а при вантажопідйомності крижаного покриву, близькою до ваги автомобіля, пасажери повинні переходити переправу пішки.

Крижаний покрив прогинається під автомобілем; автомобіль як би знаходиться в крижаній чаші, що переміщається разом з ним і тисне на воду, в якій від цього виникає попутна хвиля, що рухається під крижаним покривом (рис.3.25) зі швидкістю $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$, де H – глибина води, м.

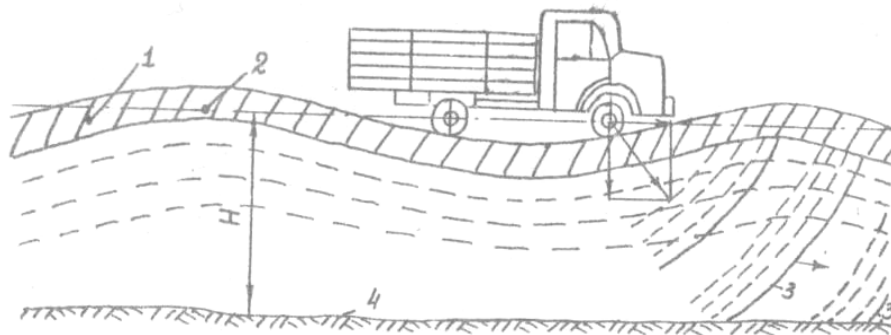


Рис.3.25. - Утворення під крижаним покривом попутної хвилі:

1 – крижаний покрив; 2 – початковий рівень льоду; 3 – підлідна хвиля; 4 – дно річки

Залежно від співвідношення швидкостей руху підлідна хвиля може як випереджати автомобіль, так і відставати від нього. Критичним є випадок, коли швидкості підлідної хвилі і автомобіля співпадають і відбувається зростання підлідної хвилі.

Автомобілі повинні слідувати по переправі один за одним на такій відстані, щоб хвилі, що утворюються під ними, не накладалися одна на іншу. Відстані між ними повинна становити не менше 25...40 м.

Категорично забороняються стоянки автомобілів на льоду, якщо товщина крижаного покриву близька до мінімально допустимої.

Швидкість руху по льоду 10 км/год. Найбільш відповідальний - з'їзд на лід. Зупинку заборонено, так як збільшується прогин льоду і він може зруйнуватися. Конструкції з'їздів показані на рис. 3.26.

Мости. При проектуванні траси тимчасових доріг, якщо водні перепони неможливо подолати вбхід або об'їхати, будують мости простої конструкції, найчастіше дерев'яні, так як термін служби їх невеликий. Основними частинами конструкції таких мостів є пролітна будова і опори.

Пролітна будова мостів складається з проїжджої частини і конструктивних елементів, що підтримують проїжджу частину і передають навантаження опорам. Проїжджа частина дерев'яних мостів являє собою поперечний настил з дощок або круглого лісу. На мостах для вузькоколіїних залізних доріг зверху настилу укладається рейкова колія. Настил спирається на поздовжні прогони, які і служать підставою прогону.

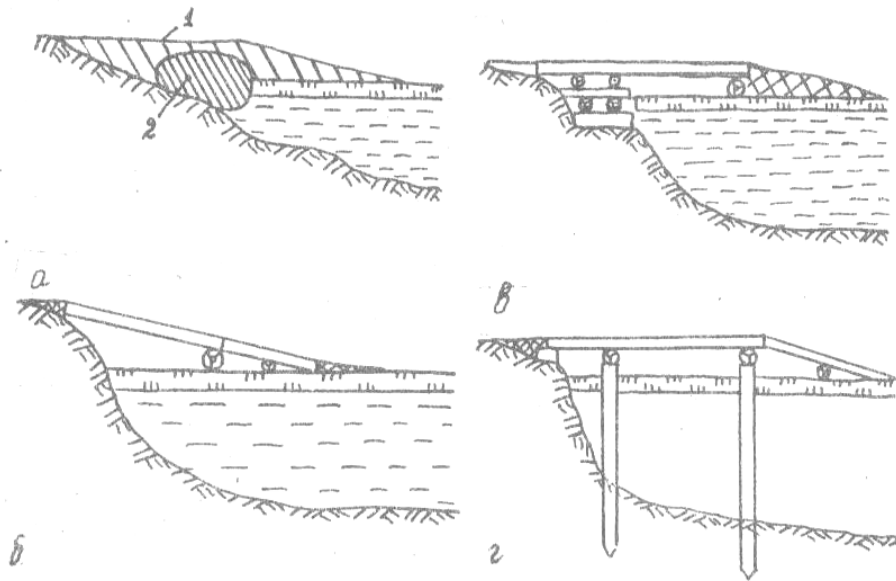


Рис.3.26. - Конструкції з'їздів на льоду: а – сніжно-хмизний; б – з лежнем на льоду; в – з кліткою на березі і лежнем на льоду; г – з естакадою (1 – шар ущільненого снігу; 2 – хмизові фашини)

За типом опор дерев'яні мости поділяються на пальові, рамні, свайно-рамні, клітинні і ряжеві (рис.3.27).

Найбільшого поширення набули пальові опори. Вони застосовуються практично завжди, коли можна забити палі. Якщо забивання паль утруднено, то на вузьких водотоках з глибиною до 4 м і зі швидкістю течії не вище 1,5 м/с споруджуються мости на рамних опорах. У тих випадках, коли через рельєф берегів будується міст з прогонових будов на значній висоті від поверхні води, влаштовуються свайно-рамні опори. Клітинні опори зводять тільки в ярах або на вузьких річках з глибиною менше 1 м і швидкістю течії до 1 м/с. При будівництві мостів на швидких річках, де забивання паль неможливе, використовують ряжеві опори - дерев'яні зруби, заповнені каменем.

Відстань від поверхні проїжджої частини до низу прогонової будови називається будівельною висотою моста. Крім будівельної висоти виділяють конструктивну висоту моста - відстань між проїжджою частиною і рівнем води річки, яка повинна забезпечувати пропуск паводкових вод. Відстань між опорами називають отвором моста. Мости, які мають дві опори - однопролітні, більшу кількість опор - багатопролітні.

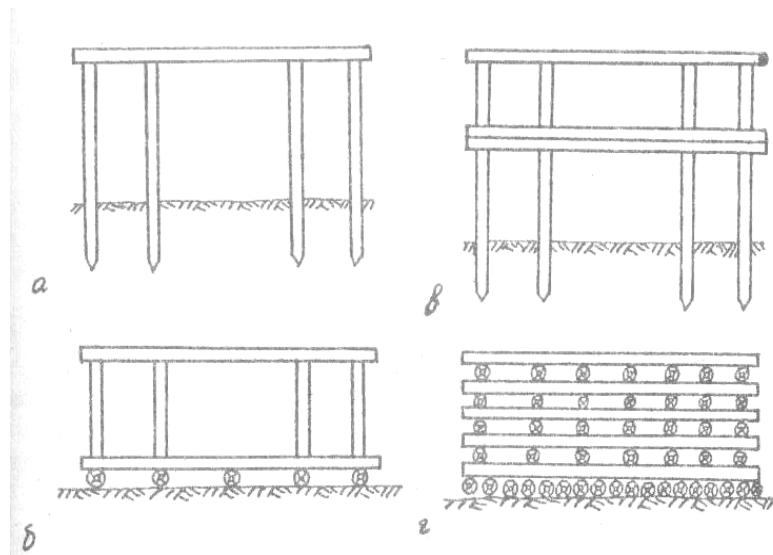


Рис.3.27. - Конструкції опор мостів: а - пальова; б - рамна; в - свайно-рамна; г – клітинна

Основні елементи моста розраховують виходячи з рухомого навантаження і власної ваги моста.

1. Розміри елементів поперечного настилу (рис.3.28):

а) момент вигину в настилі

$$M = \frac{P_1}{b}(2b - t), \quad (3.48)$$

де P_1 - навантаження на найбільш навантажене колесо або гусеницю; b - відстань між осями прогонів ($b = 0,2 \dots 1,0$ м); t - ширина відбитка колеса або гусениці;

б) необхідний момент опору настилу

$$W = \frac{M}{m[\sigma]}, \quad (3.49)$$

де m - кількість елементів настилу, що одночасно сприймають навантаження.

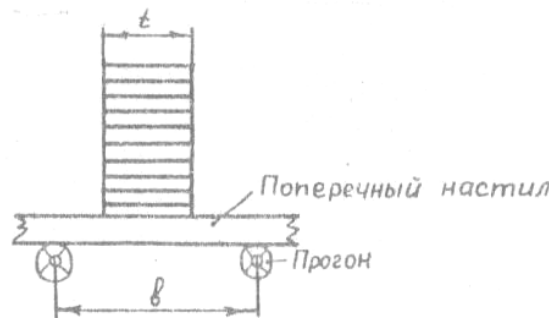


Рис.3.28. Схема до розрахунку поперечного настилу

Якщо поперечний настил виготовлений з дошок, то для колісного навантаження умовно приймають $m = 2$, а якщо з жердин, то $m = 3$. При розрахунку на гусеничне навантаження m знаходиться як частка від ділення довжини опорної поверхні гусениці (l_a) на 20 см (дошки) або 7 см (жердини); $[\sigma]$ - допустиме напруження згину, Н/см² (табл.3.25);

Таблиця 3.25 – Допустиме напруження згину деревини

Порода дерева	Колоди	Пиломатеріали	Порода дерева	Колоди	Пиломатеріали
Сосна, ялина	2000	1800	Кедр	1800	1620
Модрина	2400	2160	Дуб, ясен, граб, клен	2600	2340
Ялиця, тополя, осика	1600	1440	Береза, бук	2200	1980

в) товщина дошок поперечного настилу або діаметр жердин

$$h = 2,45 \sqrt{\frac{W}{c}}, \quad d = 2,17 \sqrt[3]{W}, \quad (3.50)$$

де c - ширина дошки ($c = 20$ см).

2. Діаметр прогонів (рис.3.29):

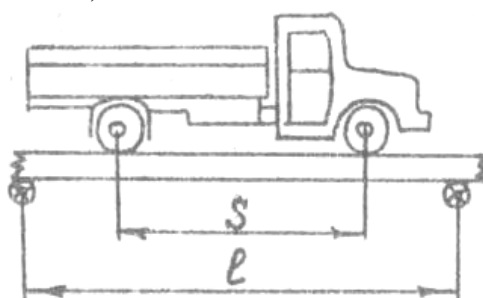


Рис. 3.29. - Схема до розрахунку діаметра прогонів

а) момент вигину в одному прогоні

$$M = (M_B K_H + M_n) \frac{1}{n} \quad (3.51)$$

де M_B – момент вигину, що виникає під дією змінного навантаження; K_H – коефіцієнт нерівномірності навантаження; M_n - згинальний момент, що виникає під дією власної ваги прогонової будови моста; n - кількість прогонів.

$$M_B = \frac{P}{g} (2l - l_a) \quad \text{при } l = l_a, \quad (3.52)$$

$$M_B = \frac{P \cdot 2l}{g} \quad \text{при } l < l_a, \quad (3.53)$$

де P - маса автомобіля або трактора; l - довжина прольоту; l_a - база автомобіля або довжина опорної поверхні гусениці трактора.

$$M_n = \frac{ql^2}{g}, \quad (3.54)$$

де q - маса одного метра прогонової будови:

$$q = (q_1 + q_2)B, \quad (3.55)$$

B - ширина моста; q_1 - тиск на прогони від поперечного настилу ($q = 600$ Н/м²); q_2 - питоме навантаження від власної ваги прольотів:

Довжина прольоту,	3	4	5	6	7	8
$q_2, \text{Н/м}^2$	700	1000	1300	1600	2000	2200

$$K_H \approx \alpha \left(1 + \frac{\delta a}{B} \frac{n-1}{n+1} \right), \quad (3.56)$$

де α - коефіцієнт, який залежить від кількості прольотів (при $n < 7$ $\alpha = 0,95$; при $8 < n < 11$ $\alpha = 0,90$; при $n \geq 12$ $\alpha = 0,85$); a - найбільше зміщення центру ваги автомобіля щодо осі моста:

$$a = \frac{B - b_k}{2}, \quad (3.57)$$

b_k - ширина колії; a - не слід приймати більше 0,85; $n = B/b$;
в) діаметр прогонів

$$d = 2,17 \sqrt[3]{\frac{M}{[\sigma]}}. \quad (3.58)$$

3. Діаметр опор:

а) тиск на одну стійку опори

$$A = (A_B K'_H + A_n) \frac{l}{m}, \quad (3.59)$$

де A_B - тиск на опору від змінного навантаження; A_n - тиск на опору від власної ваги прольотної будови; K'_H - коефіцієнт нерівномірності навантаження; m - кількість стійок опори (зазвичай $m = 4$).

$$A_B = P \left(1 - \frac{l_a}{4l} \right), \quad (3.60)$$

$$A_n = ql, \quad (3.61)$$

$$K'_H = 1 + \frac{\delta a}{B} \frac{m-1}{m+1}. \quad (3.62)$$

б) діаметр стійки

$$d = 1,34 \sqrt[3]{\frac{AH}{[\sigma_n]}}. \quad (3.63)$$

де H - висота моста, м; $[\sigma_n]$ - допустиме напруження на поздовжній вигин ($[\sigma_n] = 600 \dots 800 \text{ Н/см}^2$).

4. Діаметр насадки:

а) момент вигину в насадці

$$M_H = \left(\frac{A_B}{5t} + \frac{A_n}{B} \right) \frac{b_1^2}{g}, \quad (3.64)$$

де b_1 - відстань між стійками опори,

$$b_1 = \frac{B}{m-1},$$

б) діаметр насадки:

$$d_H = 2,17 \sqrt[3]{\frac{M}{[\sigma]}}. \quad (3.65)$$

При виборі місця будівництва моста необхідно враховувати поперечний профіль водотоку і берегів, ширину і глибину водотоку, швидкості течії,

властивості ґрунту берега і дна водотоку. Вісь мосту зазвичай вибирається перпендикулярною до напрямку потоку.

Будівництво мосту починається з виготовлення та встановлення опор. У верхній кінець палі вставляється штир, на який надівається забивна баба. Іноді для забивання палі використовують дизель-молоти ДМ-І50, що встановлюються на копрі, або безкопрові дизель-молоти ДБ-45. Палі забиваються на глибину не менше 2,5 м. Якщо при досягненні цієї глибини паля легко занурюється в ґрунт, то забивання продовжують до так званого "відмови" - допустима величина занурення палі за один удар або після декількох відносно невеликих за силою ударів.

Рамні опори виготовляються і збираються на березі і подаються до місця установки по воді. Клітинні опори заготовлюються і частково збираються на березі, нарощування їх до необхідної висоти зазвичай здійснюється на плаву на місці установки з готової ділянки моста. У міру нарощування опора поступово занурюється і встановлюється на дно.

Ряжеві опори також заготовлюється на березі: збирається дно зрубу, на якому нарощується кілька вінців. Частково зібрана конструкція доставляється до місця установки по воді і завантажується каменями до посадки на дно і нарощується до необхідної висоти.

Спорудження прольотної частини моста починається з укладання на опорні конструкції прольотів, які подаються до перекриття опор по воді, піднімаються на верхню будову моста по похилим палям і закріплюються на насадках штирями або скобами. Прольоти перекриваються поперечним настилом, з боків якого зміцнюються колесовідбивачами, а іноді зверху укладаються колесопроводи. З боків можуть монтуватися перила.

У районах багаторічної мерзлоти деформація діяльного шару призводить до випирання мостових паль з ґрунту і руйнування мосту, тому в цих районах краще будувати мости на клітинних або ряжевих опорах. Чималу небезпеку для мостів представляють і річкові криги. При зломі крижаного покриву не виключена можливість ушкодження мостових опор. Для запобігання утворення полій під мостом в кінці літа близько мостових опор над поверхнею води влаштовуються своєрідні перекриття з жердин, хмизу і моху, що засипаються взимку снігом; це утеплення перешкоджає виникненню під мостом криги.

У період весняного льодоходу мости на рамних опорах розбирають, при інших конструкціях опор перед мостом споруджують льодорізи.

Водопроникні споруди. Значні масштаби дорожнього будівництва вимагають спорудження великого числа водопроникних труб - найбільш поширеного виду штучних споруд. Кількість їх на залізницях в районах з різним рельєфом місцевості становить 0,3-0,9 труби, а на автомобільних 1,0-1,4 труби на 1 км траси.

Водопроникні труби - це штучні споруди для пропуску під насипами доріг невеликих постійних або періодично діючих водотоків.

При проектуванні дороги особливо при невеликих висотах насипу часто доводиться вибирати одне з двох можливих споруд - малий міст або трубу.

Якщо техніко-економічні показники цих споруд приблизно однакові, перевага віддається трубі, оскільки:

устрій труби в насипу не порушує безперервності земляного полотна і верхньої будови колії;

експлуатаційні витрати по утриманню труби значно менші, ніж малого моста.

Водопрпускні труби під насипами доріг можуть бути кам'яні, залізобетонні, бетонні, металеві гофровані, склопластикові, дерев'яні. Кам'яні застосовують дуже рідко. При спорудженні тимчасових доріг геологорозвідувальними організаціями найбільш часто застосовують залізобетонні, металеві та дерев'яні труби.

По контуру перерізу труби можуть бути круглі, прямокутні, еліптичні, трикутні і абочні, а за кількістю отворів в одній споруді - одно-, дво- і багатоочкові.

Щоб уникнути затоплення дорожнього полотна під час зливових дощів та інтенсивного танення снігу розміри водопрпускних споруд повинні розраховуватися на максимальний водоприток.

Розрахунком зливогого стоку визначаються:

1) товщина шару стоку (h_1 , мм), що дорівнює максимальній кількості опадів, що випадають в даному районі за період одного дощу K за вирахуванням втрат на всмоктування води, заповнення нерівностей і затримкою рослинністю:

$$h_1 = (0,35 \dots 0,5)K ; \quad (3.66)$$

2) по карті - площа водозбору (F , км²), обмежена водорозділами;

3) зливовий сток (Q_n , м³ / с) за наближеною формулою

$$Q_n = 0,56 h_1 F. \quad (3.67)$$

Розрахунок стоку паводкових вод здійснюється за формулою, м³/с:

$$Q_n = \frac{WF}{4,5(4 + \tau)}, \quad (3.68)$$

де W - обсяг стоку з 1 км² площі водозбору, тис. м³; τ – час зсуву піку паводка, год.

Для тимчасових доріг геологорозвідувальних організацій, що експлуатуються протягом декількох польових сезонів, величину стоку вибирають з урахуванням перевищення 20%.

Величину τ наближено визначають з виразу

$$\tau = tl, \quad (3.69)$$

де t - час стікання потоку до балці (приймається рівним 0,25 год); l - відстань від "центру ваги" площі водозбору до водопрпускної споруди, км.

Основна характеристика труби - її отвір, який встановлює водопрпускну здатність, яка визначається гідравлічним розрахунком.

Рух води в трубах характеризується трьома основними гідравлічними режимами:

безнапірним, при якому вхідний розтин не затоплено і потік на всьому протязі має вільну поверхню (рис.3.30, а);

напівнапірним, що відрізняється від безнапірного лише затопленням вхідного перетину (рис.3.30, б);

напірним, коли труба на своєму протязі працює повним перетином (рис.3.30, г).

У гофрованих трубах можливий частково напірний режим, при якому труба на ділянці, що примикає до входу, працює повним перерізом, а на решті частини має вільну поверхню (рис.3.30, в).

Мінімальну висоту насипу в місці розташування труби визначають виходячи з таких умов:

відмітка бровки насипу в місці розташування труби повинна забезпечувати мінімальну товщину засипки під трубою, яка на автомобільних дорогах повинна бути не менше 0,5 м від верху проїзної частини по осі дороги до верху конструкції ланки;

брівка земляного полотна в місці розташування труби повинна бути вище рівня підпертого горизонту, відповідного розрахунковому не менше ніж на 0,5 м, а для труб отвором 2м і більше при напірному і напівнапірному режимах - не менше ніж на 1 м.

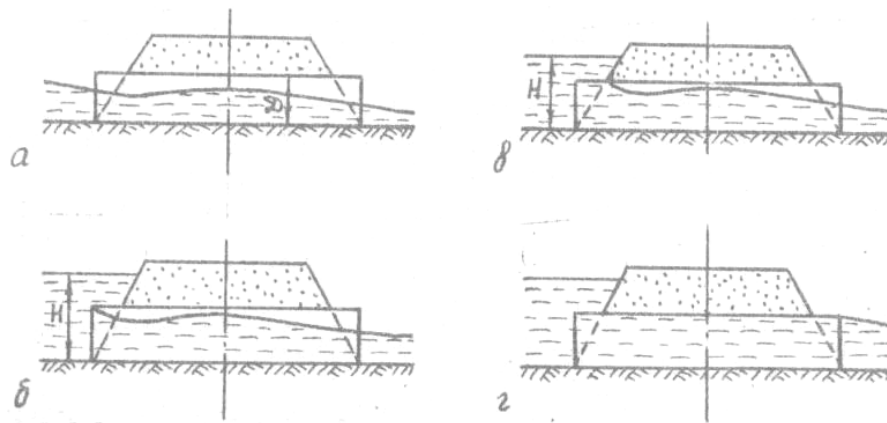


Рис.3.30. - Режими протікання потоку в трубі

Як правило, вісь споруджуваної труби, розташовується під прямим кутом до осі дороги, але в ряді випадків можуть застосовуватися і косі труби.

Розрахунок водопропускної здатності труб

1. Труба безнапірна:

найбільша кількість води, що протікає до труби

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3.70)$$

де Q_1 - кількість води під час зливи; Q_2 - кількість води, що доставлять постійним водотоком;

живий перетин води в трубі

$$\omega = \frac{Q}{V}, \quad (3.71)$$

де V - допустима швидкість течії води в трубі, що залежить від способу установки труби і від її підстави. При укладанні труби на глину зі щебенем $V \leq 3$ м/с, при кам'яній і бетонній основі $V \leq 6$ м/с; необхідний діаметр труби

$$d = \sqrt{2,5\omega}, \quad (3.72)$$

глибина води перед трубою

$$y = 0,75d, \quad (3.73)$$

2. Труба напірна (рис.3.31):

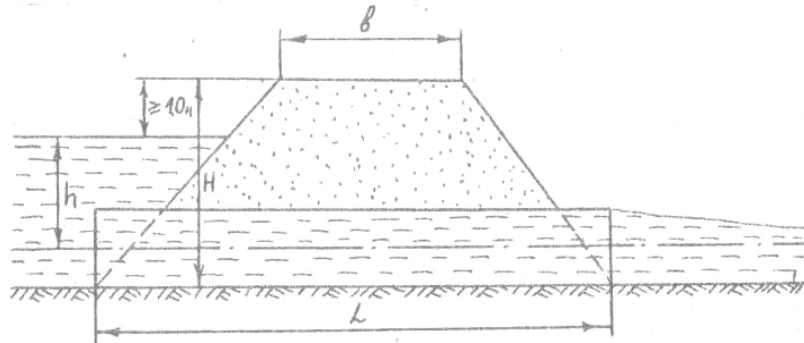


Рис.3.31. Розрахункова схема водопропускної здатності напірної труби

кількість води

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3.74)$$

довжина труби при схилах насипу 1:1,5

$$L = 3H + b + 0,2, \quad (3.75)$$

де H - висота насипу, b - ширина насипу по верху;
діаметр труби

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}, \quad (3.76)$$

величина напору води

$$h = (1,5 + 0,002 \frac{L}{d}) (\frac{V^2}{2g}). \quad (3.77)$$

3. Труба напівнапірна:

пропускна здатність труби при напівнапірному режимі

$$Q = 1,89d^2 \sqrt{h - 0,65}, \quad (3.78)$$

де h - глибина потоку перед спорудою, м.

Висота насипу повинна бути не менше 1 м. Виходячи з цього приймають глибину потоку.

Таким чином, перехід до напірних режимів пропуску води дозволяє зменшити розмір труб, однак це пов'язано з необхідністю збільшення висоти насипу.

3.5. Річковий транспорт

Судноплавні річки і канали, численні озера і великі водосховища утворюють розгалужену мережу внутрішніх водних шляхів України, за якими щорічно перевозяться багато народногосподарських вантажів. Послуги з перевезення вантажів і людей при проведенні геологорозвідувальних робіт

часто здійснюється водними шляхами з використанням транспортних засобів, що належать геологорозвідувальним організаціям

У тому випадку, коли річки не судноплавні або період навігації на них через мілководдя невеликий, використання катерів, мілководних барж, човнів і навіть плотів вирішує транспортну проблему.

Водні транспортні засоби. Для забезпечення транспортних перевезень застосовується різноманітний як великотоннажний, так і дрібнотоннажний транспортний флот. У складі флоту річкових пароплавств є суда, призначені для перевезення будівельних вантажів, нафтопродуктів, товарів народного споживання і т.д.

Для перевезення вантажів на малих річках побудовані малотоннажні самохідні суховантажні судна з штовхачами потужністю 110,3 кВт (150 к. с.) і баржі-майданчики вантажопідйомністю 200 т. Введено в експлуатацію більш економічні суховантажні теплоходи вантажопідйомністю 1300 т, наливні теплоходи вантажопідйомністю 1000 і 1500 т, суховантажно-наливні теплоходи вантажопідйомністю 600 т і інші судна.

На промислових підприємствах річкових басейнів накопичений великий досвід проектування і будівництва малотоннажних вантажних і буксирних суден з осадкою не більше 2 м, призначених для роботи на малих швидкомілюючих річках з обмеженими габаритами водного шляху і великими швидкостями руху води .

На малих річках експлуатуються судна, які можуть плавати на малих глибинах. Це теплоходи типу "Зоря" і "Зірниця".

Швидкісний мілкосидячий теплохід типу "Зоря" призначений для перевезень пасажирів, посадку і висадку яких можна проводити біля обладнаного причалами берега. Швидкість теплохода не змінюється на мілководді. Він володіє хорошими маневреними якостями. Корпус і надбудова судна виконані з легкого алюмінієво-магнієвого сплаву.

Швидкісний теплохід "Зірниця" відноситься до типу суден на повітряній подушці скегового типу. Це пасажирське 48-містне судно, призначене для перевезення пасажирів по малих річках з гарантованими глибинами близько 0,6 м. Мала осада, здатність рухатися в умовах граничного мілководдя без зниження швидкості, хороша маневреність і можливість підходити до необладнаних берегів - все це дозволяє використовувати його на неосвоєних малих річках.

Новими типами судів для перевезення вантажів геологорозвідувальних організацій зможуть стати ліхтеровози. Ліхтеровози, приймаючи в пункті відправлення певну кількість ліхтерів невеликої вантажопідйомності, після прибуття в гирло річки з невеликими габаритами передають їх на буксирування до місця призначення. Застосування ліхтеровозів виключає необхідність перевалки вантажів в гирлових портах з великотоннажних суден або часткове їх розвантаження для подальшого руху до пункту призначення. В результаті прискорюється доставка вантажів, поліпшується їх збереження, відпадає необхідність створення перевалочних портів.

Збільшити обсяг перевезень по малих річках можна також шляхом застосування судів на повітряній подушці, що дозволить максимально використовувати протяжність природного водного шляху, зведе до мінімуму негативний вплив ступінчатості глибин, сезонність перевезень.

Для геологорозвідувальних організацій найбільшу цінність представляють судна, катери і баржі, придатні для плавання по невеликих мілководних річках. Для експлуатації в таких умовах випускаються, зокрема, судна, які використовуються на лісосплаву. Характеристики деяких з них наведені в табл.3.26.

Таблиця 3.26 – Судна для геологорозвідувальних робіт

Марка	Тип рушія	Довжина, м	Осадка, м	Потужність двигуна, кВт	Швидкість, км/год	Вантажо-підйомність, т	Вантажо-підйомність баржі, що буксирується, т
ВБК-30	Водомет	9,0	0,26	22	15	0,6	120
ПС-1	Водомет	12,4	0,38	40	13	0,6	100
КС-100А	Водомет	11,8	0,39	125	28	1,0	200
Т-149	Водомет	19,5	0,37	173	24	10,0	200
ПС-5	Водомет	13,6	0,54	66	16	0,6	100
Т-63	Гвинт	17,5	0,8	103	18	3,0	250
ЛМ4-Т-87	Гвинт	7,0	0,6	45	40	0,5	–
Т-83	Гвинт	14,2	0,65	103	15	2,0	200
Т-8І	Гвинт	17,4	0,34	40	1,5	5,0	–
Т-101	Гвинт	19,8	0,58	59	14	15,0	50
Т-133р	Гвинт	12,4	0,50	173	32	1,0	200
Т-І07	Гвинт	6,5	0,20	48	28	0,5	100
БМК-90	Гвинт	7,8	0,53	48	20	0,3	50

Водометний буксирний катер ВБК-30 призначений, в основному, для буксирування барж, проте може в умовах геологорозвідувальних організацій використовуватися і для перевезення пасажирів і невеликих вантажів.

Відомчий катер ПС-І використовується для перевезення людей, вантажів і буксирування невеликих барж. Корпус судна сталевий, посилений. На плоскому днищі і бортах відсутні виступаючі частини, водометний рушій повністю розташований усередині корпусу і захищений від пошкоджень. Це забезпечує хорошу прохідність по мілководним і захаращеним річках. Катер обладнаний носовим і двома кормовими електричними лебідками, призначеними для різних допоміжних робіт, зокрема для подолання мілководь волоком.

Катер КС-100А призначений для буксирування барж і перевезення людей і невеликих вантажів по дрібним, засміченим річках з швидкою течією. Катер має хорошу маневреність, малу осадку, високу швидкість. Обладнаний лебідками з канатами довжиною 100 і 200 м і тяговим зусиллям 30 і 50 кН.

Мелкосідячий буксирно-вантажний катер Т - 149 - для перевезення вантажів по мілководних річках і верхів'ях великих річок, а також для

застосування на буксирувальних роботах. У середній частині катера є навантажувальний пристрій вантажопідйомністю 500 кг.

Буксир Т-63 і його модифікації Т-6Е-0Ж і Т-63М - поширені буксирні катери. Вони можуть буксирувати плоти і баржі, а також перевозити пасажирів і вантажі. Рушієм служить гребний гвинт, для підвищення сили тяги якого є зварна пряма насадка. Гвинт, гребний вал і насадка захищені від пошкоджень огорожею зі смугової сталі.

Роз'їзний катер ЛМ4-Т-87 - для перевезення пасажирів і дрібних вантажів. Катер випускається в двох варіантах: відкритий і з кабіною. Дерев'яний корпус катера розділений на чотири відсіки. У другому відсіку розташоване пасажирське приміщення на 6 осіб.

Катер Т-83 - для буксирування барж, плотів і перевезення пасажирів і невеликих вантажів. Корпус катера сталевий, трьома перегородками розділений на чотири відсіки. Гребний гвинт катера в тунелі, що полегшує експлуатацію на засмічених річках. На палубі встановлена однобарабанна лебідка трельовального трактора ТДТ-40 з тяговим зусиллям 30 кН і довжиною каната 100 м.

Буксирно-вантажний катер Т-81 - для перевезення вантажів і буксирування невеликих барж і особливо зручний для геологорозвідувальних організацій. Сталевий корпус катера розділений на п'ять відсіків. У другому відсіку знаходиться вантажний відкритий трюм. Для захисту вантажів від негоди на катері є брезентовий тент, що натягується на знімний каркас. Рушійний комплекс катера розташований в тунелі і не виступає за габарити корпусу. Для захисту від пошкоджень є огорожа з смугової сталі.

Вантажний катер Т-101 - для перевезення вантажів і буксирувальних робіт. На ньому встановлена ручна стріла вантажопідйомністю 500 кг з вильотом за борт на 1,45 м. На базі катери Т-101 випускається пасажирський катер Т-101П. У нього над трюмом встановлений тент з брезентовими боковинами, а в трюмі закріплені сидіння для 37 осіб.

Катер Т-133р - для перевезення пасажирів і дрібних вантажів. Може буксирувати невеликі баржі. Корпус сталевий, в кормовій частині є глибокий тунель для рушійного комплексу. Огорожа гребного гвинта виконано з знімних сталевих смуг, закріплених до тунелю і нижній частині рами рулів.

Роз'їзний катер Т-107 - для перевезення пасажирів, пошти, дрібних вантажів. Сталевий корпус і захищений рушійний комплекс дозволяють експлуатувати катер на мілководді і при засміченому фарватері.

Буксирно-моторний катер БМК-90 - для буксирування барж, перевезення пасажирів і невеликих вантажів. Корпус катера сталевий, зварний. Рушій розташований в глибокому тунелі і не виступає за габарити корпусу.

Для перевезення вантажів геологорозвідувальними організаціями по мілководним річках широко застосовується металева несамохідна баржа Т-9, що має довжину 16,62 м, ширину 3,51 м, осадку в порожньому стані 0,17 м, з вантажем - 0,4 т. Вантажопідйомність баржі 10 т. На її палубі можна перевозити бурові установки, вантажні автомобілі і т.п.

При виконанні робіт у важкодоступних місцевостях для переправи через водні перешкоди, а іноді і для перевезення вантажів і людей на значні відстані використовуються човни і плоти. Дерев'яні човни виготовляються плоскодонними і кильовими. Вантажопідйомність перших - до 600 кг, других - до 1500 кг. Крім дерев'яних використовуються гумові човни для перевезення вантажів і людей. Вони випускаються вантажопідйомністю 300, 500 і 1000 кг.

Техніка безпеки на водному транспорті. Більшість судів, рекомендованих геологорозвідувальним організаціям, не призначене для перевезення пасажирів. У той же час потреба в таких перевезеннях виникає дуже часто. Перевезення пасажирів допускається тільки на технічно справних і підготовлених суднах, з узгодженими з річковим реєстром України доповненнями до інформації про остійність із зазначенням допустимої кількості пасажирів і порядку їх розміщення в відповідності з вимогами тимчасової інструкції про перевезення людей понад штату.

Чисельність пасажирів, що перевозяться, встановлюється з урахуванням повної технічної готовності і придатності судна до перевезень, нормальних умов плавання і високої професійної підготовки плавскладу.

У зв'язку з тим що неспеціалізовані судна не мають всіх пасажирських зручностей, тривалість плавання обмежується двома годинами. Для кожного з пасажирів в каюті, трюмі або на палубі обладнуються місця для сидіння. Сидіння кріпляться до корпусу судна. На кожного пасажирів на судні повинен бути індивідуальний рятувальний прилад. Під час рейсу рятувальні прилади видаються пасажирам або укладаються поряд з сидіннями. На судні має бути справним леєрне огороження, система осушення, якірні й швартові пристрої.

При перевезенні вантажів необхідно дотримуватися таких правил. Маса вантажу, прийнятого на борт судна, не повинна перевищувати зазначеного в інструкції по експлуатації, інформації про остійність і паспорті вантажопідйомності судна. Якщо вантажопідйомність не обумовлена, вона може бути прийнята в межах навантаження, дозволеного доповненням до інформації про остійність при перевезенні пасажирів.

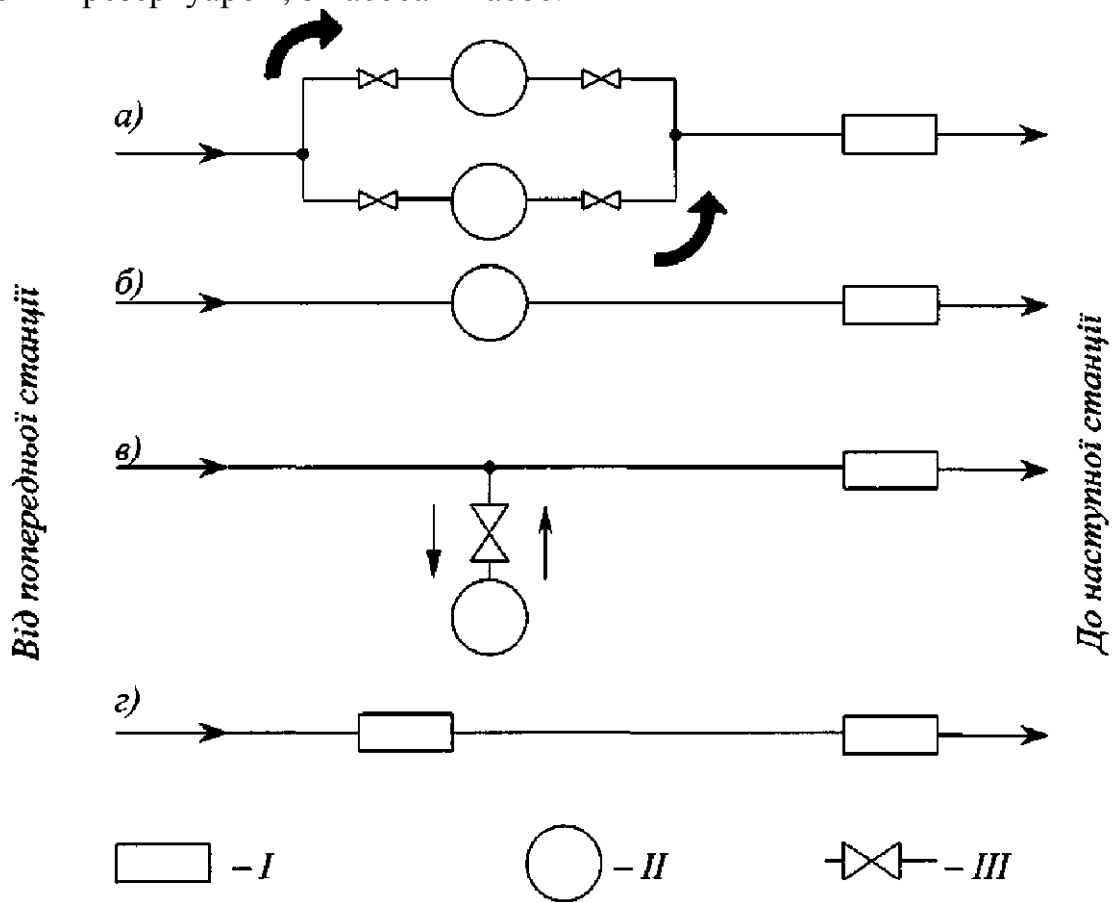
На палубі, в каюті і трюмі повинні бути підготовлені місця для укладання вантажу. Вантаж не повинен перекривати і захаращувати проходів по бортах і ускладнювати обслуговування суднових механізмів, а також погіршувати огляд рульовому. Забороняється виходити в рейс з незакріпленими вантажами.

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Перекачувальна станція – це складний комплекс інженерних споруд, яка призначена для подачі продукту, що перекачується в магістральний трубопровід. Принципова схема комунікацій, яка забезпечує проведення операцій з перекачування, називається технологічною.

Головна вимога при розробці технологічних схем – їх простота, можливість виконання всіх передбачених проектом технологічних операцій при мінімальній кількості запірної та регулюючої арматури і з'єднувальних деталей, а також забезпечення мінімальної довжини технологічних трубопроводів [16, 17].

У залежності від схеми приєднання насосів та резервуарів проміжних станцій виділяють наступні системи перекачування нафти та нафтопродуктів трубопроводами (рис. 4.1): постанційну, через один резервуар насосної станції, з підключеним резервуаром, з насоса в насос.



а – постанційна схема; б – через резервуар; в – з підключеним резервуаром; г – із насоса в насос; I – насосний цех; II – резервуар; III – засувка.

Рис. 4.1 – Системи перекачування

При постанційній системі перекачування (рис. 4.1,а) нафту приймають почергово в один із резервуарів станції, подачу на наступну станцію здійснюють з другого резервуара. Почергове заповнення і випорожнення резервуарів дозволяє досить точно врахувати кількість нафти, яка поступає з

попередньої станції, і в той же час об'єми її відкачування на наступну станцію. При такій системі перекачування значні втрати нафти від випаровування, які викликаються "великими диханнями" резервуарів, тому її недоцільно застосовувати при перекачуванні сирої нафти і світлих нафтопродуктів. У тих випадках, коли на насосних станціях встановлюються поршневі або плунжерні насоси, цей спосіб перекачування нафти є основним .

При перекачуванні через один резервуар насосної станції (рис. 4.1, б) нафта від попередньої станції поступає в резервуар, який служить буфером, і одночасно викачується з нього. Ця система не дозволяє проводити постанційний облік об'ємів нафти. Втрати нафти від випаровування великі внаслідок руху нафти в резервуарі, і ця схема так само, як і постанційна не рекомендується для перекачування сирої нафти та світлих нафтопродуктів.

Більш досконала система перекачування з під'єднаним резервуаром (рис. 4.1, в). Рівень нафти в резервуарі коливається в залежності від нерівномірності поступлення і відкачування нафти. При синхронній роботі рівень нафти в під'єднаній ємності залишається практично незмінним. Втрати нафти від випаровування в цьому випадку в значній мірі визначається лише втратами від "малих дихань".

Три вище перелічені системи перекачування були породжені поршневими насосами, так як ці системи суттєво скорочують дію гідравлічного удару на трубопровід; при цьому резервуари відіграють роль буферних ємностей. При системі перекачування із насоса в насос резервуари проміжних станцій від'єднуються від магістралі (рис. 4.1, г). Їх використовують тільки для прийому нафти із трубопроводу під час аварій або ремонту. При від'єднаних резервуарах припиняються втрати від випаровування і повністю використовується підпір попередньої станції. Ця система передбачає повну синхронізацію і успішно використовується при обладнанні станцій відцентровими насосами.

Насосні станції з точки зору послідовності технологічних операцій можна розділити на наступні основні об'єкти: резервуарний парк, який складається із кількох резервуарів з приймальними і відпускними трубопроводами; насосний цех; маніфольд — відкрита площадка або закрите приміщення, де зосереджені засувки, зворотні клапани, фільтри і т. п.; камери пуску і прийому скребка.

У склад головних перекачувальних станцій входить резервуарний парк значної місткості для забезпечення безперебійної роботи трубопроводу, а при послідовному перекачуванні для накопичення певних партій нафтопродуктів. Звичайно місткість резервуарів на головних станціях приймають рівною об'єму двох-, тридобової пропускної здатності нафтопроводу. При послідовному перекачуванні місткість резервуарного парку головної станції визначається розрахунком і залежить від кількості циклів.

Резервуарні парки проміжних станцій мають невелику місткість для збирання нафти (часто резервуари взагалі відсутні).

Обв'язку резервуарного парку (рис. 4.2) можна виконувати в двох варіантах. При варіанті I колектор *a-c* служить для заповнення резервуарів I-IV через засувки з непарними номерами (1, 3, 5, 7), а колектор *b-d* є всмоктуючим,

яким через засувки з парними номерами (2, 4, 6, 8, 10) нафта відкачується насосами станції.

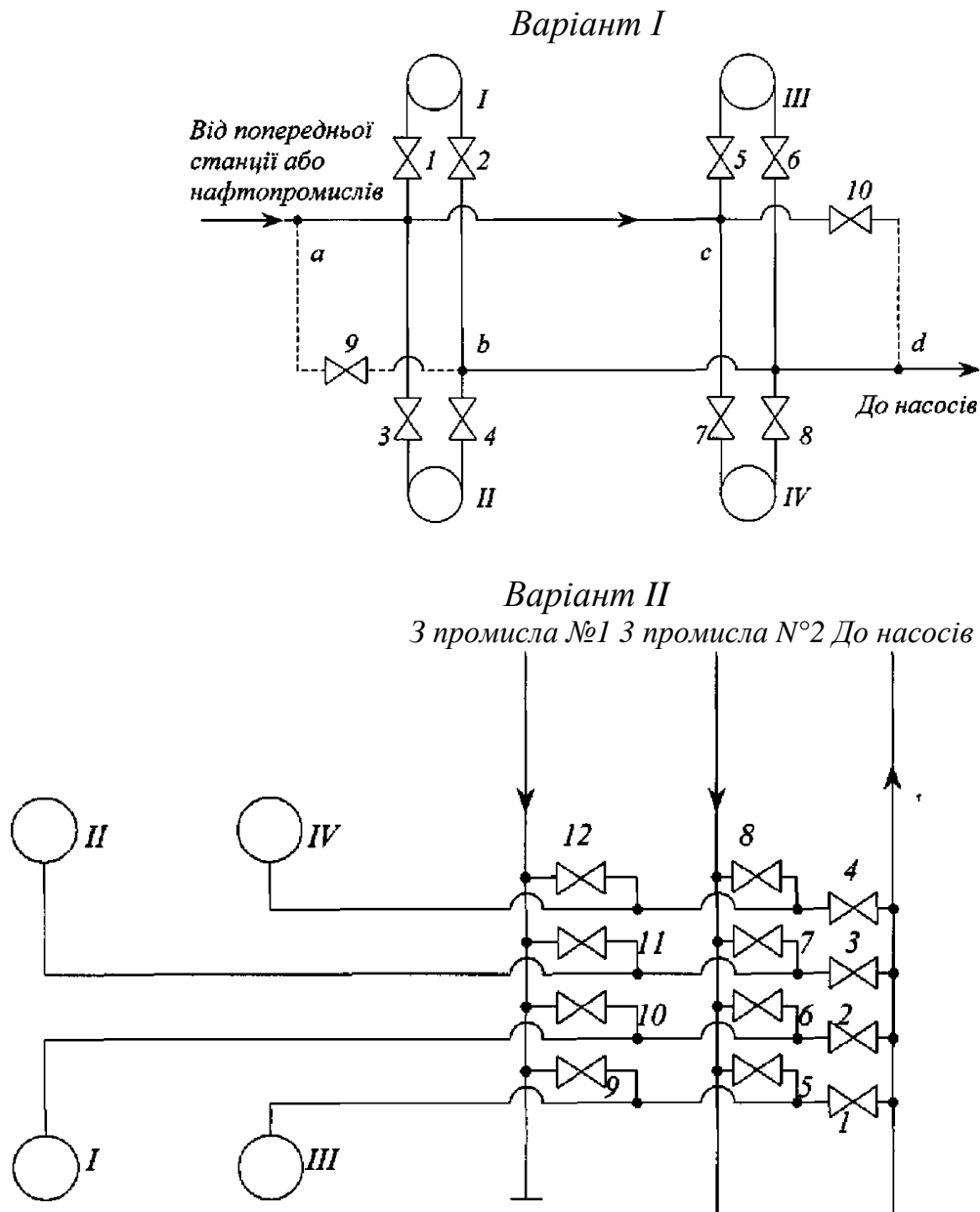


Рис. 4.2 – Обв'язка резервуарного парку

При II варіанті обв'язки для кожного резервуара (I-IV) передбачається самостійний прийомно-відпускний трубопровід, а управління засувками (7-12) зосереджується в маніфольді. Ця схема дозволяє приймати нафту з різних промислів в будь-який резервуар і одночасно вести відкачування з будь-якої ємності.

На перекачувальних станціях сучасних магістральних трубопроводів переважно застосовують відцентрові насоси, які в більшості випадків з'єднані між собою послідовно. Обв'язка насосів повинна забезпечувати роботу насосної при переведенні в резерв будь-якого з агрегатів. Одна з основних умов при розробці схеми обв'язки – максимальне зменшення коефіцієнта резерву основного обладнання.

На головних станціях передбачають встановлення підпірних насосів, які забезпечують безкавітаційну роботу основних насосів. Підпірні насоси, в залежності від їх характеристик, можуть бути з'єднані як послідовно, так і паралельно.

Обв'язка підпірних і основних насосів показана на рис. 4.3

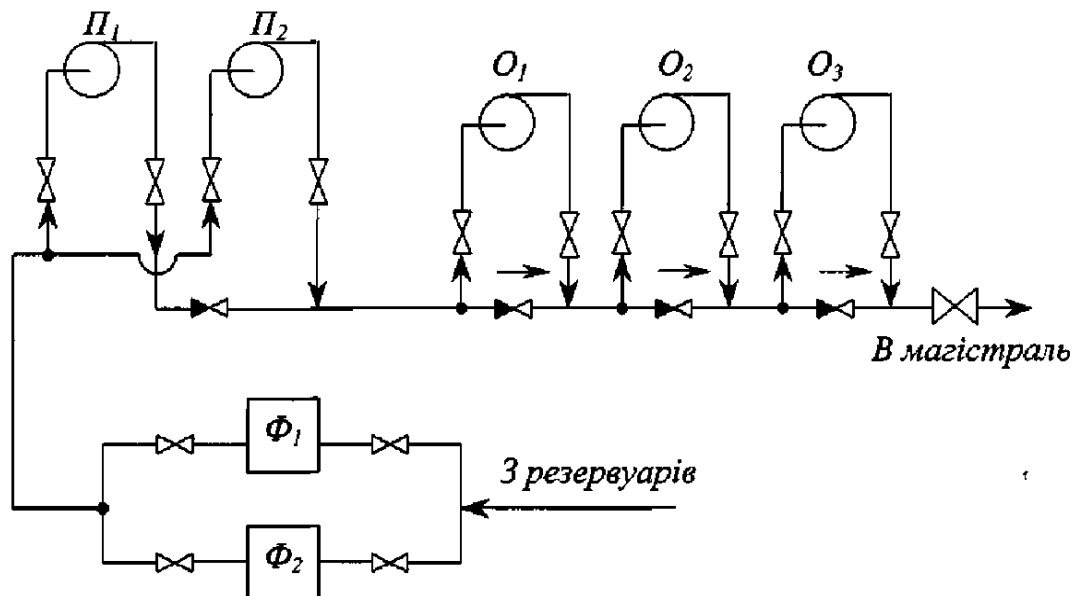


Рис. 4.3 – Схеми під'єднання насосів:

О – основні насоси; П – підпорні насоси; Φ – фільтри-брудоуловлювачі

Технологічна схема головної станції показана на рис. 4.4. Поступаючи на площадку головної перекачувальної станції, нафта проходить через камеру (площадку) фільтрів, де очищується від механічних домішок, а потім через вузол заміру і обліку колекторами через маніфольди надходить в будь-який із резервуарів. Після відстою нафта, проминувши маніфольд, поступає в підпірну насосну. Далі підпірні насоси подають нафту у всмоктувальну лінію основної насосної. Пройшовши послідовно робочі насосні агрегати і вузол з регуляторами тиску, нафта через вузол запуску скребка поступає в магістраль. На головній станції проводять тільки пуск скребків або розділювачів.

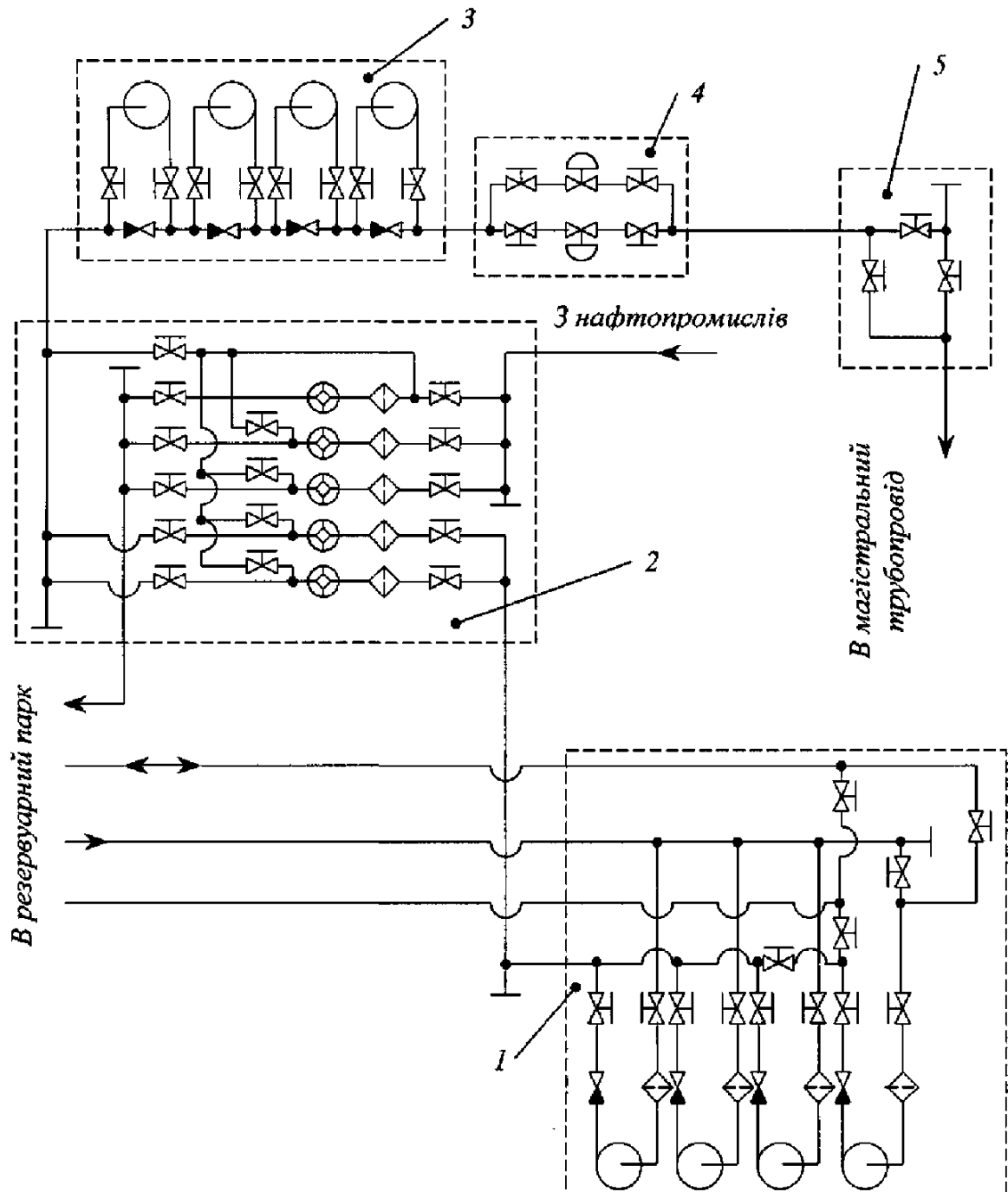


Рис. 4.4 – Технологічна схема головної насосної станції:

1 – підпірна насосна; 2 – площадка фільтрів та лічильників з контрольним лічильником; 3 – основна насосна; 4 – площадка регуляторів тиску; 5 – площадка пуску скребок

Приклад технологічної схеми проміжної насосної станції показано на рис. 4.5. Нафта від попередньої станції з тиском, більшим або рівним необхідному для безкавітаційної роботи насосів, надходить через вузол підключення станції до магістралі, проходить фільтри-брудоуловлювачі і попадає у всмоктувальну лінію насосної. Насосними агрегатами нафта через регулюючі клапани і вузол підключення направляється в магістраль.

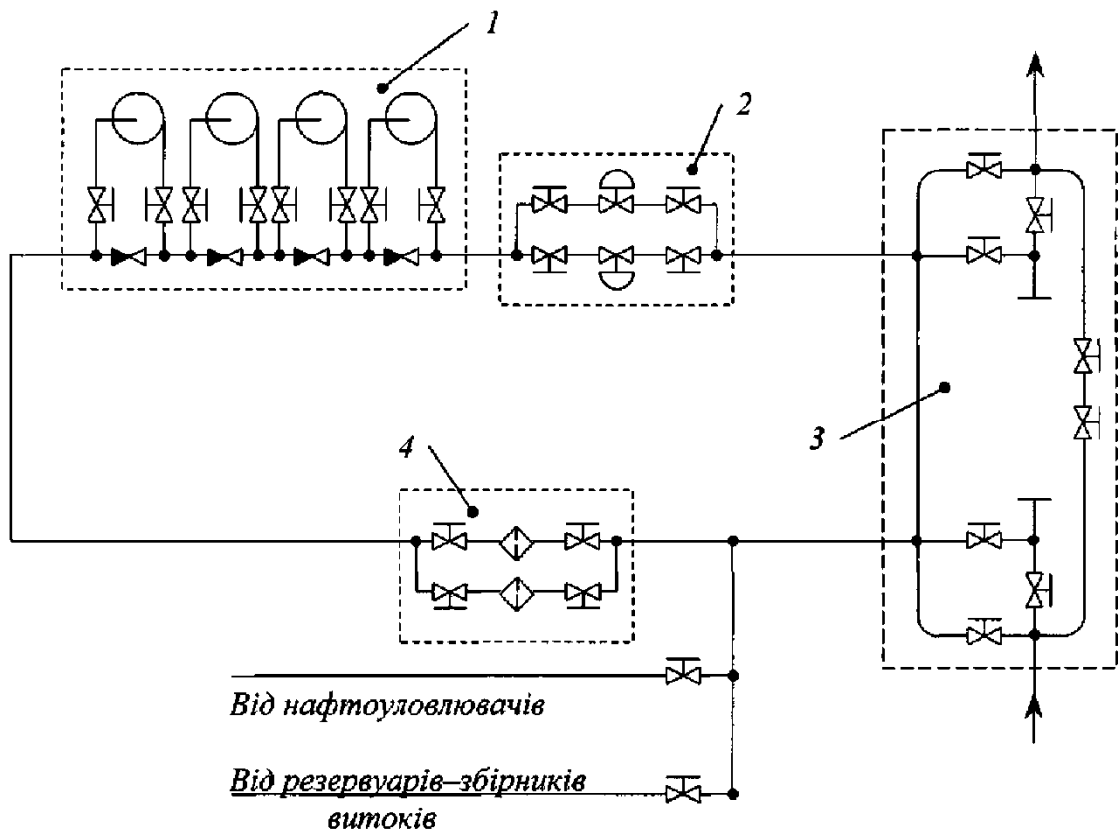


Рис. 4.5 – Технологічна схема проміжної насосної станції:
 1 – перекачувальна станція; 2 – приміщення з регулюючими клапанами; 3 – пристрій прийому та запуску скребків; 4 – площадка з фільтрами-брудоловлювачами

Вузол підключення проміжної станції до магістралі має пристрої для прийому і запуску скребків або розділювачів, а також обвідну лінію, яка дозволяє здійснювати перекачування нафти трубопроводами при відключенні цієї станції.

У приведених технологічних схемах кожен з насосних агрегатів може бути резервним.

5. ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Обладнання нафтоперекачувальних станцій умовно ділиться на основне і допоміжне. До основного відносять насоси та їх привід, а до допоміжного – обладнання, яке необхідне для нормальної експлуатації основного обладнання, тобто системи мащення, охолодження, енергопостачання, опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації та ін.

Для перекачування нафти і нафтопродуктів можна застосовувати поршневі і відцентрові насоси. Вибір насосного агрегату визначається техніко-економічними показниками з урахуванням умов його експлуатації [17].

Вимоги, які ставляться до насосних агрегатів, які використовуються на магістральних трубопроводах, зводяться до наступного: порівняно високі напори, великі подачі, економічність роботи, довгочасність і надійність нормальної неперервної роботи, компактність, простота конструкції і технологічного обслуговування.

У зв'язку з цим широкого використання при магістральному транспортуванні нафти і нафтопродуктів набули відцентрові насоси. Поршневі насоси для перекачування нафти по магістральних трубопроводах не використовують.

Для нормальних умов роботи основного відцентрового насоса необхідний підпір рідини на його вході, який звичайно створюється або допоміжним підпірним насосом (на головних насосних станціях), або за рахунок невикористаного напору попередньої насосної станції. При цьому основні і підпірні насоси мають однакові подачі.

Підпірні насоси повинні мати добру всмоктувальну здатність, яка досягається порівняно низькою частотою обертання їх валу. Ці насоси встановлюють якомога ближче до резервуарів.

Вітчизняна промисловість випускає нафтові насоси серії НМ, які експлуатуються на магістральних трубопроводах для перекачування нафти і нафтопродуктів з температурою до 353 К, кінематичною в'язкістю не вище 3 см²/с і вмістом механічних домішок не більше 0,05%. Насоси НМ – відцентрові, одноступінчасті, горизонтальні, спірального типу. Патрубки насосів розміщені в нижній частині корпусу і направлені в різні сторони. Робоче колесо насоса з двостороннім входом забезпечує розвантаження ротора від осьових зусиль. Залишкові осьові зусилля сприймаються радіально-опорними підшипниками. Опорами для ротора є підшипники ковзання, до яких примусово подається масло від централізованої системи мащення і маслоохолодження.

Шифр запису в полі *Q-N*, наприклад НМ-2500-230, означає: НМ – нафтовий магістральний, 2500 – подача (в м³/год) при найбільшому ККД насоса, 230 – диференціальний напір (в м).

Як правило, насосні агрегати з'єднують між собою послідовно. Напір насосної станції, в якій встановлено насоси з подачею до 360 м³/год включно, створюється двома послідовно працюючими агрегатами. При подачі більше 360 м³/год з'єднують на послідовну роботу 3 насосних агрегати.

Деякі технічні характеристики основних і підпірних насосів подані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1- Технічна характеристика основних і підпірних насосів та електродвигунів до них

Насоси					Електродвигуни	
Марка	Подача, м ³ /год	Напір, м	Допустимий кавітаційний запас, м	ККД, %	Марка	Потужність, кВт
Основні						
НМ 125-550	125	550	4	68	Україна-11 -3/2	320
НМ 360-460	360	460	4	75	АЗП-500	500
					АТД-500	500
НМ 500-300	500	300	4,5	78	АЗП-630	630
					АР-500	500
НМ 1250-260	1250	260	20	84	СТД- 1250-2	1250
НМ 2500-230	2500	230	32	86	СТД-2000-2	2000
					СТД-2500-2	2500
НМ 3600-230	3600	230	40	87	СТД-2500-2	2500
					СТД-3200-2	3200
НМ 5000-210	5000	210	40	88	СТД-3200-2	3200
НМ 7000-210	7000	210	52	89	СТД-5000-2	5000
НМ 10000-210	10000	210	65	89	СТД-6300-2	6300
НМ 10000 (на підвищену подачу)	12500	194	89	87	СТД-8000-2	8000
Підпірні						
8НД _В НМ	360-600	28-42	6,5-38	79	МА-36-51/6	100
ННД _{СН}	800-1260	33-42	5	86	А-104-6	160
					МА-35-61-6	160
НМП-2500-74	2500	74	7	85	ДС-1 18/44-6	800
НМП-3600-78	3600	78	5-7	87	ДС-11 8/44-6	800
НМП-5000-115	5000	115	6	83	СДН-1 5-39-6	1600
НМП-5000-115	5000	115	6	83	СДН-2-16-74/6	2000

Для насосів з подачею 2500 м³/год і вище розроблені змінні ротори продуктивністю 0,5 і 0,7 від номінальної $Q_{\text{НОМ}}$. Насос НМ-1250-260 має змінний ротор продуктивністю 900 м³/год, а насос НМ-10000-210 – додатковий змінний ротор продуктивністю 1,25 $Q_{\text{НОМ}}$

В якості підпірних насосів нормального ряду застосовують насоси НМП (П – підпірний). Шифр запису, наприклад НМП-2500-74 означає: НМП – нафтовий магістральний підпірний, 2500 – подача (в м³/год), 74 – напір (в м). Насоси серії НМП випускають на подачу 2500, 3600 і 5000 м³/год . Підпірні насоси розміщують в окремій будівлі, розташованій ближче до резервуарного парку. Інколи підпірну насосну заглиблюють, щоб забезпечити менші втрати напору у всмоктувальній лінії.

В якості підпірних також застосовують вертикальні насоси марок НПВ 1250-60; НПВ 2500-80; НПВ 3600-90 і НПВ 5000-120. Це багатоколісні насоси, які розміщують у металічному або бетонному колодязі. Електродвигун встановлюють на загальному валу над насосом. Насоси можуть бути змонтовані на відкритих майданчиках в безпосередній близькості від резервуарів, в тому числі і підземних, що значно полегшує умови всмоктування.

Конструкція насосних агрегатів забезпечує можливість їх експлуатації на відкритих площадках або під легкими навісами при температурі навколишнього повітря від 223 до 318 К.

При виборі двигуна для привода насоса враховують:

- можливість отримання на майданчику, який відведений під будівництво перекачувальної станції, живлення електродвигунів, сумарна потужність яких сягає 10000-20000 кВт;

- можливість спрощення трансмісії між двигуном та насосом, бажано безпосереднє з'єднання (без редуктора) вала насоса і вала двигуна.

Привід насосів може здійснюватись від газових турбін з вільно-поршневими генераторами газу, стаціонарних газових турбін, двигунів внутрішнього згорання – дизелів, електродвигунів.

Широке використання на об'єктах трубопровідного транспорту набули електродвигуни. В експлуатації перебувають як асинхронні, так і синхронні електродвигуни. В залежності від виконання, електродвигуни можуть бути встановлені в загальній залі з насосами або в приміщенні, відділеному від насосного залу газонепроникною стінкою.

При спільному встановленні в корпусі електродвигуна, виготовленого у вибухонебезпечному виконанні, підтримується надлишковий тиск, який запобігає проникненню всередину корпусу випарів нафти.

Чинний державний стандарт передбачає встановлення на насосних станціях синхронних електродвигунів з метою підвищення $\cos\varphi$ (зниження реактивної потужності).

Потужність двигуна N визначають за формулою:

$$N = (1,05 \div 1,15) \frac{Q\rho gH}{\eta}, \quad (5.1)$$

де Q – подача насоса, м³/год; ρ – густина рідини, т/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – підвищення напору в насосі, м; η – повний коефіцієнт корисної дії насосного агрегата в долях одиниці.

6. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ

До основних параметрів магістрального нафтопроводу відносяться: продуктивність, діаметр, довжина, число нафтоперекачувальних станцій і робочий тиск на них.

Завдання на проектування, складене у відповідності з вимогами [16, 18], повинно також мати:

- 1) назву початкового і кінцевого пунктів магістрального трубопроводу;
- 2) продуктивність нафтопроводу в млн. тон в годину при повному розвитку з вказуванням росту завантаження по етапах;
- 3) перелік нафт (або їх сумішей), що підлягають перекачуванню нафтопроводом, з вказуванням кількості кожного сорту, характеристики нафт (або їх сумішей), включаючи температуру застигання, в'язкість для умов перекачування, пружність парів і густину;
- 4) перелік пунктів здачі нафт з вказуванням об'ємів відпуску по роках (по етапах) і по сортах, а також по величині максимальної витрати;
- 5) умови постачання, прийому;
- 6) рекомендації по організації управління нафтопроводами;
- 7) необхідність зворотнього перекачування.

Для забезпечення заданої продуктивності повинно передбачатися будівництво однієї нитки магістрального нафтопроводу з розвитком його пропускної здатності по чергах за рахунок збільшення числа станцій. В окремих випадках допускається спорудження лупінгів або вставок при їх техніко-економічному обґрунтуванні. Допускається проектування магістрального нафтопроводу з врахуванням наступного укладання другої нитки в наступних випадках:

- 1) задана продуктивність не забезпечується одною ниткою;
- 2) збільшення продуктивності нафтопроводу до границь, вказаних в завданні на проектування, передбачається в строки, які перевищують 8 років і більше;
- 3) пружність парів нафти, яка поступає в резервуарні парки, при заданій продуктивності за рахунок тепловиділень в нафтопроводі перевищує 67 кПа (500 мм рт. ст).

При виборі параметрів магістральних нафтопроводів потрібно керуватися даними, які приведені в табл. 2.5.

Добова розрахункова продуктивність нафтопроводу знаходиться діленням заданої річної продуктивності на розрахункове число робочих днів.

Розрахункове число робочих днів нафтопроводу, що приймаються при проектуванні з врахуванням затрат часу на технічне обслуговування, капітальний ремонт і ліквідацію пошкоджень, а також на відкачування нафти з місткості і їх заповнення, знаходиться за табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахункове число робочих днів магістральних нафтопроводів

Довжина трубопроводу, км	Діаметр нафтопроводу, мм	
	до 820	більше 820
до 250	357	355
більше 250 до 500	356/355	353/351
більше 500 до 700	354/352	351/349
більше 700	352/350	349/345

У числівнику вказані числа для нормальних умов, числа в знаменнику застосовуються при проходженні нафтопроводів у складних умовах (заболочені і гірські ділянки) – не менше 30 % від довжини траси нафтопроводу.

Основні параметри нафтопроводу визначаються виходячи з забезпечення пропускної здатності нафтопроводу при розрахункових значеннях густини і в'язкості. Пропускна здатність нафтопроводу визначається множенням добової продуктивності на коефіцієнт K_n , який враховує можливість перерозподілення потоків у процесі його експлуатації, що приймається за табл.6.2.

Таблиця 6.2 – Коефіцієнт перерозподілу потоків нафти

Ділянка нафтопроводу	K_n
Трубопроводи, що йдуть паралельно з іншими нафтопроводами і утворюють систему	1,05
Однорічкові нафтопроводи, які подають нафту від пунктів добування до системи трубопроводів	1,10
Однорічкові трубопроводи, по яких нафта від системи нафтопроводів подається до нафтопереробного заводу, а також однорічкові нафтопроводи, які з'єднують системи	1,07

Розрахункова в'язкість і розрахункова густина нафти повинні прийматися при мінімальній температурі нафти з врахуванням тепловиділення в нафтопроводі, яке обумовлене тертям потоку і тепловіддачі тепла в ґрунт, при мінімальній температурі ґрунту на глибині осі трубопроводу.

При послідовному перекачуванні нафт число циклів повинно знаходитись на основі техніко-економічних розрахунків. Рекомендується для попередніх розрахунків приймати від 52 до 72 циклів в рік.

Послідовне перекачування нафт потрібно передбачати прямим контактом або із застосуванням розділювачів в залежності від об'єму суміші, що утворилася.

Режим роботи магістральних нафтопроводів неперервний і цілодобовий.

Розрахункове число робочих днів для нафтопроводів, що знаходяться в експлуатації, визначається за нормативами розрахунку продуктивності діючих магістральних нафтопроводів.

У склад лінійної частини магістральних нафтопроводів входять споруди у відповідності з [16], а також пристрої прийому і пуску (пропуску) скребків і блокуючі трубопроводи.

Лінійна частина у відношенні вибору трас, переходів через природні і штучні перешкоди, облаштування захисних споруд, розрахунків нафтопроводів на міцність і стійкість (в тому числі визначення товщини стінок труб), протиерозійних і протизсувних заходів, захисту від корозії, матеріалів і виробів повинна проектуватися у відповідності до СНиП, товщину стінок трубопроводів потрібно визначати у відповідності до розрахункової епюри тиску з врахуванням категорії ділянки.

Розрахункова епюра тиску повинна визначатися по експлуатаційним ділянкам нафтопроводу між сусідніми станціями з місткістю. Епюра тиску повинна будуватися із умови подавання нафти від кожної проміжної НПС на НПС з місткістю наступної експлуатаційної ділянки при максимальному робочому тиску, який відповідає максимальній добовій продуктивності.

Визначення категорій ділянок нафтопроводів проводиться по [16].

Для зменшення витрати металу, особливо для нафтопроводів діаметром 1020 і 1220 мм, рекомендується застосовувати дуже міцні труби – межа міцності не нижче 588 МПа (60 кгс/мм²).

Запірну арматуру потрібно встановлювати через 15 – 20 км. Встановлення запірної арматури потрібно передбачати по рельєфу місцевості таким чином, щоб розливання нафти у випадку можливої аварії нафтопроводу було мінімальним. Встановлення повинно бути безкритичне.

Для зручності випробовувань і повторних випробовувань нафтопроводів розстановку запірної арматури потрібно, як правило, проводити на границях зміни товщини стінок ділянок нафтопроводів великої довжини.

Запірна арматура на трасі нафтопроводів повинна мати привід і прилади системи керування, що забезпечують можливість місцевого і дистанційного керування.

На магістральному нафтопроводі з обох сторін запірної арматури повинно бути передбачено встановлення манометрів.

На магістральних нафтопроводах повинні передбачатися пристрої приймання і пуску скребка для очищення трубопроводу в період експлуатації, котрі потрібно використовувати також для приймання і пуску розділювачів при послідовному перекачуванні і засобів діагностики.

Пристрої приймання і пуску скребка нафтопроводів розміщуються на відстані один від одного 300 км і, як правило, суміщаються з НПС. Пристрої приймання і пуску скребка повинні передбачатися також на лупінгах і резервних нитках довжиною більше 3 км і на відводах довжиною більше 5 км.

Схеми пристроїв приймання і пуску скребка в залежності від їх розміщення на нафтопроводі повинні забезпечувати різні варіанти

технологічних операцій: пропускання, приймання і пуск, тільки пуск або тільки приймання скребка.

Схеми пристроїв повинні передбачати можливість здійснення перекачування нафти нафтопроводом без зупинки НПС у процесі очищення нафтопроводу.

У склад пристроїв приймання і пуску входять:

- 1) камери приймання і запуску очисних пристроїв;
- 2) трубопроводи, арматура і з'єднувальні деталі;
- 3) місткість для дренажу нафти з камер приймання і пуску;
- 4) механізми для видалення, переміщення і припасовки очисних пристроїв;
- 5) сигналізатори проходження очисних пристроїв;
- 6) прилади контролю тиску.

При значному перепаді висот на магістральних нафтопроводах повинні передбачатися станції захисту для запобігання підвищення тиску в трубопроводі вище робочого і станції дроселювання на зворотних схилах для запобігання потоку з неповним перерізом.

Для технічного обслуговування, а також аварійно-відновлювального ремонту споруд лінійної частини нафтопроводів, контролю за виконанням правил їх охорони і роботи в охоронній зоні передбачаються аварійно-відновлювальні пункти (АВП), які розміщені при НПС нафтопроводів.

Один АВП обслуговує в звичайних умовах і пустинях ділянку траси нафтопроводу довжиною (200 – 250) км, а в районах з ділянками траси, які проходять по болотах або рисових полях – (80 – 100) км.

При відсутності проїздів по трасі технічне обслуговування і нагляд за магістральним нафтопроводом і спорудами на трасі повинно передбачатися з допомогою повітряного транспорту або високопрохідної техніки.

На складних ділянках траси для контролю за станом нафтопроводу можуть передбачатися будинки лінійних ремонтерів (жилий дім з надвірними прибудовами), котрі повинні розміщуватися в районі встановлення лінійних засувки, як правило, поблизу населених пунктів. Ділянка обслуговування одного ремонтера встановлюється в межах (15 – 20) км в залежності від доступності траси, обумовленої рельєфом місцевості, розміщенням доріг, заболоченістю, наявністю природних і штучних перешкод. Ділянка обслуговування не залежить від числа паралельних ниток трубопроводів.

Для ділянок магістральних нафтопроводів, що прокладені через болота, об'єм аварійного запасу труб повинен складати 0,3% від їх довжини, для інших ділянок – 0,1% від їх довжини. Зберігання аварійного запасу труб повинно передбачатися на площадках НПС, пунктах обігріву, біля будинків лінійних ремонтерів або пунктів нагляду.

7. ВИМОГИ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДО НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ І НАЛИВНИХ СТАНЦІЙ

Головна перекачувальна станція магістрального нафтопроводу призначена для прийому нафти і установок підготовки нафти і перекачування її з ємностей в магістральний нафтопровід.

У склад технологічних споруд головної перекачувальної станції входять: резервуарний парк, підпірна насосна, вузол обліку, магістральна насосна, вузол регулювання тиску, фільтри-брудодуловлювачі, вузли із запобіжними пристроями, а також технологічні трубопроводи.

Проміжні перекачувальні насосні призначаються для підвищення тиску в магістральному нафтопроводі при перекачуванні нафти. У склад технологічних споруд проміжної станції входять: магістральна насосна; фільтри-брудодуловлювачі, вузол регулювання тиску, система згладжування хвиль тиску (СЗХТ), а також технологічні трубопроводи.

Наливні станції призначаються для прийому нафти із магістрального нафтопроводу в ємність і наливу її в залізничні цистерни. У склад технологічних споруд наливної станції входять: резервуарний парк, наливна насосна, залізничні наливні пристрої, трубопроводи, фільтри, вузли із запобіжними пристроями і вузли обліку.

На магістральних нафтопроводах великої протяжності повинна передбачатися організація експлуатаційних ділянок, протяжністю від 400 до 600 км, які забезпечують незалежну роботу нафтоперекачувальних станцій по схемі "з насоса в насос", без використання ємності.

На початкових нафтоперекачувальних станціях експлуатаційних ділянок повинна передбачатися ємність. Ємність встановлюється також на нафтоперекачувальних станціях, де належить здійснювати прийом нафти з супутніх промислів або перерозподіл її вантажопотоків у системі нафтопроводів. Склад технологічних споруд таких нафтоперекачувальних станцій аналогічний головним.

Розстановка НПС повинна проводитись по можливості з врахуванням рівномірного розподілу тиску по всіх нафтопроводах.

НПС повинні розташовуватися, як правило, після переходу великих рік, на майданчиках із сприятливими топогеологічними умовами, а також якомога ближче до населених пунктів, залізничних та шосейних доріг, джерел енергопостачання, водопостачання, каналізації та інших подібних споруд.

Головні нафтоперекачувальні станції, які знаходяться на початку магістральних нафтопроводів, рекомендується, якщо це не суперечить спеціальним нормам, розташовувати на майданчиках центральних пунктів підготовки нафти, поблизу резервуарних парків з використанням їх ємності, систем енергопостачання, водопостачання, каналізації та інших подібних споруд.

При паралельному прокладанні нафтопроводу, який проектується, з магістральними нафтопроводами, які будуються або є діючими, НПС цього

нафтопроводу повинні бути, як правило, суміщені з НПС нафтопроводів, які будуються або вже діють.

Підключення нафтопроводів до магістральних нафтопроводів повинне виконуватися тільки на НПС з ємністю, врізка промислових нафтопроводів у магістральні нафтопроводи не допускається.

Всі НПС на ділянках магістрального нафтопроводу з одною і тою ж продуктивністю повинні бути, як правило, обладнані однотипним обладнанням.

Для перекачування нафт по магістральних нафтопроводах повинні, як правило, застосовуватись спеціальні насоси по [12]. У випадку, коли розрахункова продуктивність може бути забезпечена насосами з роторами на різну подачу, повинен вибиратися, як правило, ротор на меншу подачу.

На період експлуатації магістральних нафтопроводів до спорудження всіх НПС повинні передбачатись змінні ротори для магістральних насосів.

Напір відцентрових насосів повинен прийматися у відповідності з потрібним тиском на НПС, як для умов забезпечення заданої продуктивності, так і для умов забезпечення максимальної добової продуктивності нафтопроводу. Створення напору повинно забезпечуватись застосуванням змінних роторів та їх обрізанням. Характеристики змінних роторів приймаються за даними заводу-виготовлювача.

Число відцентрових насосів, які працюють в кожній магістральній насосній станції, повинне визначатись, виходячи із розрахункового робочого тиску насосної, характеристики насоса, характеристик перекачуваних нафт, режиму перекачування.

На кожен групу насосів, при числі робочих насосів до трьох, повинна передбачатися установка одного резервного насоса. При числі робочих насосів від чотирьох до шести – два резервних насоси.

Робота всіх нафтоперекачувальних насосних за схемою з "насоса в насос" без використання ємності повинна передбачатися в межах експлуатаційних ділянок довжиною до 600 км.

Допускається скорочення цієї відстані при гірському рельєфі.

На НПС з ємністю для подачі перекачувальної нафти до основних насосів, якщо вони не мають відповідного кавітаційного запасу, повинне бути передбачене встановлення підпірних насосів. Підпірні насоси повинні бути, як правило, вертикального виконання.

У групі до чотирьох насосів повинен передбачатися один резервний насос.

На вихідних лініях підпірних насосів до магістральних насосів повинна встановлюватись арматура і обладнання, розраховані на тиск не нижчий 2,5 МПа (25 кгс/см²).

На НПС з ємністю повинна передбачатися установка вузлів із запобіжними пристроями (прямої дії) для захисту від підвищення тиску в комунікаціях резервуарного парку і магістрального нафтопроводу, а також комунікацій та обладнання між підпірною і магістральною насосними.

Один вузол повинен встановлюватись на прийомних трубопроводах резервуарного парку, а другий – між підпірною та магістральною насосними.

Число робочих пристроїв для першого вузла розраховується на максимальну витрату нафти по трубопроводу, а для другого вузла – на 70% максимальної витрати через НПС. На кожному вузлі слід передбачати не менше 30% резервних запобіжних пристроїв від кількості робочих.

До і після кожного запобіжного пристрою слід встановлювати відмикаючі засувки з ручним приводом. У проекті слід вказати, що ці засувки повинні бути опломбовані в закритому положенні.

Для випорожнення технологічних трубопроводів і обладнання повинні передбачатись самопливні дренажні трубопроводи із скидом нафти в заглиблені ємності.

На ділянці трубопроводу після магістральної насосної до вузла регулювання повинен бути встановлений швидкодіючий зворотний клапан (без демпфера).

Для підтримання заданих величин тисків (мінімального на вході і максимального на виході магістральної насосної) повинно передбачатись регулювання тиску методом дроселювання.

Вузол регулювання повинен складатись не менше, ніж із двох регулюючих пристроїв довжиною не менше 5 діаметрів.

У відповідності до СНиП 2.05.06-85 на проміжних НПС магістральних нафтопроводів діаметром 720 мм і вище повинні передбачатись системи згладжування хвиль підвищеного тиску(СЗХВТ). При застосуванні СЗХВТ на нафтопроводах меншого діаметра обґрунтовується розрахунками.

При появі хвиль тиску СЗХВТ повинна забезпечувати скидання частини потоку нафти із прийомної лінії магістральної насосної в резервуари-збірники.

СЗХВТ повинна спрацьовувати при підвищенні тиску в нафтопроводі на величину не більше 0,3 МПа, яке проходить зі швидкістю вище 0,3 МПа/с. Подальше підвищення тиску в залежності від настроювання СЗХВТ повинно проходити плавно зі швидкістю від 10 кПа/с до 30 кПа/с. Початкова величина підвищення тиску і швидкість підвищення тиску СЗХВТ повинні настроюватись плавно або ступінчасто.

СЗХВТ повинна мати не менше двох виконавчих механізмів.

СЗХВТ повинна встановлюватись на байпасі прийомної лінії НПС після фільтрів-брудоуловлювачів з установкою двох засувок з електроприводом, які відмикають СЗХВТ від прийомної лінії НПС. Діаметр байпасного трубопроводу вибирається так, щоб площа його перерізу була не менше половини площі перерізу прийомної лінії.

До і після виконавчих органів СЗХВТ повинне передбачатись встановлення засувок з ручним приводом. Засувки повинні бути опломбовані у відкритому положенні.

При підвищенні рівня в резервуарі-збірнику до аварійного слід передбачати відмикання всіх магістральних насосних агрегатів, а потім відмикання від магістрального нафтопроводу СЗХВТ.

Технологічна схема нафтоперекачувальної станції з ємністю повинна забезпечувати можливість роботи за схемою "з насоса в насос", при цьому

необхідно передбачати зниження максимального робочого тиску на попередній НПС.

Технологічна схема НПС, як правило, повинна забезпечувати можливість паралельно-послідовної роботи магістральних насосів, з врахуванням наявності або перспективи будівництва паралельних нафтопроводів.

Надземні ділянки трубопроводів НПС, які відключаються, повинні мати захист від підвищення тиску внаслідок коливань температури.

Запірна арматура (засувки, зворотні клапани) з кінцями під приварку повинна встановлюватись, як правило, в землі; фланцева – наземно. Допускається установка запірної арматури в землі з дотриманням спеціальних заходів для захисту арматури від ґрунтової корозії.

Випробування трубопровідної обв'язки магістральних насосних агрегатів повинне, як правило, передбачатися спільно з насосами з врахуванням обмежень заводів-виготовлювачів обладнання, арматури і труб.

Для привода насосних агрегатів повинні, як правило застосовуватися електродвигуни у виконанні, яке дозволяє їх встановлення в загальному залі з насосами, так і в окремому залі за протипожежною стінкою (перегородкою) або на відкритих площадках.

На НПС з ємністю можуть передбачатися лабораторії для виконання аналізів перекачувальної нафти.

Сумарний корисний об'єм резервуарних парків нафтопроводу, по якому не передбачається послідовне перекачування, повинен прийматися не менше розмірів, які вказані в табл. 7.1 (в одиницях розрахункової добової продуктивності).

Таблиця 7.1 – Корисний об'єм резервуарних парків нафтопроводів

Протяжність нафтопроводу (ділянки), км	Діаметр нафтопроводу, мм			
	630 і менше	720, 820	1020	1220
до 200	1,5	2	2	2
вище 200 – 400	2	2,5	2,5	2,5
вище 400 – 600	2,5	2,5/3	2,5/3	2,5/3
вище 600 – 800	3	3/3,5	3/4	3,5/4,5
вище 800 – 1000	3/3,5	3/4	3,5/4,5	3,5/5

Примітка:

1) Цифри в чисельнику і знаменнику відповідають умовам проходження траси, приведеним в поясненні до табл. 7.1

2) При протяжності нафтопроводу вище 1000 км до розміру ємності, який приведений в таблиці, додається об'єм резервуарного парку дільниці, яка відповідає довжині залишку.

3) Ємність резервуарного парку кінцевого пункту визначається проектом у межах вказаної сумарної ємності парку. Корисний (фактичний) об'єм резервуарних парків визначається за табл. 7.1 з врахуванням коефіцієнта

використання ємності, який враховує не використовувані зони і технологічний залишок (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 - Корисний об'єм резервуарних парків

Тип резервуару	Коефіцієнт використання ємності
Вертикальний металевий (5-10) тис.м ³ без понтона	0,76
Те ж, з понтоном	0,72
Вертикальний металевий (20-50) тис. м ³ з понтоном	0,79
Те ж, з плаваючою покрівлею	0,83
Залізобетонний заглиблений (10-50) тис.м ³	0,72

Сумарний корисний об'єм резервуарних парків нафтопроводу орієнтовно розподіляється наступним чином:

- головна нафтоперекачувальна станція магістрального нафтопроводу, у випадку перекачування одного сорту нафти повинна мати ємність в розмірі від дводобової до тридобової продуктивності нафтопроводу;

- на НПС з ємностями, які розташовані на межах експлуатаційних діляниць, де потрібне забезпечення незалежності роботи насосного обладнання, повинна бути передбачена місткість в розмірі 0,3 – 0,5 добової продуктивності нафтопроводу. Ця місткість повинна бути збільшена до 1,0 – 1,5 добового запасу у випадку забезпечення необхідності виконання прийомно-здаточних операцій;

- на НПС з місткістю, яка розміщена на розгалуженні магістральних нафтопроводів, а також у місцях їх з'єднання, повинна передбачатись місткість в розмірі 1,0 – 1,5 добової продуктивності трубопроводу більшої продуктивності. Допускається збільшення розмірів місткості на цих станціях до меж, що вимагаються за розрахунками при послідовному перекачуванні нафт.

Розподіл об'ємів парків в межах нафтопроводу (ділянки) може коректуватися з умови забезпечення незалежної роботи окремих експлуатаційних діляниць при технічному обслуговуванні НПС і нафтопроводу, створення місткості на кінцевих пунктах, а також з врахуванням максимального скорочення часу простою нафтопроводу.

При декількох паралельних нафтопроводах сумарний польовий розмір місткості повинен визначатися від добової продуктивності кожного нафтопроводу.

При послідовному перекачуванні нафт об'єм резервуарних парків кожної НПС з місткістю і кінцевого пункту визначається розмірами накопичення кожного сорту у відповідності з прийнятою в проекті циклічністю перекачування.

Для скорочення втрат нафти повинні застосовуватися, як правило, резервуари з плаваючим дахом або з понтоном, застосування інших типів резервуарів вимагає виконання техніко-економічного обґрунтування ефективності їх використання.

Підігрівання нафти, у випадку необхідності, повинно проводитись, як правило, із застосуванням рециркуляційних систем з підігрівом в теплообмінних апаратах або в печах.

При транспортуванні нафт, для яких потрібне підігрівання, необхідно розглядати питання застосування теплової ізоляції резервуарів і трубопроводів з метою зменшення втрат тепла. Ізоляція повинна бути такою, що не горить, тип ізоляції встановлюється проектом.

Обладнання резервуарів повинно забезпечувати технологічні операції з наповнення і випорожнення їх від нафти, захист від розповсюдження пожежі, гасіння пожежі. При необхідності, на прийомно-роздавальних патрубках повинні передбачатися компенсатори для зниження зусиль, що передаються технологічними трубопроводами на резервуари.

У резервуарах для нафти, з метою ліквідації накопичення на днищі парафіну із іншими відкладеннями та їх вилучення, повинні встановлюватися, як правило, розмиваючі головки або гвинтові мішалки.

Схеми технологічних трубопроводів резервуарних парків повинні забезпечувати спорожнення резервуарів з допомогою підірних насосів і технологічних трубопроводів з допомогою зачисного насоса.

8. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ І РЕЖИМИ РОБОТИ НАФТОПРОВОДУ

Гідравлічними розрахунками визначаються робочий тиск на нафтоперекачувальній станції з врахуванням гідравлічних втрат, різниці геодезичних відміток, а також характеристики насосних агрегатів.

Гідравлічні розрахунки проводяться, виходячи з пропускної здатності нафтопроводу, розрахункових фізичних характеристик рідини, що перекачується, і розрахункового діаметра.

Розрахунковий діаметр D_p нафтопроводу визначається за формулою

$$D_p = k_{до} \cdot D, \quad (8.1)$$

де D – номінальний внутрішній діаметр труб, який приймається по найменшій товщині стінки, мм; $k_{до}$ – коефіцієнт (табл.8.1), який враховує запарафінування перерізу між моментами пропускання очисних пристроїв при умовах оптимальної періодичності очищення, а також телескопічність розкладки труб.

Таблиця 8.1 – Значення коефіцієнта $k_{до}$

Діаметр нафтопроводу	$k_{до}$
До 820	0,98
1020	0,985
1220	0,99

При перекачуванні різних сортів нафт в розрахунках приймається максимальне значення в'язкості нафти, що перекачується.

У розрахунках гідравлічних втрат коефіцієнт гідравлічного опору повинен визначатися в залежності від числа Рейнольдса (Re):

при числах Re менше 2000 за формулою:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (8.2)$$

при числі Re від 2000 до 2800 за формулою:

$$\lambda = (0,16Re - 13) \cdot 10^4, \quad (8.3)$$

при числі Re від 2800 до Re_1 за формулою:

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}, \quad (8.4)$$

при числі Re_1 від Re_2 до Re_2 за формулою:

$$\lambda = B + \frac{1.7}{Re^{0.5}}, \quad (8.5)$$

Граничні значення Re_1 , Re_2 і значення B приведені в табл. 8.2.

Число Рейнольдса визначається формулою

$$Re = \frac{VD_p}{\nu}$$

де V – швидкість руху нафти в трубопроводі; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Гідралічні втрати визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха

$$h = \lambda \frac{L}{D_p} \frac{v^2}{2g}$$

де L – довжина трубопроводу; g – прискорення вільного падіння.

$$V = \frac{4Q}{\pi D_p^2}$$

де Q – об'ємна витрата нафти в трубопроводі.

Таблиця 8.2 – Числові значення величин Re_1 , Re_2 і B

Зовнішній діаметр, мм	$Re_1 \cdot 10^{-3}$	$Re_2 \cdot 10^{-3}$	$B \cdot 10^4$
219	13	1000	157
273	16	1200	151
325	18	1600	147
377	28	1800	143
426	56	2500	134
530	73	3200	130
630	90	3900	126
720	100	4500	124
820	110	5000	123
920	115	5500	122
1020	120	6000	121
1220	125	6800	120

У таблиці приведені дані при наступних величинах шорсткості труб: для труб діаметром до 377 мм включно прийнята середня абсолютна шорсткість – 0,125 мм; для труб великого діаметру – 0,100 мм.

При числах Re , більших за вказані в табл. 8.2, (в квадратичній зоні) значення коефіцієнта гідралічного опору залишається постійним.

При розрахунках приймальних нафтопроводів повинна проводитись перевірка нерозривності струменя з врахуванням пружності парів при максимальній температурі рідини, що перекачується.

Розрахунок проводиться за відомчими керівними документами.

Об'єм суміші, яка утворюється у трубопроводі при послідовному перекачуванні нафт, визначається розрахунком.

При послідовному перекачуванні на НПС з ємністю і на наливних станціях магістральних нафтопроводів повинні передбачатися прилади для контролю складу нафт.

Режим послідовного перекачування слід передбачати при обов'язковому відключенні резервних ниток трубопроводу. На трубопроводах, призначених для послідовного перекачування нафт, спорудження лупінгів не допускається.

9. ВИМОГИ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДО МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ

9.1. Загальні відомості

Згідно норм проектування [16] до складу магістрального газопроводу входять:

- лінійні споруди;
- компресорні станції;
- газорозподільні станції;
- пункти вимірювання витрати газу;
- станції охолодження газу (при необхідності);

Магістральні газопроводи проектуються для транспортування природного газу або побічного нафтового газу. Параметри побічного нафтового газу, який транспортується магістральними нафтопроводами приймаються із врахуванням запобігання випаданню конденсату в газопроводі.

Об'єкти магістральних газопроводів проектуються, як правило, у блочно-комплектному виконанні. Розрахунок і вибір сталевих труб і з'єднувальних деталей для технологічних трубопроводів газу і рідких вуглеводнів виконується у відповідності з вимогами [11].

9.2 Лінійні споруди

До складу лінійних споруд магістрального газопроводу входять:

- газопровід з відводами і лупінгами;
- переходи через природні та штучні перешкоди;
- перемички;
- вузли редукування;
- вузли очищення газопроводу;
- вузли збирання продуктів очищення порожнини газопроводу;
- вузли підключення компресорних станцій;
- запірні арматури;
- система електропостачання лінійних споживачів;
- пристрої контролю та автоматизації;
- система телемеханізації;
- система оперативно-технологічного зв'язку;
- система електрохімічного захисту;
- будівлі та споруди для обслуговування лінійної частини (дороги, гелікоптерні майданчики, будинки лінійних обхідників і т.п.)

Відстань між трубами багатониткових газопроводів регламентуються вимогами [16]. Для забезпечення максимальних значень коефіцієнта гідравлічної ефективності передбачається періодичне очищення порожнини газопроводу, як правило, без припинення подачі газу. Для скорочення часу ремонтно-відновлювальних робіт створюється аварійний запас обладнання, труб і матеріалів. Для обслуговування газопроводу в проекті передбачаються

споруди для забезпечення проїзду вздовж траси і під'їзду до неї (мости, водоперепускні труби і т.д.). Облаштування майданчиків для посадки гелікоптерів біля лінійних кранів обґрунтовується проектом.

У важкодоступних районах, які визначаються гідрогеологічними умовами, при прокладанні в одному технічному коридорі двох чи більше магістральних газопроводів в проекті передбачається вздовжтрасова дорога, яка має діяти цілий рік або гелікоптерно-літакове обслуговування (з будівництвом аеродромів). Необхідність спорудження доріг і будівництва аеродромів (або гелікоптерних майданчиків) обов'язково обґрунтовується в проекті.

Для запобігання гідратоутворення в початковий період експлуатації при безкомпресорній подачі газу передбачаються пристрої для заливання метанолу на виході з кожної компресорної станції (біля вузла очищення газопроводу) та біля лінійної засувки або перемички посеред ділянки між компресорними станціями. Склади метанолу розташовуються на майданчиках компресорної станції. Кількість складів на газопроводі визначаються проектом у залежності від місцевих умов.

Вузли лінійної запірної арматури, споруди катодного захисту, підсилювальні пункти кабельного або радіорелейного технологічного зв'язку, а також контрольні пункти телемеханіки передбачаються, як правило, суміщеними.

Для випорожнення ділянок газопроводів при ремонтах та аваріях лінійних споруд на обох кінцях ділянок між запірною арматурою встановлюються продувні свічки. Свічку двох спільних ділянок об'єднують.

На ділянках газопроводів в межах між кранами компресорної станції, що охороняються, та ділянках на віддалі 500 м до входу крану, що охороняється, та після нього на виході компресорної станції передбачається тільки гідравлічне випробування на міцність і перевірку на герметичність.

Діаметри робочих ниток переходу, як правило, приймаються однаковим з діаметром магістрального газопроводу.

При паралельному прокладанні двох чи більше магістральних газопроводів передбачається:

- для газопроводів з однаковим тиском - перемички із запірною арматурою;
- для газопроводів з різним тиском - перемички з вузлами редукування і запобіжними пристроями;
- для пунктів вимірювання, які розміщені до або після КС – перемичку з запірною арматурою до крана, що охороняється, або після цього крана.

Перемички розташовують на віддалі не менше 40 км і не більше 60 км один від одного біля лінійних кранів (до і після кранів), а також до і після компресорних станцій, між кранами, які охороняються.

Мінімально допустиме відношення внутрішнього діаметра перемички до внутрішнього діаметра найменшої з паралельних ниток з'єднаних магістральних газопроводів приймаються рівним не менше 0,7.

9.3. Вузли редукування газу

Вузли редукування газу поділяються на вузли постійної та періодичної дії.

Вузли редукування газу постійної дії призначені для безперервного зниження і регулювання тиску газу. Вузли редукування газу постійної дії встановлюються в місцях подачі газу споживачам.

У складі вузлів редукування газу постійної дії передбачається:

- вузол вимірювання витрати газу (при необхідності);
- регулюючі нитки (робоча і резервна);
- лінія зв'язку і телемеханіки;
- електропостачання.

Вузли редукування газу періодичної дії призначені для передачі газу між газопроводами з різним робочим тиском через перемички біля лінійних кранів при аварійних ситуаціях.

У складі вузлів редукування газу періодичної дії передбачаються:

- трубопровід з регулятором тиску газу і вузлом управління (одна робоча нитка);
- лінія зв'язку і телемеханіки;
- електропостачання.

На трубопроводі з краном-регулятором встановлюють (в напрямі руху газу):

- кран з пневмоприводом;
- регулятор тиску газу;
- запобіжний клапан;
- кран з пневмоприводом.

Діаметри регуляторів тиску газу приймається, як правило, рівним діаметру газопроводу-відводу.

Замість регуляторів тиску газу для вузлів редукування періодичної дії допускається передбачати ручний дроселюючий кран або аналогічний пристрій.

Крани на вході та виході вузлів редукування газу періодичної дії передбачаються з пневмоприводом та автоматичною системою захисту від перевищення тиску. Перед краном на виході вузла редукування газу встановлюють манометр і запобіжний клапан.

Вузли редукування газу розміщують безпосередньо на газопроводі або на перемичці між газопроводами. Відстань від вузла, що проектується, до діючих газопроводів II, III і IV категорій повинно бути не менше 50 м. Вузли редукування газу в межах обмеженого майданчика приймають категорії B за вхідним тиском. Вони обладнуються редукуючими пристроями з місцевим та дистанційним керуванням за датчиками тиску.

Запірні крани мають місцеве та дистанційне керування з районного диспетчерського пункту по каналах телемеханіки.

За допомогою системи телемеханіки диспетчеру передаються:

- сигналізація положення запірних кранів;
- значення тиску до і після вузла редукування;

- значення витрати газу через вузол (при необхідності вимірювання витрати).

Вузол вимірювання витрати газу розміщують до регулюючого органу.

9.4. Вузли очистки газопроводів

Вузли очистки газопроводу призначені для видалення продуктів очистки з порожнини ділянки газопроводу, як правило, при припиненні транспортування газу.

Вузли очистки газопроводу, в залежності від взаємного розташування компресорних станцій та переходів через природні та штучні перешкоди, а також відношення діаметрів газопроводу та робочої нитки переходу забезпечують:

- прийом та запуск очисних пристроїв;
- тільки прийом очисних пристроїв;
- тільки запуск очисних пристроїв;
- транзитний перепуск очисних пристроїв.

До складу вузлів очистки газопроводу входять:

- камери прийому та запуску очисних пристроїв;
- трубопроводи, арматура та продувочні свічки;
- вузол збирання та відведення продуктів очистки;
- механізми для видалення, переміщення та припасовки очисних пристроїв;
- сигналізатори проходження очисних пристроїв;
- місцевий щит керування вузлом очистки;
- стабілізуючий пристрій для захисту від можливих повздовжніх переміщень газопроводу від дії перепаду температур і внутрішнього тиску.

Вузли очистки газопроводу суміщаються з вузлами підключення компресорних станцій.

На переходах через природні та штучні перешкоди при різному діаметрі робочої нитки переходу і газопроводу передбачається перед переходом - вузол прийому очисних пристроїв та після переходу - вузол запуску. При довжині переходу більше ніж 15 км передбачається очистка усіх ниток переходу.

При характеристиці очисних пристроїв, яка допускає транзитний перепуск їх, повз одну або дві компресорні станції, біля цих компресорних станцій встановлюється замість вузлів прийому та запуску вузли транзитного пропускання очисних пристроїв.

Для контролю положення очисних пристроїв у газопроводі передбачається встановлення сигналізаторів (датчиків) за 1000 м до і після вузла прийому та запуску очисних пристроїв. Сигнали від датчиків виводяться на щит управління вузлом очистки, який встановлюється за місцем, а також на диспетчерський пункт компресорної станції.

На вузлах очистки з камерами прийому та пристроями транзитного перепуску очисних пристроїв передбачаються вузли збирання продуктів очистки порожнини газопроводу. Для видалення продуктів очистки

газопроводу передбачаються підземний колектор-збірник, який виготовляється з таких же труб, як і газопровід на ділянках I категорії.

Об'єм колектора-збірника приймається з розрахунку в залежності від забрудненості газу та встановленого циклу очистки, але не більше:

- 300 м³ - для газопроводів D_y 1000 мм, D_y 1200 мм;
- 500 м³ - для газопроводів D_y 1400 мм.

У колекторі-збірнику передбачається можливість:

- вивітрювання газу;
- перетискування рідини в автоцистерни для вивезення на утилізацію або спалювання;
- перетискування шламу в амбари або автоцистерни для вивезення та наступного знешкодження;
- очистки нижньої частини колектора-збірника;
- відбирання проб для визначення складу продуктів очистки;
- контролювання рівня заповнення.
-

9.5. Запірна арматура

Запірна арматура розміщується на газопроводі у відповідності з вимогами [16].

На запірній арматурі, яка встановлена на газопроводі: лінійній частині та перемичках, на підключеннях магістральних газопроводів та відводах, на нитках багатониткових переходів - як правило, передбачаються автомати аварійного закриття кранів.

Не допускається встановлення автоматів закриття кранів на охоронних кранах компресорної станції, а також на іншій запірній арматурі, розташованій на віддалі менше 150 м в обидві сторони від компресорної станції.

Для оперативного керування запірною арматурою на перемичках відводів, переходах через природні та штучні перешкоди передбачається, як правило, телекерування цією арматурою поряд з автоматами аварійного закриття.

Автоматами аварійного закриття лінійних кранів забезпечується закриття арматури при темпі падіння тиску в газопроводі на (10-15)% протягом від 1 хвилини до 3 хвилин. При відсутності на лінійних кранах автоматів аварійного закриття передбачається телекерування цими кранами. Керування запірною арматурою в межах компресорної станції передбачається дистанційним з приміщення диспетчерського пункту компресорної станції або головного щиту управління цеху.

Дистанційним керуванням обладнуються:

- охоронні крани;
- крани на всмоктувальних та нагнітальних шлейфах станції (цеху);
- кран на обводі станції (цеху);
- кран на продувочних свічках;
- крани на пускових контурах газоперекачувальних агрегатів;

Ця запірна арматура має також керування за місцем.

Керування запірною арматурою на перемичках, відводах, на нитках переходів через природні та штучні перешкоди умовним діаметром 700 мм і більше передбачається з приміщення операторної компресорної станції за допомогою систем телемеханіки або дистанційним (при можливості). За місцем біля арматури є ручне керування.

Біля запірної арматури на лінійній частині передбачаються з обох сторін стояки відбору імпульсного газу з манометрами. Поблизу лінійного крану на трубопроводі встановлюють поверхневий термометр опору для контролю розподілу температур у газопроводі.

При наявності системи телемеханіки передбачається підготовка імпульсного газу, який відбирається з газопроводу, у відповідності з вимогами заводів-виробників апаратури.

Керування запірною арматурою вузла очистки розміщується в блок-боксі, що обігрівається, в мікрокліматичному районі з холодним кліматом, а в інших районах - у шафі, що обігрівається. Блок-бокс або шафа розміщується на майданчику вузла очистки на віддалі не менше 20 метрів від осі газопроводу і не менше 40 метрів від камери прийому в сторону, протилежній напрямку руху газу.

9.6. Електропостачання лінійних споруд

Електропостачання лінійних споруд магістрального газопроводу передбачається від:

- існуючих повітряних ліній електропередач (ПЛ)10(6)кВ, які перетинають трасу газопроводу або, які знаходяться на віддалі, що не перевищує віддаль до сусіднього лінійного споживача, що забезпечений електроенергією;

- вздовж трасової ПЛ напругою 10 (6) кВ;
- автономних джерел.

Допускається здійснювати електроживлення лінійних споруд від ПЛ 0,4 кВ.

Вздовжтрасова ПЛ 10 (6) кВ передбачається при відсутності або низької надійності існуючих джерел живлення, а також для одного технічного коридору, в якому проходить не менше трьох газопроводів. До ПЛ низької надійності відносять лінії, які працюють сезонно або допускають перерви в роботі більше 80 годин один раз за квартал.

Електропостачання установки катодного захисту (УКЗ) за 2-ою категорією надійності передбачається:

- від тих, що знаходяться поблизу траси або перетинаючих її ПЛ 10(6) кВ, які мають резервне живлення;

- живлення кожної УКЗ від незалежного джерела для створення безперервної катодної поляризації на ділянці перетину газопроводу або проходження поблизу неї ліній 3-ї категорії. При цьому безперервна катодна поляризація забезпечується двома або більше сумісно діючих УКЗ. Підключення установок катодної поляризації до ПЛ низької надійності не

допускається. Кожна УКЗ забезпечує захисний потенціал ділянки газопроводу при відмиканні сусідньої УКЗ;

- вздовжтрасова ПЛ 10 (6) кВ з живленням від компресорної станції, влаштуванням пунктів секціонування та автоматичного повторного включення
- при відсутності ПЛ 10 (6) кВ або низької надійності існуючих ПЛ;

- установка катодного захисту з розосередженими вздовж газопроводу анодними заземленнями з живленням перетворювача від джерела на компресорній станції.

Допускається застосування автономних джерел при повній відсутності джерел живлення з обов'язковим резервуванням іншим автономним джерелом або поляризованими установками протекторного захисту.

На вздовжтрасовій ПЛ 10(6) кВ, яка підключається до джерела живлення на компресорних станціях передбачається захист від багатофазних замикань: струменеву відсічку і максимальний струменевий захист. Захист від однофазних замикань на землю передбачається у відповідності з правилами облаштування електроустановок.

9.7. Телемеханізація лінійної частини

При виборі систем лінійної та центральної телемеханіки передбачається обмін між ними необхідною інформацією. Для кожного лінійно-виробничого управління магістрального газопроводу проектується телемеханізація лінійної частини газопроводу в межах даного управління. Телемеханізація лінійних споруд газопроводу проводиться в межах ділянки кожної компресорної станції.

Апаратура диспетчерського пункту телемеханізації лінійних споруд газопроводу розміщується в диспетчерському пункті компресорної станції. При відсутності в лінійно-виробничому управлінні компресорної станції диспетчерський пункт телемеханізації розміщуються в будівлі лінійно-виробничого управління магістральних газопроводів.

Для контролю за роботою засобів електрохімічного захисту передбачають телесигналізація.

Апаратура пунктів, що контролюються, розміщується на кранових майданчиках газопроводів на відстані від найближчого крану не менше, в м:

- 3 - при розміщенні пунктів, що контролюються в шафах з електропостачанням від ПЛ, при цьому відстань до свічок повинна бути не менше 5 м;

- 10 - при розміщенні даних пунктів в приміщеннях з електропідігрівом та електропостачанням від ПЛ;

- 20 - при розміщенні даних пунктів в блок-контейнерах з електропостачанням від теплоелектрогенераторів, які працюють на природному газі.

Для пунктів, що контролюються, з живленням від місцевих джерел електропостачання передбачається резерв електроживлення.

9.8. Електрохімічний захист

На магістральних газопроводах проектується комплексний захист від підземної корозії захисними покриттями та засобами електрохімічного захисту.

У складі системи електрохімічного захисту передбачається встановлення електрохімічного захисту та контрольно-вимірювальні пункти. Для захисту магістральних газопроводів від ґрунтової корозії проектується установка катодного захисту. Установка протекторного захисту проектується, як правило, на окремих ділянках газопроводу. Для захисту силових кабелів, захисних заземлень обладнання і захисних кожухів на промайданчиках КС магістральних газопроводів проектується установки протекторного захисту.

Для захисту магістральних газопроводів від блукаючих струмів встановлюються установки дренажного захисту. Також можуть застосовуватися установки катодного захисту з автоматичним підтриманням захисного потенціалу, а також установки протекторного захисту.

Для усунення шкідливого впливу катодної поляризації споруди, яка захищається, на суміжні комунікації передбачаються:

- спільний електрохімічний захист;
- роздільний електрохімічний захист;
- віддалення анодних заземлень установок захисту від суміжних комунікацій.

При проектуванні спільного електрохімічного захисту встановлюються електричні перемички між захисною та суміжною комунікаціями. Електрична перемичка підключається через блок спільного захисту. Перемички на паралельних трубопроводах проектується тільки в точках дренажу катодних станцій. Анодне заземлення (для усунення його шкідливого впливу) розміщується на віддалі не менше 100 м від суміжних комунікацій.

У місцях зближення до 2 км і (або) перетину джерела блукаючих струмів з магістральним газопроводом зі знакозмінною або анодною зоною проектується установки дренажного захисту. Поляризовані установки дренажного захисту встановлюються при дренаванні блукаючого струму на його джерело - рейкові колії або відвідні шини тягових підстанцій постійного струму.

9.9. Компресорні станції

Компресорні станції призначені для компримування газу, який транспортується по магістральному газопроводу. До складу компресорної станції входять:

- а) технологічні установки:
 - компримування газу;
 - очистки газу;
 - охолодження газу;
 - охолодження масла і води (антифриза) газоперекачувальних агрегатів;
 - підготовки газу паливного, пускового, імпульсного і для власних потреб;
 - постачання повітря;

б) склади:

- паливно-мастильних матеріалів;
- метанолу;
- матеріалів та реагентів;
- обладнання, трубопроводів, арматури і т.п.;

в) системи:

- електропостачання та захисту від блискавки;
- тепlopостачання, утилізації тепла, опалення та вентиляції;
- виробничо-господарського і пожежного водозабезпечення;
- каналізації;
- контролю та управління;
- телефонного зв'язку, радіофікації, годинникофікації;
- пожежної та охоронної сигналізації;
- автоматичного пожежогасіння;

г) технологічні комунікації з запірною арматурою;

д) адміністративно-побутові приміщення;

е) підсобно-виробничі приміщення;

є) допоміжні об'єкти.

Основне та допоміжне обладнання, пов'язане з процесом компримування газу, розміщується у виробничій зоні компресорної станції.

Споруди і установки, які обслуговують основне технологічне обладнання (установки та пристрої тепло- і водopостачання, каналізації, зв'язку і т.п.), розміщуються в зоні службово-виробничого комплексу компресорної станції.

На компресорних станціях передбачаються підсобно-виробничі та складські будівлі і споруди, а також адміністративно-побутові приміщення, які забезпечують нормальні умови експлуатації основного обладнання компресорної станції та станції охолодження (при її наявності на майданчику компресорної станції), а також необхідні умови праці обслуговуючого персоналу і персоналу служб централізованого ремонту.

Для проведення технічного обслуговування поточних та аварійних ремонтів газоперекачувальних агрегатів, технологічного обладнання, компресорних станцій передбачаються ремонтно-технічні майстерні та лабораторія-майстерня КВП і автоматики.

Для відключення компресорної станції (цеху) від газопроводу передбачається запірна арматура з дистанційним та місцевим керуванням на всмоктуючих та нагнітальних шлейфах станції (цеху). На кожному нагнітальному шлейфі також встановлюють зворотний клапан. На всмоктувальних і нагнітальних шлейфах компресорної станції (цеху) між арматурою, що відключає, і компресорною станцією (цехом) передбачаються продувні свічки для скидання газу з обладнання і трубопроводів.

При розташуванні компресорних станцій на віддалі понад 700 м від магістральних газопроводів встановлюються додаткові крани на віддалі 250 м від огороження КС.

Для аварійної зупинки КС (цеху) передбачається автоматичне відключення станції (цеху) від газопроводу, скидання газу з обладнання і трубопроводів

станції (цеху), а також зупинок усіх перекачувальних агрегатів. Передбачається також дублювання команди на аварійну зупинку.

Запірна арматура для технологічних трубопроводів газу повинна бути сталевною. Обладнання, труби, арматуру та фітинги на всмоктувальних і нагнітальних лініях компресорних станцій і вузли підключення компресорних станцій розраховують на міцність за максимальним розрахунковим тиском нагнітача.

Газопроводи поза будівлями і установками на майданчиках компресорних станцій, як правило, прокладаються підземним способом. Допускається прокладання газопроводів над землею на низьких опорах. Маслопроводи прокладаються над землею на низьких опорах. Допускається прокладання маслопроводів і в підземних лотках. Маслопроводи прокладаються з теплосупутником і теплоізолюються. Трубопроводи повітря і антифризу прокладаються над землею на низьких опорах. Допускається підземне прокладання трубопроводів повітря і антифризу.

У місцях перетину наземними трубопроводами пішохідних доріжок передбачаються перехідні місточки.

До складу компресорного цеху входять:

- газоперекачувальні агрегати (з трубопровідною обв'язкою, приладами електропостачання, контролю та керування і т.п.);
- зовнішня газова обв'язка відцентрових нагнітачів або поршневих компресорів;
- допоміжні установки та обладнання (масляне господарство, пересувна установка для промивання компресорів і т.п.).

У залежності від конструктивних особливостей газоперекачувальні агрегати в цеху встановлюються в загальних або в індивідуальних будівлях, або в контейнерах.

Вимкнення кожного газоперекачувального агрегату від газових колекторів забезпечується за допомогою запірної апаратури, яка встановлюється поза будівлею (контейнера). Запірна арматура передбачається з автоматичним керуванням від агрегатної системи автоматики, а також з місцевим керуванням.

Для антипомпажного регулювання і функціонування автоматизованих систем управління на кожному газоперекачувальному агрегаті передбачається вимірювання витрати газу через нагнітач. В якості засобів для вимірювання витрати використовуються спеціальні пристрої (усереднюючі напірні патрубки тощо).

Для зниження рівнів звуку і звукового тиску до санітарних норм наземні ділянки всмоктувальних та нагнітальних трубопроводів газової обв'язки відцентрових нагнітачів, пускових контурів і обвідних ліній ізолюються протишумовою ізоляцією.

У компресорних цехах передбачається масляне господарство, яке, як правило, включає:

- маслбак з баками чистого і відпрацьованого масла, насосом подачі чистого масла до агрегатів і насосом відкачування відпрацьованого масла на складі паливно-мастильних матеріалів;

- фільтри масла на маслопроводах на вході масла в кожний агрегат;
- лічильники вимірювання витрати масла, що поступає зі складу паливно-мастильних матеріалів у кожний газоперекачувальний агрегат;
- насос відкачування антифризу (води);
- стаціонарні або пересувні маслоочисні машини для очистки масла на агрегатах, які працюють або зупинені.

Масляне господарство компресорного цеху розташовується в окремому приміщенні. При встановленні газоперекачувальних агрегатів в індивідуальних будівлях (контейнерах) масляне господарство розміщується в окремому блоку на складі паливно-мастильних матеріалів. Для багатоцехових компресорних станцій необхідність монтажу двох чи більше окремих масляних господарств визначається в проекті (в залежності від типу встановлених агрегатів, відстані між цехами і складом паливно-мастильних матеріалів, кількості цехів і т.п.)

Для запобігання забруднення і ерозії обладнання трубопроводів на вході газу на компресорну станцію передбачається установки очистки газу від твердих та рідких домішок. Очистка газу виконується, як правило, в одну ступінь в брудоуловлювачах. Другу ступінь очистки газу - в фільтрах сепараторах, як правило, передбачають на окремих компресорних станціях з переважним застосуванням фільтрів-сепараторів після ділянок з підвищеною ймовірністю аварій лінійної частини і (або) складними умовами встановлення, а також після підводних переходів довжиною більше 500 м.

Технологічна обв'язка апаратів очистки газу повинна:

- забезпечувати доступ до елементів установки, що обслуговуються (арматури, люків-лазів, фланців, покажчиків рівня, манометрів тощо);
- не допускати попадання газу всередину апаратів при проведенні в них оглядів, ревізій та ремонтних робіт;
- забезпечувати можливість встановлення силових заглушок для проведення гідравлічних випробувань апаратів.

Після компримування газу, як правило, охолоджується. В мікрокліматичному районі з холодним кліматом для ділянок з багатолітніми мерзлими ґрунтами охолодження газу до температури ґрунту слід проводити на станціях охолодження газу, які забезпечують стабільний рівень температури в газопроводі. В інших районах охолодження газу передбачається, як правило, в апаратах повітряного охолодження (АПО). Установка охолодження газу є загальною для всіх перекачувальних агрегатів компресорного цеху і має колекторну схему обв'язки та обвідний трубопровід.

Передбачається також аварійна зупинка компресорної станції при підвищенні температури газу на виході з апаратів повітряного охолодження газу вище $+70\text{ C}^\circ$.

При підвищенні температури газу на виході апаратів повітряного охолодження до $+45\text{ C}^\circ$ подаються попереджувальні сигнали і в автоматичному режимі включаються вентилятори АПО, що знаходяться в резерві.

9.10. Газорозподільні станції

Газорозподільні станції (ГРС) призначені для подачі газу в заданій кількості з заданим тиском, необхідним ступенем очистки та одоризації населеним пунктам, промисловим підприємствам та іншим об'єктам.

До складу ГРС входять:

а) вузли:

- вимкнення станції;
- очищення газу;
- редукування газу;
- блок підігрівання газу (при необхідності);
- вимірювання витрати газу;
- одоризації газу (при необхідності);

б) системи:

- контролю і автоматизації;
- збирання твердих та рідких домішок на установках очистки (при необхідності).

Для різних кліматичних районів, в залежності від середньої температури найбільш холодної п'ятиденки і продуктивності, обладнання ГРС розміщують у відповідності до табл. 9.1

Таблиця 9.1- Способи розміщення устаткування ГРС

Середня температура найбільш холодної п'ятиденки, ° С	Продуктивність, тис.м ³ /год	Розміщення устаткування
до мінус 40 (включно)	від 1 до 20	в шафах
до мінус 40 (включно)	від 20 до 150	вузли редукування, системи контролю і автоматики, операторна - в будівлі, що опалюється (блок-боксі);
до мінус 40 (включно)	від 150 до 300	вузли відключення, очистки, вимірювання витрати палива, одоризації і збирання твердих і рідких домішок, блок підігрівання газу - на відкритому майданчику;
нижче мінус 40	від 1 до 300 і більше	все обладнання в будівлі, що опалюється

На ГРС, які стоять окремо, будівлі передбачаються з системами опалення, вентиляції, електрохімічними пристроями, зв'язком з диспетчером системою телемеханіки (при наявності її на газопроводі); ГРС має лінію електропостачання і пристрій електрохімічного захисту.

Технологічне обладнання ГРС до крану, що відключає, на виході з неї проектується на максимальний робочий тиск підвідного газопроводу.

У вузлі відключення ГРС передбачається:

- крани з пневмоприводом на газопроводах входу і виходу;
- обвід, який з'єднує газопроводи входу і виходу, обладнаний двома ручними кранами – перший за ходом газу – підключаючий, другий – для ручного регулювання, який забезпечує короткочасну подачу газу споживачам обминаючи газорозподільну станцію;
- запобіжні клапани з триходовими кранами на кожному вихідному газопроводі і свічкою для скидання газу;
- ізолюючі фланці на газопроводах на вході і виході для зняття потенціалу катодного захисту.

Вузол відключення розміщується на відстані не менше 10 м від споруди газорозподільної станції.

Очистка газу від твердих і рідких домішок проводиться, як правило, в циклонних пиловловлювачах. Кількість і тип апаратів визначається за паспортними даними і технічними умовами заводу – виробника. В пиловловлювачах передбачається автоматичне зливання рідини в підземний резервуар. Ємність резервуара визначається з умови зливання рідини протягом 10 діб, але не менше 10м³.

Необхідність в складі ГРС блоку підігрівання газу і його типорозмір визначається з умови забезпечення допустимої температури газу на виході із ГРС з врахуванням температури газу на вході і зниження температури газу при його ре дуку ванні.

У залежності від продуктивності газорозподільної станції кількість редуційних ниток приймається за розрахунком, але не менше двох (одна з них резервна). При продуктивності газорозподільної станції більше 100 тис. м³/год може передбачатись додатково лінія постійної витрати, яка містить замість автоматичного регулюючого пристрою ручний кран або інший дроселюючий пристрій. Величина витрати газу лінією постійної витрати рекомендується в межах від 30 до 40 % максимальної пропускної здатності газорозподільної станції.

Автоматичний захист редуційних ниток здійснюється кранами з пневмоприводом або з допомогою контрольних регуляторів.

Редуційні нитки виконуються за наступними схемами (в напрямі руху газу):

- кран з пневмоприводом, регулятор тиску і кран ручний (захист на крані з пневмоприводом);
- кран ручний, два послідовно встановлених регулятори тиску, перший - контрольний, другий - робочий (захист контрольним регулятором);
- кран з пневмоприводом, кран ручний для дроселювання і кран з пневмоприводом (захист кранами з пневмоприводами).

Вузол вимірювання витрати газу, що відпускається споживачам, встановлюється після вузла очистки до вузла редукування.

На період пуску на газорозподільних станціях передбачаються додаткові прилади для вимірювання витрати газу в межах від 10 до 20 % проектної.

Відбір газу на власні потреби передбачається від вихідного газопроводу газорозподільної станції (після одоризації) з редукуванням до 200 мм.в.ст. і вимірюванням його витрати.

Наземні трубопроводи - лінії редукування і витратомірні нитки (при вимірюванні витрати газу після редукування) проектується з віброшумопоглинаючою ізоляцією.

Швидкість газу в трубопроводах газорозподільної станції не повинна перевищувати 25 м/с.

Газ, що подається в населені пункти, необхідно одоризувати. Подача одоранта допускається як з автоматичним, так і з ручним регулюванням. Автоматична одоризація встановлюється, як правило, на виході станції. Газ, що подається промисловим підприємствам і електростанціям, за згодою із споживачем і органами Державного нагляду, не одоризується. Для одоризації газу застосовується етилмеркаптан. Витрата одоранту - не менше 16 г на 1000 м³ газу (при 20°C і 101325 Па).

Автоматичний захист з допомогою кранів з пневмоприводом забезпечує: - вмикання в роботу резервної нитки при недопустимому відхиленні тиску газу на виході робочої нитки;

- вмикання електричної аварійної сигналізації в операторній газорозподільної станції або в будиночку оператора (при домашньому обслуговуванні) при недопустимому відхиленні вихідного тиску газу.

При наявності телемеханіки передбачаються контрольні пункти (КП) системи телемеханіки, які забезпечують:

- телевимірювання тиску, температури газу на вході і виході газорозподільної станції і витрати газу по споживачах;

- телесигналізацію аварії на газорозподільній станції диспетчеру лінійно-виробничого управління магістрального газопроводу і оператору (при домашньому обслуговуванні);

- телесигналізацію контролю роботи станції катодного захисту.

10. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Основою для проектування магістральних трубопроводів є схема розвитку і розміщення газової промисловості, яка визначає напрямки та об'єми транспортування газу [19].

Продуктивністю магістрального газопроводу називається кількість газу, що поступає в газопровід за рік (млрд. м³/рік, при 293,15К і 0,1013 МПа).

Слід розрізняти задану і проектну продуктивність магістрального газопроводу.

При проектуванні магістрального газопроводу повинне проводитись техніко-економічне співставлення різних технологічних варіантів транспортування газу з метою вибору оптимального варіанта.

При виконанні гідравлічних розрахунків у залежності від призначення магістральних газопроводів і степені нерівномірності транспортування газу вони поділяються на:

- базові,
- розподільні,
- маневрові,
- відводи.

Базовими називаються магістральні газопроводи, які призначені для транспортування газу із районів його видобування в райони споживання або передачі в інші газопроводи.

Розподільними газопроводами називаються газопроводи для подачі газу із газопроводів у відводи або окремим великим споживачам.

Маневровими газопроводами називаються магістральні газопроводи з підвищеною нерівномірністю або реверсивним характером транспортування газу (газопроводи-перемички, пікові газопроводи, підвідні газопроводи ПСГ і т.п.).

Відводами називаються магістральні газопроводи, які призначені для подачі газу від розподільних або базових газопроводів до міст, населених пунктів і окремих великих споживачів, і працюють в режимі годинної нерівномірності, яка викликана нерівномірністю відбирання газу споживачами.

10.1 Визначення пропускної здатності і продуктивності магістральних газопроводів

Продуктивність магістрального газопроводу, яка відповідає оптимальному технологічному варіанту, називається проектною.

Пропускною здатністю магістрального газопроводу називається кількість газу, яка може бути передана газопроводом в добу при стаціонарному режимі, максимально можливому використанні потужності газоперекачувальних агрегатів і прийнятих розрахункових параметрах (робочий тиск, коефіцієнт гідравлічної ефективності, температура навколишнього повітря і ґрунту, температура охолодження газу і т.п.).

Слід розрізняти оцінювальну і проектну пропускну здатність магістральних газопроводів.

Оцінювальною пропускну здатністю магістрального газопроводу називається орієнтовне значення пропускну здатності, яке визначається в початковій стадії проектування газопроводу для наступного розрахунку можливих технологічних варіантів транспорту газу.

Проектною пропускну здатністю магістрального газопроводу називається пропускну здатність, яка відповідає оптимальному технологічному варіанту.

Оцінювальну пропускну здатність базових магістральних трубопроводів слід знаходити за формулою

$$q_0 = \frac{Q_3 \cdot 10^3}{365 \cdot K_H^0} \text{ (млн. м}^3\text{/добу при 293,15 К і 0,1013 МПа),} \quad (10.1)$$

де Q_3 – задана продуктивність магістрального газопроводу (млрд. м³/рік при 293,15К і 0,1013 МПа);

K_H^0 – оцінювальний коефіцієнт використання пропускну здатності.

Коефіцієнт K_H^0 визначається за формулою

$$K_H^0 = K_{PO} \cdot K_{ET} \cdot K_{HD}, \quad (10.2)$$

де K_{PO} – коефіцієнт розрахункової забезпеченості газопостачання споживачів, який відображає необхідність збільшення пропускну здатності газопроводу для забезпечення газопостачання споживачів в періоди підвищеного попиту на газ. Підвищений попит на газ може бути обумовлений похолоданнями протягом опалювального сезону (пониженням температури зовнішнього повітря відносно середньомісячних багаторічних значень), а також можливим випередженням потреби народного господарства в газі порівняно з прогнозом. Слід приймати $K_{PO}=0,95$; K_{ET} – коефіцієнт екстремальних температур, який враховує необхідність компенсації пониження пропускну здатності газопроводу, яке пов'язане із впливом екстремально високих температур зовнішнього повітря (що перевищують середньомісячні багаторічні значення) на наявну потужність газоперекачувальних агрегатів і глибину охолодження газу, який транспортується, апаратами повітряного охолодження. Слід приймати $K_{ET} = 0,98$; K_{HD} – оцінювальний коефіцієнт надійності газопроводу, який враховує необхідність компенсації зниження пропускну здатності газопроводу при відмовах лінійних ділянок і устаткування компресорних станцій.

Значення коефіцієнта K_{HD} потрібно приймати згідно табл. 10.1.

Оцінювальна пропускну здатність розподільних і маневрових магістральних газопроводів визначається для періоду максимальної подачі газу

$$q_0 = \frac{q_{МАКС}}{K_H^0} \text{ (млн. м}^3\text{/добу при 293,15 К і 0,1013 МПа),} \quad (10.3)$$

де $q_{\text{МАКС}}$ – середня добова кількість, що поступає в газопровід за період максимальної подачі газу.

Таблиця 10.1- Оцінювальні коефіцієнти надійності магістральних газопроводів

Довжина трубопроводу, км	Тип газоперекачувальних агрегатів				
	з газотурбінним і електричним приводом				ГМК
	Діаметр газопроводу, мм				
	1420	1220	1020	820	820
500	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1000	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98
1500	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
2000	0,96	0,97	0,97	0,98	0,96
2500	0,95	0,96	0,97	0,97	0,95
3000	0,94	0,95	0,96	0,97	0,94

Оцінювальна пропускна здатність відводів визначається за формулою

$$q_0 = \frac{24 \cdot Q_{\text{МЧ}} \cdot 10^{-6}}{K_{\text{Н}}^0} \text{ (млн. м}^3\text{/добу при 293,15 К і 0,1013 МПа),} \quad (10.4)$$

де $Q_{\text{МЧ}}$ – максимальне годинне споживання газу ($\text{м}^3\text{/год}$), що визначається за суміщенням графіком газоспоживання всіма споживачами, які розміщені після лінійної ділянки, що розраховується. Коефіцієнт використання пропускної здатності для відводів визначається за формулою

$$K_{\text{Н}}^0 = K_{\text{РО}} \cdot K_{\text{НД}}. \quad (10.5)$$

При цьому необхідно приймати $K_{\text{РО}} = 0,95$, $K_{\text{НД}} = 0,99$.

Розрахунок технологічних варіантів транспортування газу проводиться:

- для базових газопроводів – за оцінювальною пропускною здатністю, яка знайдена за формулою (9.1), при середньорічній температурі навколишнього середовища (зовнішнє повітря і ґрунт);

- для розподільних і маневрових газопроводів і відводів за оцінювальною пропускною здатністю для періоду максимальної подачі газу, яка знайдена за формулою (9.3) і (9.4), при середній для вказаного періоду температурі навколишнього середовища і ґрунту.

Проектна продуктивність базових і розподільних магістральних газопроводів визначається за формулою

$$Q_{\Pi} = K_{\text{H}} \cdot \sum_{i=1}^n (q_i \cdot \tau_i) \cdot 10^{-3} \text{ (млн. м}^3\text{/добу при 293,15 К і 0,1013 МПа)}, \quad (10.6)$$

де q_i – пропускна здатність магістрального газопроводу в i -тому розрахунковому періоді; τ_i – число днів в i -тому розрахунковому періоді; K_{H} – коефіцієнт використання пропускної здатності магістрального газопроводу.

Для базових, розподільних і маневрових газопроводів в якості розрахункового періоду потрібно приймати місяць ($n = 12$). Для розподільних і маневрових газопроводів допускається в якості розрахункового періоду приймати квартал ($n = 4$).

Для відводів проектна продуктивність не визначається. Коефіцієнт використання пропускної здатності K_{H} визначається за формулою

$$K_{\text{H}} = K_{\text{PO}} \cdot K_{\text{ET}} \cdot K_{\text{HD}} \quad (9.7)$$

Для базових, розподільних і маневрових газопроводів значення коефіцієнта надійності K_{HD} повинне визначатися за "Методика расчета надежности магистральных газопроводов", М. 1980 р. При визначенні K_{HD} необхідно враховувати повну довжину газопроводу, навіть в тому випадку, якщо проектується його окрема ділянка.

Значення решти коефіцієнтів, що входять в формулу (9.7) приймаються наступними: $K_{\text{PO}} = 0,95$ – для всіх газопроводів, $K_{\text{ET}} = 0,98$ – для базових, розподільних і маневрових газопроводів.

Співвідношення кількості робочих і резервних газоперекачувальних агрегатів (ГПА) на КС однопоточкових газопроводів вибирається згідно таблиці 10.2.

Таблиця 10.2 — Співвідношення між кількістю робочих і резервних ГПА на КС

ГПА з приводом від газової турбіни				ГПА з приводом від електродвигуна				Поршневі газомоторні ГПА	
Тип нагнітачів									
неповнонапірні		повнонапірні		неповнонапірні		повнонапірні		Робоч.	Резерв.
Робоч.	Резерв.	Робоч.	Резерв.	Робоч.	Резерв.	Робоч.	Резерв.		
2	1	2	2*	2	1		1	2-4	1
4	2	3	2*	4	2*	3	1	5-9	2*
6	2	4	2*	6	2	4	2*	10-13	3*
		5	2			5	2		
		6	2			6	2		

Для варіантів оснащення КС, які відмічені в таблиці 9.2 зірочкою, допускається скорочувати число резервних ГПА на одиницю, перш за все в компресорних цехах другої і наступних черг багатопоточкових газопроводів, якщо варіант скороченого резервування обґрунтовано техніко-економічно.

10.2 Гідрравлічний розрахунок ділянки газопроводу

Гідрравлічний розрахунок ділянки газопроводу, на протяжності якого відсутні точки з різницею вертикальних відміток більш ніж 100 м, потрібно виконувати без врахування рельєфу траси.

Ділянки газопроводів, на яких вище вказана умова не виконується, повинні розраховуватися з врахуванням рельєфу траси. При цьому газопровід потрібно розглядати як складений з нахилених прямолінійних ділянок з середнім постійним нахилом. Відмітка початкової точки приймається рівною нулю ($h_n = 0$).

Відмітки характерних точок на газопроводі, які розміщені вище початкової точки, мають знак плюс, нижче початкової – знак мінус.

Пропускна здатність (млн. м³/добу при 293,15 К і 0,0103МПа) одноступінчастої ділянки газопроводу для всіх режимів потоку газу вираховуються за формулою - без врахування рельєфу траси газопроводу

$$q = c_1 d^{2,5} \sqrt{\frac{p_{\Pi}^2 - p_{\text{К}}^2}{\Delta \lambda Z_{\text{cp}} T_{\text{cp}} L}}; \quad (10.8)$$

- з врахуванням рельєфу траси

$$g = c_1 d^{2,5} \sqrt{\frac{p_{\Pi}^2 - p_{\text{К}}^2 (1 + ah_{\text{К}})}{\Delta \lambda Z_{\text{cp}} T_{\text{cp}} L \left[1 + \frac{a}{2L} \sum_{i=1}^n (h_i + h_{i-1}) l_i \right]}}, \quad (10.9)$$

де

$$a = \frac{\Delta}{14,64 \cdot T_{\text{cp}} \cdot Z}, \quad (10.10)$$

Значення коефіцієнта c_1 слід приймати:

1) У міжнародній системі СІ: $c_1 = 05,087$ при $P_{\Pi}, P_{\text{К}}$ (МПа), $d, h_{\text{К}}, h_i$ (м), T_{CP} (К); L, l_i (км).

2) У змішаній системі $c_1 = 0,326 \cdot 10^{-6}$ при $P_{\Pi}, P_{\text{К}}$ (кгс/см²), d (мм); $h_{\text{К}}, h_i$ (м); T_{CP} (К); L (км).

Тут: d – внутрішній діаметр труби; $p_{\Pi}, p_{\text{К}}$ – відповідно абсолютні тиски на початку і в кінці ділянки газопроводу; λ – коефіцієнт гідравлічного опору ділянки газопроводу, безрозмірний; Δ – відносна густина газу за повітрям; T_{CP} – середня за довжиною ділянки газопроводу температура газу, який транспортується; Z_{CP} – середній за довжиною газопроводу коефіцієнт стисливості газу, безрозмірний; L – довжина ділянки газопроводу; $h_{\text{К}}$ – перевищення або зниження кінцевої точки розрахункової ділянки відносно початкової точки; h_i – перевищення або зниження i -тої точки розрахункової ділянки відносно початкової точки; l – довжина i -того елемента ділянки газопроводу.

Тиск p_{Π} на початку ділянки вираховується за формулою

$$P_{II} = P_{\text{НАГ}} - \delta P_{\text{НАГ}} - \delta P_{\text{ОХОЛ}}, \quad (10.11)$$

де $P_{\text{НАГ}}$ – тиск нагнітання на виході компресорного цеху; $\delta P_{\text{НАГ}}$ – втрати тиску в трубопроводах між компресорним цехом і вузлом підключення до лінійної частини магістрального газопроводу (без врахування втрат тиску в системі охолодження газу); $\delta P_{\text{ОХОЛ}}$ – втрати тиску в системі охолодження газу, включно з її обв'язкою. Для апаратів повітряного охолодження слід приймати: $\delta P_{\text{ОХОЛ}} = 0,0588$ МПа (0,6 кгс/см²).

Втрати тиску газу в технологічних трубопроводах і устаткуваннях компресорних станцій необхідно розраховувати так: в трубопровідній обв'язці – за проектними геометричними характеристиками; в обладнанні – за технічними характеристиками заводів-виготовлювачів обладнання.

Втрати тиску газу не повинні перевищувати величин, які вказані в табл. 10.3.

Таблиця 10.3 – Втрати тиску газу на КС

Тиск в газопроводі (надлишковий), МПа	Втрати тиску газу на КС				
	Всього		В тому числі		
	при одноступеневому очищенні газу	при двоступеневому очищенні газу	на всмоктуванні		на нагнітанні
при одноступеневому очищенні газу			при двоступеневому очищенні газу		
5,40	0,15	0,20	0,08	0,13	0,07
7,35	0,23	0,30	0,12	0,19	ОДІ
9,81	0,26	0,34	0,13	0,21	0,13

Тиск в кінці ділянки вираховується за формулою

$$P_K = P_{\text{ВС}} - \delta P_{\text{ВС}}, \quad (10.11)$$

де $P_{\text{ВС}}$ – тиск всмоктування на вході компресорного цеху; $\delta P_{\text{ВС}}$ – втрати тиску в трубопроводах між вузлом підключення до лінійної частини магістрального газопроводу компресорної станції та компресорним цехом із врахуванням втрат тиску в пилоуловлювачах.

Коефіцієнт стисливості природних газів $Z_{\text{СР}}$ слід приймати за осередненими значеннями тиску і температури у відповідності з формулою

$$Z_{\text{СР}} = 1 - \frac{0,0241 \cdot P_{\text{ЗВ}}}{\tau}, \quad (10.12)$$

де

$$\tau = 1 - 1,68T_{\text{ЗВ}} + 0,78T_{\text{ЗВ}}^2 + 0,0107T_{\text{ЗВ}}^2; \quad (10.13)$$

$$P_{3B} = \frac{P_{CP}}{P_{ПК}}; \quad (10.14)$$

$$T_{3B} = \frac{T_{CP}}{T_{ПК}}, \quad (10.15)$$

$$T_{CP} = \frac{2}{3} \left(P_{П} + \frac{P_{К}^2}{P_{П} + P_{К}} \right). \quad (10.16)$$

Псевдокритичні тиски $P_{ПК}$ і температуру $T_{ПК}$ визначаються за:
– заданим складом газу

$$P_{нк} = P_{к1} \cdot N_1 + P_{к2} \cdot N_2 + \dots + P_{кn} \cdot N_n, \quad (10.17)$$

$$T_{нк} = T_{к1} \cdot N_1 + T_{к2} \cdot N_2 + \dots + T_{кn} \cdot N_n. \quad (10.18)$$

- заданій густині ρ_H газової суміші

$$P_{ПК} = 0,1773(26,831 - \rho_H). \quad (10.19)$$

$$T_{ПК} = 155,24(0,564 - \rho_H). \quad (10.20)$$

або при $P_{ПК}$ в кгс/см²

$$P_{ПК} = 1,808(26,831 - \rho_H), \quad (10.21)$$

де $P_{ПКi}$, $T_{ПКi}$ – критичні значення відповідно тиску і температури i -того компонента суміші, які приведені в табл. 9.4, 9.5;

N_i – молярна доля i -того компонента суміші ($i = 1, 2, \dots, n$);

ρ_H – густина газу (кг/м³) при $P_H = 0,1013$ МПа і $T_H = 293,15$ К. Допускається коефіцієнт стисливості природних газів Z_{CP} знаходити за номограмами (рис. 9.1).

Коефіцієнт гідравлічного опору для ділянки газопроводу з врахуванням його усереднених місцевих опорів (крани, переходи) приймається на 5% вище коефіцієнта опору тертя λ_{TP} . Величину λ слід обчислювати за виразом

$$\lambda = 1,05 \frac{\lambda_{TP}}{E^2}. \quad (10.22)$$

де E – коефіцієнт гідравлічної ефективності приймається рівним 0,95, якщо на газопроводі є пристрої для періодичного очищення внутрішньої порожнини трубопроводів, а при відсутності вказаних пристроїв приймається рівним 0,92;

λ_{TP} – коефіцієнт опору течії.

Для всіх режимів течії газу в газопроводі λ_{TP} визначається за формулою

$$\lambda_{TP} = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{Re} + \frac{2K}{d} \right)^{0.2}, \quad (10.23)$$

де K – еквівалентна шорсткість труб: для монолітних труб без антикорозійного покриття слід приймати 0,03 мм; Re - число Рейнольдса.

Число Рейнольдса вираховується за формулою

$$Re = C_2 \frac{q\Delta}{d\mu}, \quad (10.24)$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості газу.

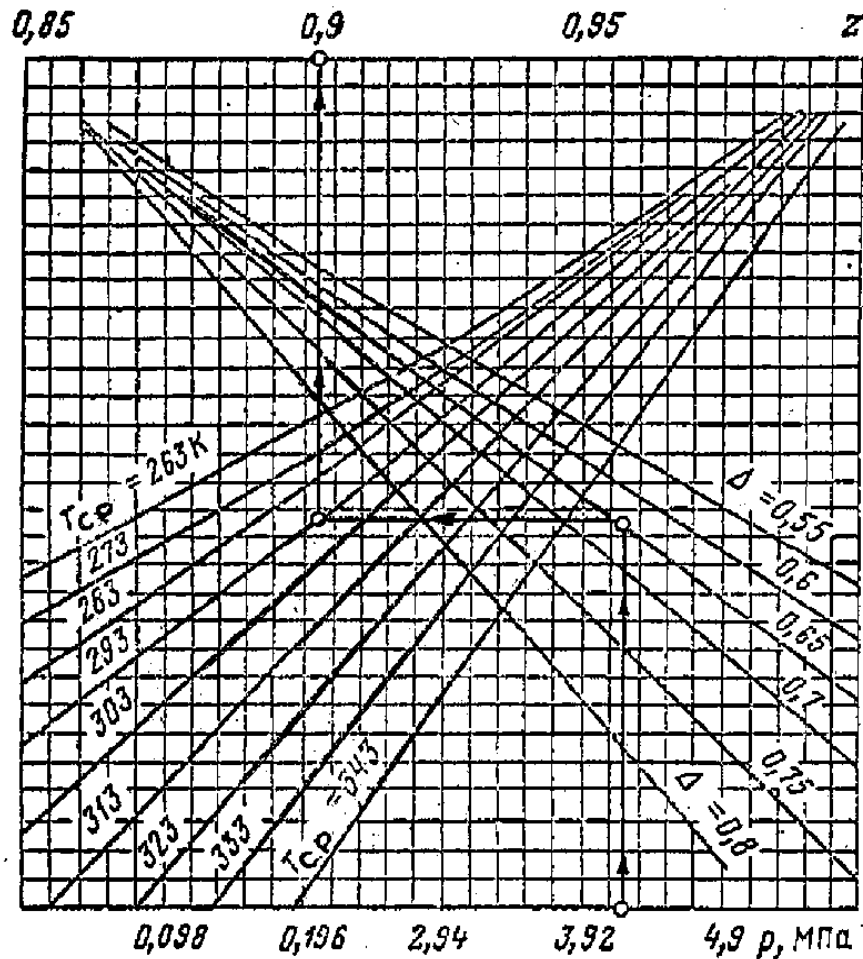
Значення C_2 слід приймати:

1) В міжнародній системі СІ: $C_2 = 17,75$ при μ (Па·с); 2) В змішаній системі $C_2 = 1,81 \cdot 10^3$ при μ (кгс·с/м²).

Коефіцієнт динамічної в'язкості визначається за формулою:

$$\mu = 5,1 \cdot 10^{-6} [1 + \rho_H (1,1 - 0,25 \rho_H)] [0,037 + T_{3B} (1 - 0,1047 T_{3B})] \left[1 + \frac{P_{3B}^2}{30(T_{3B} - 1)} \right], \quad (10.25)$$

або допускається визначати μ за табл. 10.6 для газів, які містять метану не менше 85% (об.) в залежності від P_{CP} (МПа) і T_{CP} (К).



Послідовність визначення: $P \rightarrow \Delta \rightarrow T_{CP} \rightarrow Z_{CP}$

Рис. 10.1 – Номограма для визначення коефіцієнта стисливості газу Z_{CP} за середніми тиском P і температурою T_{CP} та відносною густиною Δ

Таблиця 10.4 – Фізико-хімічна характеристика компонентів природних і штучних газів

Показник	Метан	Етан	Пропан	Ізобутан	н-бутан	Ізопентан	н-пентан	Водень
Хімічна формула	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	I-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂	H ₂
Густина ρ_H , кг/м ³	0,7168	1,344	1,967	2,593	2,593	3,221	3,221	0,08999
Молекулярна маса M, кг/кмоль	16,043	30,070	44,097	58,124	58,124	72,151	72,151	2,016
Критична температура T _{кр} , К	190,66	305,46	369,0	408,1	425,2	460,4	469,5	33,26
Критичний тиск P _{кр} , МПа	4,64	4,884	4,255	3,647	3,799	3,392	3,373	1,296
Критична густина $\rho_{кр}$, кг/м ³	162	203	220	221	228	236	232	30,7
В'язкість $\mu \cdot 10^6$, Па с при 0°C	10,2	8,77	7,65	6,95	6,95	6,36	6,36	8,5
В'язкість $\mu \cdot 10^6$, Па при 20°C	10,7	9,39	8,16	7,54	7,54	6,39	6,39	
Постійна Сазерленда, С	162	252	290	377	377	368	368	73
Теплота згоряння при нормальних умовах, кДж/м ³ :								
вища Q_v^P	39860	70425	100990	131930	133980	156710	158480	12770
нижча Q_H^P	33500	64480	92990	121840	123770	150520	146340	10800
Теплоємність при нормальних умовах (кДж/кг град) при постійному тиску C _p	2,166	1,647	1,550	1,490	1,592	1,593	1,290	14,1956
постійному об'ємі C _v	1,647	1,371	1,361	1,315	1,449	1,478	1,121	10,0710

Таблиця 10.5 - Фізико-хімічна характеристика компонентів природних і штучних газів

Показник	Ацетилен	Вуглекислий газу	Окис вуглецю	Етилен	Кисень	Азот	Сірководень	Сухе повітря
Хімічна формула	C_2H_2	CO_2	CO	C_2H_4	O_2	N_2	H_2S	-
Густина ρ_H , кг/м ³	1,1707	1,9768	1,250	1,2604	1,429	1,251	1,5392	1,293
Молекулярна маса	26,038	44,011	28,011	28,054	32,0	28,016	34,082	28,95
Критична температура $T_{кр}$, К	309,1	304,26	132,96	282,8	154,8	126,2	373,6	132,5
Критичний тиск $P_{кр}$, МПа	6,24	7,386	3,495	5,16	5,076	3,394	9,007	3,769
Критична густина $\rho_{кр}$, кг/м ³	231	468	301	220	430	311	359	335
В'язкість $\mu \cdot 10^6$, Па с при 0°C		14	16,65	9,8	19,2	17,1	12,3	17,45
В'язкість $\mu \cdot 10^6$, Па с при 20°C	10,2	16,5		10,3		18,4	12,51	18,22
Постійна Сазерленда, С	198	254	101	225	127	104	331	107
Теплота згоряння при нормальних умовах, вища Q_g^P нижча Q_H^P	58910 56900	- -	12640 12640	63470 59540	- -	- -	25460 23490	- -
Теплоємність при нормальних умовах (кДж/кг град) при постійному тиску C_p постійному об'ємі C_v	1,6099 1,2896	0,8148 0,6260	1,0396 0,7428	1,4596 1,1627	0,9148 0,6548	1,0392 0,7424	0,9923 0,7453	1,0036 0,7164

Таблиця 10.6 – Динамічний коефіцієнт в'язкості метану

T_{CP}, K	$\mu, \cdot 10^6$ (в Па·с) при P_{CP}, MPa						
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
250	9,83	10,03	10,28	10,60	11,04	11,47	14,10
260	10,15	10,34	10,56	10,85	11,24	12,40	13,75
270	10,46	10,63	10,85	11,12	11,47	12,40	13,56
280	10,77	10,94	11,15	11,40	11,70	12,46	13,48
290	11,08	11,24	11,43	11,66	11,92	12,60	13,50
300	11,38	11,54	11,72	11,92	12,16	12,78	13,58
310	11,67	11,82	12,00	12,19	12,42	13,02	13,74
320	11,98	12,12	12,27	12,45	12,68	13,22	13,86
330	12,27	12,40	12,55	12,73	12,95	13,49	14,07
340	12,56	12,68	12,82	13,00	13,22	13,73	14,28
350	12,84	12,97	13,11	13,29	13,48	13,96	14,58

Гідравлічний розрахунок лінійних ділянок між двома суміжними компресорними станціями необхідно виконувати із закритими перемичками між нитками ділянки.

Для оцінювальних розрахунків гідравлічний розрахунок складних ділянок газопроводів без врахування рельєфу траси допускається виконувати виходячи з гідравлічно еквівалентної однопіткової ділянки.

Гідравлічною еквівалентною однопітковою ділянкою називається така ділянка постійного діаметра, яка має таку ж пропускну здатність при тих же початковому і кінцевому тисках, що й складна ділянка.

Температуру газу T в будь-якій точці, яка знаходиться на відстані x від початку однопіткового газопроводу при будь-якому способі прокладання визначається за формулою

$$T = T_0 + (T_n - T_0) e^{-ax} - D_i \frac{P_{II}^2 - P_K^2}{2aLP} (t - e^{-ax}) \quad (10.26)$$

де

$$ax = c_3 \frac{K_{CP} \cdot d_3 \cdot x}{q \cdot \Delta \cdot C_p \cdot 10^6}, \quad (10.27)$$

T_0 – розрахункова температура навколишнього середовища; T_n – температура газу на початку ділянки газопроводу (при відсутності охолодження газу на КС температуру T_n слід приймати рівною температурі газу на виході з компресорного цеху, а при наявності охолодження газу величина T_n повинна прийматися рівною температурі газу на виході із системи охолодження); x – відстань від початку газопроводу до наведеної точки, км; d_3 – зовнішній діаметр газопроводу; K_{CP} – середній на ділянці загальний коефіцієнт теплопередачі від газу в навколишнє середовище; C_p – середня ізобарна теплоємність газу; D_i – середнє на ділянці значення коефіцієнта Джоуля-Томсона.

Значення коефіцієнта c_3 слід приймати:

1) У міжнародній системі СІ: $c_3 = 0,225 \cdot 10^6$ при d_3 (м); C_p (кДж/(кг·К)); D_i (К/МПа); P_H, P_K, P_{CP} (МПа); K_{CP} (Вт/(м²·К));

2) У змішаній системі: $c_3 = 62,6 \cdot 0,225 \cdot 10^6$ при d_3 (мм); C_p (ккал/(кг·К)); D_i (К/кгс/см²); P_H, P_K, K_{CP} (ккал/(м²·К))

Тепловий розрахунок багатониткових газопроводів необхідно виконувати за формулою (9.27) окремо для кожної нитки при відповідній витраті газу.

Середня температура газу T_{CP} на ділянці газопроводу визначається за формулою:

$$T_{CP} = T_0 + \frac{T_H - T_0}{aL} (1 - e^{-aL}) - D_i \frac{P_H^2 - P_K^2}{2aLP_{CP}} \left[1 - \frac{1}{aL} (1 - e^{-aL}) \right], \quad (10.28)$$

Середню ізобарну теплоємність природного газу C_p з вмістом метану більше 85% визначається за формулою:

$$C_p = A_1 + A_2 T_{cp} + A_3 / T_{cp}^3, \quad (10.29)$$

Значення коефіцієнтів A_1, A_2 і A_3 необхідно приймати:

1) У міжнародній СІ: $A_1 = 1,695$; $A_2 = 1,838 \cdot 10^{-3}$; $A_3 = 1,96 \cdot 10^6 (P_{cp} - 0,1)$;

2) У змішаній системі: $A_1 = 0,405$; $A_2 = 0,439 \cdot 10^{-3}$; $A_3 = 0,046 \cdot 10^6 (P_{cp} - 1)$.

Значення C_p для метану допускається визначати також з рис. 10.2.

При вмісті метану у природному газі менше 85%, значення C_p необхідно визначати за складом газу.

Середнє значення коефіцієнта Джоуля-Томсона D_i для газів з вмістом метану більше 85%, визначається за формулою

$$D_i = \frac{1}{C_p} \left(\frac{E_1}{T_{CP}^2} - E_2 \right). \quad (10.30)$$

Значення коефіцієнтів E_1, E_2 необхідно приймати:

1) У міжнародній СІ: $E_1 = 0,980 \cdot 10^6$; $E_2 = 1,5$;

2) У змішаній системі: $E_1 = 0,023 \cdot 10^6$; $E_2 = 0,035$.

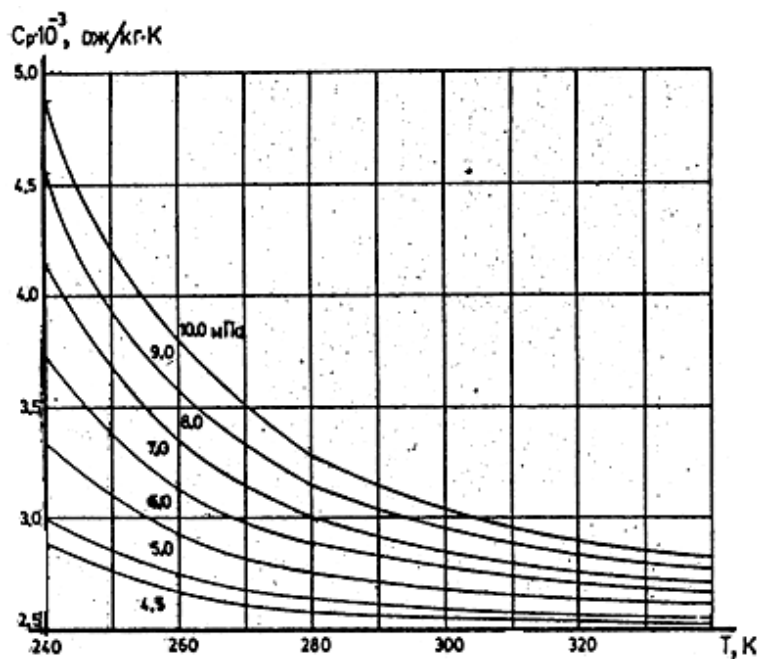


Рис. 10.2. Залежність теплоємності метану від тиску і температури

Значення D_i для газу з вмістом метану більше 85% допускається визначати з рис. 10.3.

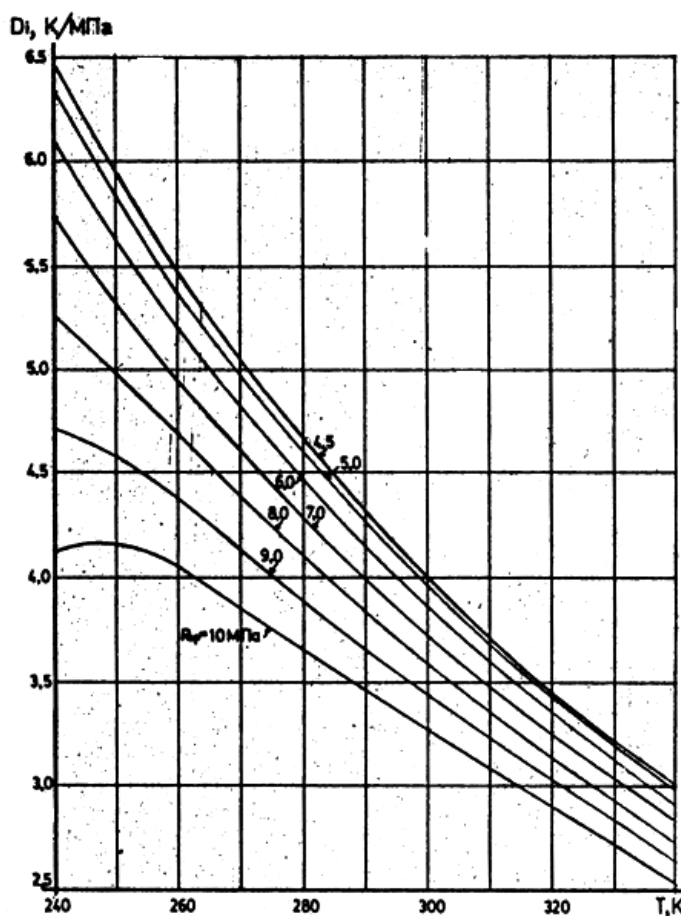


Рис. 10.3. Залежність коефіцієнта Джоуля-Томсона від тиску і температури

Розрахункова температура навколишнього середовища T_0 і коефіцієнт теплопередачі K_{CP} вибираються в залежності від способу прокладання газопроводу – підземного, надземного, наземного.

При підземному прокладанні газопроводу значення T_0 повинно прийматися рівним середньому за розглянутий період значенню температури ґрунту $T_{ГР}$ на глибині закладання осі трубопроводу в природному тепловому стані у відповідності з довідниками з клімату або даних найближчих метеостанцій.

Коефіцієнт теплопередачі від газу в навколишнє середовище K_{CP} для підтримання підземних газопроводів визначається за формулою

$$K_{CP} = \left(R_{13} + \frac{1}{\alpha_{ГР}} \right)^{-1}; \quad (10.31)$$

$$\alpha_{ГР} = \frac{\lambda_{ГР}}{C_4 d_3} \left[0,65 + \left(\frac{C_4 d_3}{h_{03}} \right)^2 \right]; \quad (10.32)$$

$$h_{03} = h_0 + \lambda_{ГР} \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{CH}}{\lambda_{CH}} \right); \quad (10.33)$$

$$\alpha_3 = m_1 + m_2 v;$$

де $m_1 = 6,2$, $m_2 = 4,2$ при v (м/сек), α_3 (Вт/м²·К); $m_1 = 5,3$, $m_2 = 3,6$ при v (м/сек), α_3 (ккал/(м·год·К)); R_{13} – термічний опір ізоляції трубопроводу; h_0 – глибина закладання осі трубопроводу від поверхні ґрунту; $\alpha_{ГР}$ – коефіцієнт тепловіддачі від трубопроводу в ґрунт; $\lambda_{ГР}$ – коефіцієнт теплопровідності ґрунту; λ_{CH} – коефіцієнт теплопровідності сніжного покриву.

Значення коефіцієнта C_4 слід приймати: в міжнародній СІ: $C_4=1$ при h_0 , h_{03} , δ_{CH} (м), α_3 , $\alpha_{ГР}$ (Вт/(м²·К)), $\lambda_{ГР}$, λ_{CH} (Вт/(м·К)), d_3 (м); в змішаній системі: $C_4=10^{-3}$ при h_0 , h_{03} , δ_{CH} (м), α_3 , $\alpha_{ГР}$ (ккал/(м²·год·К)), $\lambda_{ГР}$, λ_{CH} (ккал/(м·год·К)), d_3 (м).

10.3. Розрахунок робочих параметрів нагнітачів

Об'ємну продуктивність при параметрах на вході в нагнітач Q , м³/хв, необхідно обчислювати за формулою

$$Q = \frac{0,24 Q_K Z_{BC} T_{BC}}{P_{BC}}, \quad (10.34)$$

де Q_K – продуктивність відцентрового нагнітача, млн. м³/добу (при 293,15 К і 0,1013 МПа); Z_{BC} , P_{BC} , T_{BC} – відповідно коефіцієнт стисливості, абсолютний тиск (МПа) і температура (К) газу на вході в нагнітач.

Потужність N , кВт, яка споживається нагнітачем, визначається за формулою

$$N = \frac{N_i}{0,95 \eta_M}, \quad (10.35)$$

де N_i – внутрішня потужність нагнітача, яка визначається за приведеними характеристиками нагнітачів; 0,95 – коефіцієнт, який враховує допуски і технічний стан нагнітача; η_M – механічний коефіцієнт корисної дії нагнітача і редуктора (якщо є), для газотурбінних ГПА приймається за його паспортними даними, для електроприводних ГПА приймається рівним 0,96.

При відсутності зведених характеристик нагнітача допускається наближене розрахункове визначення внутрішньої потужності нагнітача, кВт, за формулою

$$N_i = \frac{13,34 Z_{BC} T_{BC} Q_K}{\eta_{\text{пол}}} (\varepsilon^{0,3} - 1) = \frac{55,6 P_{BC} Q}{\eta_{\text{пол}}} (\varepsilon^{0,3} - 1), \quad (10.36)$$

де ε – ступінь підвищення тиску в нагнітачі; η – політропічний ККД нагнітача, який приймається рівним 0,8 при відсутності даних. Ступінь підвищення тиску знаходиться з виразу

$$\varepsilon = \frac{P_{\text{НАГ}}}{P_{\text{BC}}}.$$

Розрахунок робочих параметрів відцентрових нагнітачів виконується за їх зведеними характеристиками, які дозволяють врахувати відхилення параметрів газу на вході нагнітача, а саме Z_{BC} , R , T_{BC} від їх зведених значень $Z_{ЗВ}$, $R_{ЗВ}$, $T_{ЗВ}$, які вказані на характеристиках. Тут R – газова стала компримованого газу, кДж/(кг·К), яка визначається за формулою

$$R = \frac{0,287}{\Delta}, \quad (10.37)$$

де Δ – відносна густина газу за повітрям, яка приймається відповідно до вихідних даних для розрахункового складу газу.

При розрахунку робочих параметрів відцентрових нагнітачів використовуються наступні зведені характеристики:

- характеристика відцентрового нагнітача у формі залежності ступеня стиснення ε , політропічного ККД $\eta_{\text{пол}}$ і зведеної відносної внутрішньої потужності

$$\left(\frac{N_i}{\rho_{\text{BC}}} \right)_{\text{ЗВ}} = \frac{N_i}{\rho_{\text{BC}}} \left(\frac{n_{\text{Н}}}{n} \right)^3, \frac{\text{кВт}}{\text{кг/м}^3}; \quad (10.38)$$

- від приведеної об'ємної продуктивності $Q_{\text{ЗВ}} = Q \cdot n_{\text{Н}}/n$, м³/хв при різних значеннях зведених відносних обертів

$$\left(\frac{n}{n_{\text{Н}}} \right)_{\text{ЗВ}} = \frac{n}{n_{\text{Н}}} \sqrt{\frac{Z_{\text{ЗВ}} (T_{\text{BC}})_{\text{ЗВ}} R_{\text{ЗВ}}}{Z_{\text{BC}} T_{\text{BC}} R}}; \quad (10.39)$$

– характеристики окремого відцентрового нагнітача і груп з двох і трьох послідовно ввімкнених нагнітачів у формі залежностей ступеня стиснення і зведеної внутрішньої потужності

$$(N_i)_{3B} = \frac{N_i(P_{BC})_{3B}}{P_{BC}} \sqrt{\frac{Z_{3B}(T_{BC})_{3B} R_{3B}}{Z_{BC} T_{BC} R}}; \quad (10.40)$$

- від зведеної продуктивності

$$(Q_K)_{3B} = Q_K \sqrt{\frac{Z_{3B}(T_{BC})_{3B} R_{3B}}{Z_{BC} T_{BC} R}} \text{ млн} \cdot \text{м}^3 / \text{добу}; \quad (10.41)$$

- тиску на вході при різних значеннях зведених відносних обертів

$$\left(\frac{n}{n_H}\right)_{3B} = \frac{n}{n_H} \sqrt{\frac{Z_{3B}(T_{BC})_{3B} R_{3B}}{Z_{BC} T_{BC} R}}; \quad (10.42)$$

Характеристика окремого відцентрового нагнітача в формі залежності підвищення температури газу в нагнітачі $\Delta t_n (\Delta T_n)$ від його зведеної об'ємної продуктивності для різних значень зведених відносних обертів

$$\left(\frac{n}{n_H}\right)_{3B} = \frac{n}{n_H} \sqrt{\frac{Z_{3B} R_{3B}}{Z R}}. \quad (10.43)$$

Тут $\rho_{BC} = \frac{P_{BC} \cdot 10^3}{Z_{3B} R E E_{BC}}$ – густина газу при умовах на вході в нагнітач, кг/м³.

При розрахунках за груповими зведеними характеристиками значення N_{i3B} слід визначати для останнього нагнітача в групі.

Параметри роботи нагнітачів при тиску на вході, який відрізняється від номінального значення, слід знаходити з допомогою ліній постійної зведеної об'ємної продуктивності $(Q)_{3B} = Q \sqrt{\frac{Z_{3B}(T_{BC})_{3B} R_{3B}}{Z_{BC} T_{BC} R}}$, які нанесені на полях зведених характеристик.

Розрахунок робочих параметрів відцентрових нагнітачів необхідно виконувати в наступному порядку:

- визначення зведених значень заданих параметрів;
- визначення робочих точок КС на зведених характеристиках розрахункового елемента (нагнітач або група послідовно з'єднаних нагнітачів, які працюють);
- визначення зведених значень параметрів за координатами робочих точок КС на зведених характеристиках;

- визначення дійсних значень параметрів, які шукаємо. Політропічний ККД нагнітача для лінійних КС на розрахунковому режимі, визначений за зведеними характеристиками, повинен бути не менше 0,80. Режим з робочою точкою, який має менше значення ККД, допускається при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Температура газу на виході нагнітача $T_{\text{НАГ}}$ визначається за формулою

$$T_{\text{НАГ}} = T_{\text{вс}} + \Delta T_{\text{Н}}. \quad (10.44)$$

де $\Delta T_{\text{Н}}$ – підвищення температури, яке визначається з характеристик нагнітача.

Підвищення температури може визначатися також за формулою

$$\Delta T_{\text{Н}} = T_{\text{вс}} \left(\varepsilon^{\frac{0.235}{\eta_{\text{пол}}}} - 1 \right). \quad (10.45)$$

9.4 Розрахунок робочих параметрів поршневих газоперекачувальних агрегатів

Потужність, яка споживається, і продуктивність поршневих ГПА визначається за їх завантажувальними характеристиками.

При відсутності завантажувальних характеристик допускається визначення параметрів поршневих ГПА розрахунковим шляхом.

Об'ємна продуктивність, $\text{м}^3/\text{с}$ (при параметрах на вході в одноступінчатий поршневий компресор) дорівнює

$$Q_c = 0,94 V_{\text{Н}} \cdot n \left[1 - \alpha_c \left(\frac{Z_{\text{вс}}}{Z_{\text{НАГ}}} \varepsilon^{0,755} - 1 \right) \right], \quad (10.46)$$

де $V_{\text{Н}}$ – об'єм, який описується поршнями компресора за один оберт вала (робочий об'єм), м^3 ; n – частота обертання вала компресора, с^{-1} ; $Z_{\text{вс}}$, $Z_{\text{НАГ}}$ – відповідно коефіцієнти стисливості газу при умовах всмоктування і нагнітання компресора; ε – степінь підвищення тиску в компресорі; α_c – сумарний відносний об'єм мертвого простору.

Сумарний відносний об'єм мертвого простору визначається за формулою

$$\alpha_c = \frac{\alpha V_{\text{П}} + V_{\text{Р}}}{V_{\text{Р}}}, \quad (10.47)$$

де α – власний відносний об'єм мертвого простору циліндра; $V_{\text{Р}}$ – сумарний об'єм підключених регуляторів продуктивності.

Потужність, що споживається поршневим ГПА, в кВт, розраховується за формулою

$$N = \frac{17.37 Z_{\text{вс}} T_{\text{вс}} Q_{\text{к}} (\varepsilon^{0,245} - 1)}{\eta_{\text{ад}}} = \frac{4340 P_{\text{вс}} Q_{\text{с}} (\varepsilon^{0,245} - 1)}{\eta_{\text{ад}}}, \quad (10.48)$$

де P_{BC} – тиск на вході компресорного цеху, МПа; Q_C – об’ємна продуктивність, м³/с; η_{AD} – адіабатний ККД компресора, що приймається рівним: 0,8 – 0,82 при ступенях стиснення $\varepsilon = 1,3 - 1,5$; 0,82 – 0,85 при $\varepsilon = 1,51 - 1,7$; 0,85 – 0,83 при $\varepsilon = 1,71-2,5$;

Підвищення температури для розрахунку температури газу на нагнітанні (виході) поршневого ГПА визначається за формулами

$$\Delta T_H = T_{HC} (\varepsilon^{0,245} - 1), \quad (10.49)$$

$$T_{НАГ} = T_{BC} + \Delta T_H. \quad (10.50)$$

Потужність, яка споживається компресором поршневого ГПА, повинна знаходитись в межах наявної потужності приводу $N \leq N_e^P$.

10.5. Розрахунок наявної потужності приводу газоперекачувальних агрегатів

Наявна потужність - це максимальна робоча потужність на муфті нагнітача (компресора), яку може розвивати привід в конкретних розрахункових станційних умовах.

Наявну потужність (кВт) газотурбінної установки (ГТУ) для приводу відцентрового нагнітача в залежності від умов роботи необхідно обчислювати за формулою

$$N_e^P = N_e^H \cdot K_H \cdot K_{об} \cdot K_y \cdot \left(1 - K_t \cdot \frac{T_3 - T_3^H}{T_3} \right) \cdot \frac{P_o}{0,1013} \quad (10.51)$$

де: N_e^H - номінальна потужність ГТУ, кВт; K_H - коефіцієнт, що враховує допуски і технічний стан ГТУ; K_t - коефіцієнт, що враховує вплив температури зовнішнього повітря; T_3, T_3^H - розрахункова і номінальна температури повітря на вході ГТУ, К; $K_{об}$ - коефіцієнт, що враховує вплив протизаморожувачої системи; K_y - коефіцієнт, що враховує вплив системи утилізації тепла вихлопних газів; P_o - розрахунковий тиск зовнішнього повітря, МПа.

Значення N_e^H, K_H, K_t, T_3^H повинні прийматися по табл. 10.7.

Таблиця 10.7 - Значення основних параметрів компресорів

Позначення параметра	Розмірність	ГТ-700-5	Тип ГТУ		ГПА-Ц-6,3	ГТК-10	ГПУ-10	ГТН-10И
			ГТ-750-6 (ГТК-5)	ГТ-6-750 (ГТН-6)				
N_e^H	кВт	4,250 (4,400)	6000	6300	6300	10000	10000	10200
T_3^H	К (°С)	288 (15)	288 (15)	288 (15)	288 (15)	288 (15)	298 (25)	288 (15)
q_{mz}^H	$\frac{\text{тыс. м}^3}{\text{ч}}$	1,88	2,45	2,82	3,28	3,70	4,05	4,22
K_t	-	4,4	3,7	2,8	1,3	3,7	3,7	2,0
K_N	-	0,85	0,85	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
η_μ	-	0,95 (0,977)	0,983	0,975 (0,984)	0,984	0,990	0,990	0,990

Примітка.

1. При відсутності даних про характеристиках ГТУ допускається приймати усереднені значення показників:

$$q_{mz}^H = 0,41 \cdot N_e^H \cdot 10^{-3}, \quad K_N = 0,95, \quad \eta_\mu = 0,985.$$

2. Дані таблиці повинні коректуватися розробниками цього розділу норм відповідно до змін технічної документації на ГТУ.

Розрахункову температуру повітря на вході ГТУ, K необхідно обчислювати за формулою:

$$T_3 = T_a + \delta T_a, \quad (10.52)$$

де: T_a - середня температура зовнішнього повітря в розглянутий період, що визначається за даними метеостанцій; δT_a - поправка на мінливість кліматичних параметрів і місцевий підігрів зовнішнього повітря на вході ГТУ, повинна дорівнювати 5 К.

Розрахунковий тиск зовнішнього повітря в залежності від висоти розташування КС слід приймати за даними табл. 10.8.

Таблиця 10.8 – Залежність тиску повітря від висоти

Висота над рівнем моря, м	0	250	500	750	1000	1500	2000
Абсолютний тиск атмосферного повітря P_a , МПа	0,0998	0,0969	0,0940	0,0913	0,0886	0,0833	0,0783

Значення коефіцієнта $K_{об}$ повинні прийматися за даними технічної документації ГТУ залежно від розрахункової температури атмосферного повітря, наявності та типу протизаморожуючої системи. Коефіцієнт $K_{об}$ приймають рівним 1,0:

- а) при відсутності протизаморожуючої системи;
- б) при відсутності її впливу на потужність ГТУ;
- в) при розрахунковій температурі повітря на вході ГТУ вище 278 К (+ 5 ° С).

Коефіцієнт, що враховує вплив системи утилізації тепла вихлопних газів, необхідно визначати за формулою

$$K_y = 1 - K'_y \cdot \frac{\Delta P_y}{P_a} \quad (10.53)$$

де: ΔP_y - збільшення гідравлічного опору вихлопного тракту ГТУ при установці системи утилізації; необхідно визначати за технічними даними системи утилізації;

K'_y - коефіцієнт злиття збільшення гідравлічного опору вихлопного тракту ГТУ, який визначається відповідно до технічної документації ГТУ.

При відсутності технічних даних системи утилізації коефіцієнт K_y допускається приймати рівним 0,985.

Значення наявної потужності N_e^p (крім ГПУ-10) не повинно перевищувати величини 1,15 N_e^p (для ГПУ-10 – величини N_e^p). Якщо в результаті розрахунку отримано більшу величину, то слід приймати

$$N_e^p = 1,15 N_e^h \text{ (для ГПУ-10 } N_e^p = N_e^h \text{)}.$$

Наявна потужність N_e^p , кВт, газомоторного приводу поршневого ГПА повинна визначатися за технічними умовами на поставку даного типу ГПА.

Значення N_e^p газомоторного приводу не повинно перевищувати номінальної величини.

Наявна потужність синхронного електроприводу газоперекачувального агрегату повинна дорівнювати номінальній потужності при нормативних значеннях параметрів системи охолодження приводу ГПА.

При відхиленні від номінальних значень температури охолоджуючого середовища водяної або повітряної систем охолодження електроприводу наявна потужність повинна визначатися за даними табл. 10.9.

При $\cos \varphi = 1$ і температурі охолоджуючої води 30 ° С і нижче допускається збільшення наявної потужності на 8-10%.

Потужність, споживана нагнітачем, визначена відповідно до вимог норм, повинна, як правило, знаходитися в наступних межах наявної потужності приводу;

Таблиця 10.9 – Залежність наявної потужності від температури

Температура охолоджуючої води, °С	20 и менее	30	35	40	50
Температура охолоджуючого повітря, °С	30 и менее	40	45	50	-
Наявна потужність у % від номінальної при $\cos \varphi = 0,9$	106	100	95	87	70

а) для газотурбінного приводу при $T_a > 273 \text{ К}$ (0° С)

$$0,9N_e^p \leq N \leq N_e^p$$

б) для газотурбінного приводу при $T_a < 273 \text{ К}$ (0° С) і електричного приводу

$$0,9N_e^p \leq N \leq N_e^p$$

Зменшення нижньої межі використання наявної потужності допускається при відповідному обґрунтуванні.

10.6. Розрахунок витрати електроенергії для електроприводних КС

Витрата електроенергії W , кВт·год, для електроприводу відцентрових нагнітачів необхідно обчислювати за формулою

$$W = \frac{N \cdot \tau}{\eta_\partial \cdot \eta_m}, \quad (10.54)$$

де N - споживана потужність, отримана в результаті розрахунку параметрів нагнітача згідно з вимогами цих норм; τ - час роботи приводу ГПА, ч;

η_∂, η_m - відповідно ККД електродвигуна і трансформатора підстанції.

Величини η_∂, η_m повинні прийматися за паспортними даними або технічними умовами. При відсутності цих даних для наближених розрахунків допускається приймати усереднені величини $\eta_\partial = 0,975$; $\eta_m = 0,99$.

11. ЕКОНОМІКА РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ

11.1 Вибір раціонального способу транспортування нафтових вантажів

При виникненні необхідності в освоєнні нових вантажопотоків постає завдання у виборі доцільного способу транспортування нафтових вантажів.

Для доставлення нафтовантажів на далекі відстані застосовуються, головним чином, трубопровідний, залізничний і водний транспорт. Перевагу тому чи іншому способу транспортування може віддаватися виходячи з мінімуму зведених затрат [20].

У загальному вигляді зведені затрати знаходяться за формулою

$$P = Z + EK \quad (11.1)$$

де Z – експлуатаційні витрати з даного виду транспорту;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K – капіталовкладення у вид транспорту, що розглядається.

Експлуатаційні витрати при різних способах транспортування можна визначити наступним чином:

$$Z_i = S_i M_p L_i \quad (11.2)$$

де S_i – середня собівартість перевезень i -тим способом транспортування;

M_p – річна кількість нафтовантажів, які підлягають транспортуванню;

L_i – дальність перевезень i -тим видом транспорту.

За даними Гіпротрубопроводу середня собівартість перевезень для трубопровідного транспорту складає 0,12 коп/т.км, залізничного 0,33 коп/т.км і для водного (ріками) 0,17 коп/т.км, (морями) – 0,12 коп/т.км.

При виконанні розрахунків за укрупненими показниками потрібно мати на увазі той факт, що вибір оптимального варіанту способу транспортування нафтовантажів за мінімумом зведених затрат має обмежену точність результатів.

11.2. Методика розрахунку характеристик за способами транспортування

11.2.1. Розрахунок економічних показників трубопровідного транспорту

Експлуатаційні витрати

$$Z_{тр} = S M_p L_{тр} \quad (11.3)$$

Значення $S_{тр}$ в залежності від діаметра трубопроводу береться з таблиці 2.1. Кількість експлуатаційних ділянок

$$n_c = L_{тр} / L_{q\ тр}$$

де $L_{q\ тр}$ – довжина експлуатаційної ділянки. Згідно норм проектування нафтопроводів = (400...600) км.

Таблиця 11.1 – Залежність собівартості перекачування від діаметра трубопроводу

Діаметр, мм	Собівартість, коп/(т.км)	Діаметр, мм	Собівартість, коп/(т.км)
219	0,3	529	0,13
273	0,24	630	0,094
325	0,21	720	0,082
377	0,17	820	0,069
426	0,15	1020	0,065
(тут і далі в цінах до 1990 року) 1220			0,062

Необхідну вмістимість резервуарів знаходять у відповідності з нормами технологічного проектування за формулою

$$V_p = [(n_c - 1)(0,3 \div 0,5) + (2 \div 3)] Q_{\text{доб}}, \quad (11.5)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добова пропускна здатність нафтопроводу

$$Q_{\text{доб}} = \frac{M_p}{350 - \rho}. \quad (11.6)$$

де ρ – густина нафтовантажу, що транспортується;

350 – планове число робочих днів.

Капіталовкладення в лінійну частину трубопроводу

$$K_{\text{тр.л.}} = C_{\text{л}} L, \quad (11.7)$$

де $C_{\text{л}}$ – затрати на спорудження 1 км лінійної частини трубопроводу (табл. 2.2 в цінах до 1990 року) .

Таблиця 11.2 – Укрупнені показники ціни спорудження 1 км магістрального трубопроводу (тис. грн./км) в залежності від його діаметра

Діаметр трубо про- воду, мм	Грошові затрати, тис. грн./км		Діаметр трубопро- воду, мм	Грошові затрати, тис.грн/км	
	на основну магістраль	паралельну магістраль		на основну магістраль	паралельну магістраль
219	22,8	18,0	630	71,0	56,0
273	24,9	20,1	720	77,5	62,1
325	28,8	22,8	820	91Д	74,9
377	33,6	27,5	1020	136,1	119,6
426	37,6	31,5	1220	180,8	165,6
530	56,6	45,1			

Капіталовкладення в перекачувальні станції

$$K_{\text{ТР.ПС}} = C_{\text{ГПС}} + (n - 1)C_{\text{ППС}} + V_p C_p, \quad (11.8)$$

де $C_{\text{ПС}}$, $C_{\text{шс}}$ – вартість спорудження відповідно головної і проміжної перекачувальних станцій (таблиця 11.3); n – загальне число перекачувальних станцій; C_p – вартість м³ резервуарної місткості.

Таблиця 11.3 - Капітальні затрати на одну перекачувальну станцію (в тис. грн.) для нафтопроводів в цінах до 1990 року

Пропускна здатність, млн.т/рік	Вартість головної насосної станції, тис. грн		Вартість проміжної насосної станції, тис. грн	
	на новому майданчику	на суміщеному майданчику	на новому майданчику	на суміщеному майданчику
0,7-0,9	1339	935	830	500
1,3-1,6	1504	1060	854	515
1,8-2,3	1643	1160	920	555
2,5-3,2	1867	1320	1127	680
3,5-4,8	2556	1800	1274	765
6,5-8,5	5418	3820	1926	1160
10-12	6730	4700	2012	1210
14-18	8077	5605	2170	1315
22-26	9202	6355	2554	1535
32-36	12300	8640	2788	1675
42-50	15396	10925	3023	1815
70-78	16195	11345	3550	2135

Топографічні умови прокладання і регіональна приналежність траси трубопроводу враховуються за допомогою відповідних коефіцієнтів

$$K_m = \sum_{i=1}^{n_m} \frac{K_n \cdot R_n}{100}, \quad (11.9)$$

$$K_p = \sum_{i=1}^{n_m} \frac{K_{pI} \cdot R_{pI}}{100}, \quad (11.10)$$

де, R_{pI} – відповідно процентний склад ділянок з топографічним і регіональним коефіцієнтами K_{T1} і K_{p1} від загальної протяжності трубопроводу; n_T , n_p – кількість ділянок.

Значення коефіцієнта K_T приведено в таблиці 11.4, а регіональний коефіцієнт для всіх областей України дорівнює $K_p = 0,99$.

Зведений корегуючий коефіцієнт знаходиться за формулою

$$K_{зв} = K_T - K_p. \quad (11.11)$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів повні капіталовкладення в трубопровідний транспорт набувають вигляду

$$K_{тр} = K_{зв} (K_{тр.л} + K_{тр.пс}) \quad (11.12)$$

Зведені затрати на трубопровідний транспорт

$$P_{тр} = Z_{тр} + EK_{тр} \quad (11.13)$$

Таблиця 11.4 - Поправочний коефіцієнт K_T на топографічні умови

Топографія траси	Діаметр трубопроводу, мм		
	до 426	529 - 820	1020-1420
1	2	3	4
Лінійна частина			
Рівнинно-горбиста	1,00	1,00	1,00
Пустинна	0,91	0,92	0,91
Гориста	1,45	1,19	1,17
Болотиста	1,40	1,43	1,45
Північна	2,68	2,16	2,08
Площадкові споруди			
Рівнинно-горбиста	1,00	1,00	1,00
Пустинна	1,00	1,00	1,02
Гориста	1,19	1,23	1,26
Болотиста	1,04	1,06	1,07
Північна	1,10	1,16	1,19
Трубопровід в цілому			
Рівнинно-горбиста	1,00	1,00	1,00
Пустинна	0,92	0,95	0,94
Гориста	1,43	1,21	1,19
Болотиста	1,38	1,34	1,38
Північна	2,64	1,97	1,96

Рекомендовані нормами проектування робочі тиски і пропускні здатності в залежності від діаметра трубопроводів приведені в табл. 11.5.

При наявності лупінгів або вставок великого діаметра ціну лінійної частини знаходять за формулами:

$$K_{\text{тр.луп}} = C_{\text{л}} \cdot L_{\text{тр}} + C_{\text{луп}} \cdot X_{\text{луп}} .$$

$$K_{\text{тр.вст}} = C_{\text{л}} \cdot (L_{\text{тр}} - X_{\text{вст}}) + C_{\text{вст}} \cdot X_{\text{вст}} . \quad (11.14)$$

де $X_{\text{луп}}$, $X_{\text{вст}}$ – відповідно довжина лупінга і вставки;

$C_{\text{луп}}$, $C_{\text{вст}}$ – затрати на спорудження 1 км лупінга і вставки.

Таблиця 11.5 – Показники нафтопродуктопроводів

Продуктивність, млн.т/рік	Діаметр, мм	Робочий тиск	
		МПа	кгс/см ²
0,7-1,2	219	8,8-9,8	90-100
1,1-1,8	273	7,4-8,3	75-85
1,6-2,4	325	6,6-7,4	67-75
2,2-3,4	377	5,4-6,4	55-65
3,2-4,4	426	5,4-6,4	55-65
4-9	530	5,3-6,1	54-62
7-13	630	5,1-5,5	52-56
11-19	720	5,6-6,1	58-62
15-27	820	5,5-5,9	56-60
23-50	1020	5,3-5,9	54-60

11.2.2 Розрахунок економічних показників залізничного транспорту

Повний час обороту однієї цистерни:

$$\tau_n = \left(2 \frac{L_3}{l_3} + \tau_3\right) \cdot \vartheta_3. \quad (11.15)$$

де L_3 – протяжність залізниці;

l_3 – середньодобовий пробіг цистерни;

τ_3 – час завантаження і розвантаження;

ϑ_3 – коефіцієнт нерівномірності роботи залізничного транспорту, який враховує можливість затримки в дорозі. Кількість оборотів цистерни за рік

$$n_{ц} = \frac{365}{\tau_n} \quad (11.16)$$

Необхідна кількість залізничних цистерн

$$\Pi = \frac{M_p}{q \cdot \rho \cdot n_{ц}} \quad (11.17)$$

де q – об'ємна ємність однієї цистерни.

Необхідна кількість локомотивів знаходиться, виходячи з числа цистерн в залізничному маршруті Π_m :

$$Z = \frac{\Pi}{\Pi_m}. \quad (11.18)$$

Експлуатаційні витрати

$$З_3 = S_3 \cdot M_p \cdot L_3 \quad (11.19)$$

Грошові затрати при використанні залізничного транспорту

$$K_3 = C_z \cdot Z + C_{ц} \Pi, \quad (11.20)$$

де C_z , $C_{ц}$ – ціна локомотива і вагона-цистерни відповідно. Зведені затрати на залізничний транспорт

$$P_3 = З_3 + E \cdot K_3 \quad (11.21)$$

При розрахунку характеристик залізничного транспорту, при наявності інформації, необхідно враховувати на який напрямок (незавантажений чи завантажний) накладається новий вантажопотік, тому що це може внести вагомі корективи в розрахунок.

11.2.3 Розрахунок економічних показників водного транспорту

Повний час обороту однієї баржі (танкера)

$$\tau_n = \left[L_{ВД} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) + \tau_B \right] \cdot \vartheta_{ВД}, \quad (11.22)$$

де $L_{ВД}$ – дальність перевезення вантажів водою;
 L_1, L_2 – добовий хід каравану барж (танкерів) відповідно проти і за течією;
 τ_b – час навантаження і розвантаження суден;
 $\vartheta_{ВД}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи водного транспорту. Річна кількість рейсів (оборотів) баржі (танкера)

$$n_{бр} = \frac{\tau_n}{\tau_n}, \quad (11.23)$$

де τ_n – тривалість навігаційного періоду.

Сумарна вантажопідйомність всіх барж, необхідних для заданого вантажопотоку,

$$Г = \frac{G_{Г}}{n_{бр}}. \quad (11.24)$$

Затрати на спорудження барж

$$K_{БР} = C_{БР} \cdot Г, \quad (11.25)$$

де $C_{БР}$ – ціна одиниці вантажопідйомності баржі (танкера).

Сумарна потужність буксирів

$$N_{Б} = P_{Б} \cdot Г, \quad (11.26)$$

де $P_{Б}$ – потужність, що затрачується на буксирування одиниці вантажу.

Ціна необхідної кількості буксирів для несамохідних барж

$$K_{Б} = C_{Б} \cdot N_{Б}, \quad (11.27)$$

де $C_{Б}$ – ціна одиниці потужності буксиру.

Необхідна місткість резервуарного парку

$$V = \frac{2M_{Р}}{\rho} \cdot \frac{365 - \tau_n}{365\varphi}, \quad (11.28)$$

де φ – коефіцієнт заповнення місткості.

Капіталовкладення в спорудження необхідної місткості

$$K_{v} = C_{P} \cdot V_0, \quad (11.29)$$

де V_0 – корисний об'єм резервуарів ($V_0 = 1,05 V$); C_P – ціна спорудження одиниці місткості резервуарів.

Капіталовкладення в водний транспорт

$$K_{ВД} = K_{БР} + K_{Б} + K_{v}. \quad (11.30)$$

Експлуатаційні затрати при водному транспорті

$$З_{ВД} = S_{ВД} + M_{Р} \cdot L_{ВД}. \quad (11.31)$$

Зведені затрати у водному транспорті

$$P_{ВД} = З_{ВД} + E \cdot K_{ВД}. \quad (11.32)$$

Після завершення розрахунків економічних показників за видами транспорту перевага віддається способу, що має найменші зведені затрати.

11.2.4. Приклад розрахунку економічних показників

Визначити доцільний спосіб транспортування $M = 17$ млн.т в рік нафти на нафтопереробні заводи. Густина нафти $\rho = 879$ кг/м³.

Транспортування нафти можна здійснити по рікам сумарна довжина яких $L_B = 1300$ км ; залізницею довжина якої $L_3 = 1100$ км і по трубопроводу довжиною $L_{TR} = 880$ км. Місцевість, якою може бути прокладено трубопровід, рівнинно-горбиста. Тривалість навігаційного періоду $\tau_n = 280$ діб.

Для заданого вантажопотоку за таблицями – 11.5 і 11.1: вибираємо діаметр трубопроводу 720 мм, собівартість перекачування яким дорівнює 0,082 коп./(т.км). Експлуатаційні затрати при трубопровідному транспортуванні нафти

$$Z_{TR} = 0,082 \cdot 10^{-2} \cdot 880 \cdot 17000000 = 12,267 \cdot 10^6 \text{ грн./рік}$$

У відповідності з нормами проектування довжина експлуатаційної ділянки приймається в межах (400...600) км. Виходячи з цього, приймаємо $n_e = 2$.

Об'єм резервуарного парку буде дорівнювати

$$V_p = [(2 - 1) \cdot 0.4 + 2,5] \cdot Q_{\text{ДОБ}},$$

$$Q_{\text{ДОБ}} = \frac{M}{350 \cdot \rho \cdot 0,95} = \frac{17 \cdot 10^9}{350 \cdot 879 \cdot 0,95} = 58170 \text{ м}^3/\text{добу},$$

$$V_p = [(2 - 1) \cdot 0,4 + 2,5] \cdot 58170 = 168700 \text{ м}^3$$

Затрати на спорудження 1 км лінійної частини трубопроводу беремо із табл..11.7

$$C_L = 77,5 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{TRЛ} = 77,5 \cdot 800 = 68200 \text{ тис. грн.},$$

Приймаємо, що трубопровід повинен мати шість (одну головну і п'ять проміжних насосних станцій). Вартість спорудження насосних станцій беремо із табл. 11.3:

$$C_{ГПС} = 8077 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{ППС} = 2170 \text{ тис. грн.},$$

Ціну 1 м³ місткості для розрахунків з урахуванням технологічних трубопроводів і допоміжних споруд приймаємо рівною 20 грн.

Капіталовкладення в насосну станцію знайдемо за формулою (2.8)

$$K_{TR.ПС} = 8077 + (6-1) \cdot 2170 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot 168700 = 22301 \text{ тис. грн.}$$

Територією України проходить 100% траси ($K_P = 0,99$). Траса в основному пройде по рівнинно-горбистій місцевості ($K_T = 1$) (табл. 11.4)
Зведений коефіцієнт

$$K_{ЗВ} = K_T \cdot K_P = 1 \cdot 0,99 = 0,99.$$

За формулою (11.12) розраховуємо капіталовкладення в трубопровідний транспорт:

$$K_{ТР} = 0,99 \cdot (68200 + 22301) = 89596 \text{ тис. грн.}$$

Зведені затрати на трубопровідний транспорт знаходяться за формулою (11.13):

$$P_{ТР} = 12,267 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 89,596 \cdot 10^6 = 25,706 \cdot 10^6 \text{ грн/рік.}$$

На основі фактичних даних середньодобовий пробіг цистерни можна прийняти рівним (200-250) км/добу. Час завантаження і розвантаження порядку 4 годин. Коефіцієнт нерівномірності роботи залізничного транспорту лежить в межах 1-1,5.

Приймаємо

$$L_3 = 240 \text{ км/добу, } \tau_3 = 4/24 \text{ діб, } \vartheta_3 = 1,2.$$

За формулою (11.15) визначимо повний оборот однієї цистерни

$$\tau_n = \left(2 \cdot \frac{1100}{240} + \frac{4}{24} \right) \cdot 1,2 = 11,2 \text{ доби.}$$

Число оборотів цистерни за рік визначимо за (11.16)

$$n_{ц} = \frac{365}{11,2} = 32,59 .$$

Вагон-цистерна (ТИП-60) місткість 60 м^3 . Визначимо необхідну кількість залізничних цистерн за (11.17)

$$Ц = \frac{17 \cdot 10^9}{60 \cdot 879 \cdot 32,59} = 9891 \text{ шт..}$$

Необхідну кількість локомотивів знаходимо для маршруту, який складається з 50 цистерн:

$$Z = \frac{9891}{50} = 198 \text{ шт.}$$

При собівартості залізничного транспорту 0,33 коп./(т.км) експлуатаційні затрати знайдемо за формулою (11.19)

$$З_3 = 0,33 \cdot 10^{-2} \cdot 10^6 \cdot 1300 = 72,93 \cdot 10^6 \text{ грн./рік.}$$

Ціна однієї цистерни місткістю 60 м^3 рівна 5,65 тис. грн. Ціна одного електровоза вітчизняного виробництва в залежності від його потужності складає $66,8 \div 278$ тис. грн., а одного тепловоза $104 \div 318$ тис. грн. Виходячи з цього, визначаємо грошові затрати на залізничний транспорт за формулою (11.20)

$$K_3 = 0,2 \cdot 10^6 \cdot 198 + 5,65 \cdot 10^3 \cdot 9891 = 95,484 \cdot 10^6 \text{ грн.}$$

Зведені витрати в залізничний транспорт

$$P_3 = 72,93 \cdot 10^6 + 0,12 \cdot 95,484 \cdot 10^6 = 84,388 \cdot 10^6 \text{ грн./рік.}$$

Середня швидкість руху річкових барж за течією 130 км/добу, проти течії 90 км/добу. Коефіцієнт нерівномірності роботи водного транспорту $\alpha_{ВД} = 1,25$. Час навантаження і розвантаження для річкових барж складає 1 добу. Повний час обороту однієї баржі визначимо за формулою (11.22)

$$\tau_n = \left[1300 \cdot \left(\frac{1}{130} + \frac{1}{90} \right) + 1 \right] \cdot 1,25 = 31,8 \text{ діб.}$$

Кількість рейсів в рік знаходимо за формулою (2.23)

$$n_{БР} = \frac{280}{31,8} = 8,803.$$

Загальна вантажопідйомність барж

$$Г = -\frac{17 \cdot 10^6}{8,803} = 1,931 \cdot 10^6 \text{ т.}$$

Ціна одиниці вантажопідйомності баржі

$$C_{БР} = 40 \text{ грн./т.}$$

Затрати на спорудження додаткових барж без врахування силових установок

$$K_{БР} = 40 \cdot 1,931 \cdot 10^6 = 77,24 \cdot 10^6 \text{ грн.}$$

Потужності, що витрачаються на буксирування одиниці вантажу приймаємо рівними $P_b = 0,1$ кВт/т.

Знайдемо сумарну потужність буксирів

$$N_b = 0,1 \cdot 1,931 \cdot 10^6 = 0,1931 \cdot 10^6 \text{ кВт.}$$

Якщо прийняти, що ціна одиниці потужності складає $C_E = 2000$ грн. / кВт, то капіталовкладення в буксири будуть становити

$$K_b = 2 \cdot 10^3 \cdot 0,1931 \cdot 10^6 = 386,2 \cdot 10^6 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт заповнення місткості $\varphi = 0,95$. Місткість резервуарного парку для приймання нафти в міжнавігаційний період визначимо за формулою (11.28)

$$V = \frac{2 \cdot 17 \cdot 10^9}{879} \cdot \frac{365 - 280}{365 \cdot 0,95} = 9,482 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Капіталовкладення в спорудження необхідної місткості

$$K_v = 20 \cdot 1,05 \cdot 9,482 \cdot 10^6 = 199,122 \cdot 10^6 \text{ грн.}$$

Сумарні грошові затрати на водний транспорт

$$K_{ВД} = 77,24 \cdot 10^6 + 386,2 \cdot 10^6 + 199,122 \cdot 10^6 = 662,562 \cdot 10^6 \text{ грн.}$$

При середній собівартості водного транспорту рікою 0,17 коп./т.км експлуатаційні затрати знайдемо за формулою

$$Z_{ВД} = 0,17 \cdot 10^{-2} \cdot 1300 \cdot 17 \cdot 10^6 = 37,57 \cdot 10^6 \text{ грн./рік.}$$

Зведені затрати при водному транспорті

$$P_{ВД} = 37,57 \cdot 10^6 + 0,12 \cdot 662,562 \cdot 10^6 = 117,077 \cdot 10^6 \text{ грн./рік.}$$

Прийняття рішення

Аналіз зведених затрат у різні способи транспортування ($P_{ТР} = 25,706 \cdot 10^6$ грн./рік, $P_3 = 84,388 \cdot 10^6$ грн./рік, $P_{ВД} = 117,077 \cdot 10^6$ грн./рік)

показує, що найбільш економічним є в даному випадку трубопровідний транспорт нафти, тому що він має найменші зведені затрати.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН А.2.2-3-2012. Зміст проектної документації на будівництво / Затверджено наказом Мінрегіону від 03.03.2012 № 98. – 27 с.
2. ДБН А.2.1 -1-2008 Інженерні вишукування для будівництва / Затверджено наказом Мінрегіону від 24.12.2007 № 123. – 29 с.
3. ДБН В.1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва / Затверджено наказом Мінрегіону від 31.10.2016 № 287. – 32 с.
4. ДБН В.1.2-4-2006 Захисні споруди цивільного захисту (цивільної оборони) / Затверджено наказом Мінбуду від 04.08.2006 № 257. – 22 с.
5. ВСН 51-1-80. Инструкция по производству строительных работ в охранных зонах магистральных газопроводов Министерства газовой промышленности. Мингазпром, 1980 г.
6. ДСТУ Б А.2.2-7:2010 Проектування. Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у складі проектної документації. Основні положення
7. ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів
8. ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд
9. ДБН А.3.1-5-2009 Організація будівельного виробництва
10. Бунчук В.А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа / В.А. Бунчук. – Москва : Недра, 1977. – 366 с.
11. Вырвинский, П.П. Транспорт при геологоразведочных работах: учебн. пособие / П.П. Вырвинский. – К. : УМК ВО, 1988. – 190 с.
12. Брылов, С.А. Транспорт при геологоразведочных работах / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, О.Б. Чистяков. – М.:Недра, 1979. – 258 с.
13. Транспорт на гірничих підприємствах: підруч. для вузів / під. ред. проф. М.Я. Біліченка; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 3-тє вид. – Д: НГУ, 2005. – 636 с.
14. ГОСТ 9720 – 76. Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 750 мм / Введен постановлением Госстроя СССР № 156 от 5.10.1976. – 14 с.
15. ДСТУ Б. В.2.1– 2 – 96. Грунти. Класифікація / Введено наказом Держкоммістобудування України № 189 від 01.11.1996. – 42 с.
16. СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 52 с.
17. ГОСТ 12124-87 - Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов. Типы и основные параметры / Введен в действие с 1.06.1987 г.
18. СНиП 1.02.01-85 Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений / Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 23.12.1985 г. № 253. – 98 с.

19. ОНТП 51-1-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования. Магистральные трубопроводы. Часть 1. Газопроводы.– М.: Мингазпром, 1985. – 221 с.: ил.

20. Касперович В.К. Трубопровідний транспорт газу: Підручник – Івано-Франківськ: Факел, 1999. – 194 с з іл.