

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

## **Лекція 1.7. ПРОХІДНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ**

- 1.7.1. *Визначення і основні положення прохідності, що впливають на прохідність.*
- 1.7.2. *Особливості взаємодії автомобільного колеса з ґрунтом, що деформується та перешкодами.*
- 1.7.3. *Профільна прохідність.*
- 1.7.4. *Опорна прохідність.*
- 1.7.5. *Показники прохідності та вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на прохідність.*
- 1.7.6. *Експериментальне оцінювання показників прохідності автомобілів.*
- Контрольні питання.*

### **1.7.1. *Визначення і основні положення прохідності.***

Прохідність автомобіля – це експлуатаційна властивість, яка визначає можливість руху автомобіля в погіршених дорожніх умовах, по бездоріжжю та при подоланні перешкод.

До погіршених дорожніх умов відносяться: мокрі, забруднені, засніжені, розбиті та розмоклі дороги.

Під час руху автомобіля по бездоріжжю його рушій взаємодіє з різними ґрунтовими поверхнями, які поділяють на:

- зв’язні (легкосуглинисті, суглинисті, важкосуглинисті);
- піщані (пилуваті, дрібнозернисті, середньозернисті та великозернисті);
- заболочені (суцільні, сапропелеві, сплавинні);
- сніг (пухкий, зернистий).

До перешкод відносяться:

- ухили;
- бар’єрні перешкоди (дорожні насипи, канали, кювети, рови);
- дискретні перешкоди (пеньки, валуни та ін.).

*За прохідністю* опорні поверхні [3] поділяють на:

- удосконалені дороги з твердим покриттям, які залежно від пропускної спроможності, ширини і профілю дороги, стану покриття поділяються на 5 категорій;
- невдосконалені дороги – дороги без твердого покриття (лісові, польові тощо);
- бездоріжжя (ґрунт, сніг, лід, земля).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

Земля від ґрунту відрізняється тільки родючістю, що в значній мірі визначається наявністю в ній гумусу.

За гранулометричним складом ґрунти поділяють на:

- великоуламкові ґрунти – ґрунти, в яких частинки ґрунту розміром більш ніж 2 мм;
- піщані ґрунти – ґрунти, в яких частинок розміром більш ніж 2 мм не більше 25%;
- глинисті ґрунти – ґрунти, в яких частинки ґрунту  $\leq 0,005$  мм.

За наявністю глинистих частинок ґрунти поділяють на:

- піщані ґрунти – ґрунти, які містять глинистих частинок до 3%;
- супіщані ґрунти – ґрунти, які містять глинистих частинок від 3% до 12%;
- суглинисті ґрунти – ґрунти, які містять глинистих частинок від 12% до 18%;
- важкі суглинисті ґрунти – ґрунти, які містять 18...25% глинистих частинок;
- глинисті ґрунти – ґрунти, які містять глинистих частинок більше 25%

Сипкими вважаються піщані та супіщані ґрунти, а в'язкими – суглинисті, важкі суглинисті та глинисті.

Фізичні властивості деформівної поверхні руху оцінюють за багатьма параметрами, основні з них:

- вологість  $W = \frac{m_g}{m_c}$ ,

де:  $m_g$  – маса води, що знаходиться в ґрунті;

$m_c$  – маса сухої речовини в ґрунті;

- межа плинності – вологість, при якій стандартний конус за 5 с під дією власної ваги занурюється на глибину 10 мм;
- межа пластичності – вологість, при якій зразок ґрунту розкочується в шнур  $\varnothing$  3мм без руйнування на шматки;
- липкість, яка характеризується силою, необхідною для відриву прилиплої

до ґрунту пластини, віднесеної до одиниці площі  $P_n = \frac{F_{\max}}{A}$ ,

де:  $F_{\max}$  – сила, прикладена до зразка;

$A$  – площа зразка;

- густина ґрунту  $\rho = \frac{m_2}{V_2}$ ,

де:  $m_2$ ,  $V_2$  – відповідно маса і об'єм ґрунту.

Механічні властивості поверхні, що деформується, характеризуються :

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

- нормальним деформуванням ґрунту під дією сили тяжіння;
- дотичним деформуванням ґрунту під дією поздовжніх сил.

Під дією нормального навантаження відбувається деформація ґрунту. При цьому в загальному випадку тиск на ґрунт залежить від глибини занурення.

На рис.7.1 наведені експериментальні залежності тиску на ґрунт  $P_z$  від глибини занурення  $h_z$  для однорідного ґрунту і ґрунту з твердою основою.

Умовно цю залежність розбивають на три ділянки:

- I – стиснення;
- II – ущільнення і зсув;
- III – витіснення ґрунту.

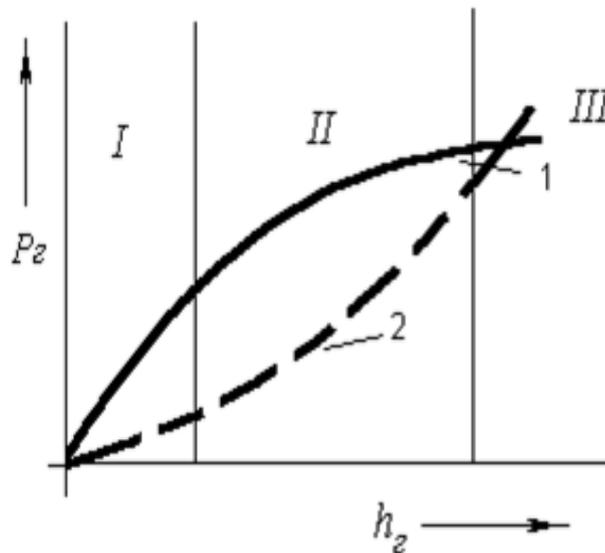


Рис.7.1. Залежності  $P_z = f(h_z)$  :  
1 – однорідний ґрунт;  
2 – ґрунт з твердою основою.

Втрата прохідності автомобілем може бути повною або частковою. Повна втрата прохідності – припинення руху в певних умовах. Часткова втрата прохідності – зменшення швидкості руху і збільшення витрати палива.

Прохідністю повинні володіти всі автомобілі, але в залежності від призначення, в різній мірі. Тому автомобілі за рівнем прохідності поділяються на: дорожні, підвищеної прохідності, високої та особливо високої прохідності.

Конструктивними ознаками дорожніх автомобілів є: неповноприводність, використання шин з дорожнім або універсальним малюнком протектора, заблоковані диференціали). Ознаки автомобілів підвищеної прохідності:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

повноприводність, використання шин з відповідним протектором, наявність системи регулювання тиску повітря в шинах, блокованих диференціалів, засобів самовитаскування, підвищений динамічний фактор. Характерними ознаками автомобілів високої прохідності є: особлива компоновочна схема, повноприводність, використання самоблокуючих диференціалів, спеціальних шин (катків) наднизького тиску, додаткових пристроїв підвищення прохідності (висувні катки, водяний рушій). У конструкціях автомобілів особливо високої прохідності додатково до використання засобів, характерних для автомобілів високої прохідності, застосовується встановлення спеціальних рушіїв (крокуючого, роторно-гвинтового, планетарно-каткового, повітряної подушки та ін..

Прохідність поділяється на профільну (характеризує можливість долати нерівності шляху, перешкоди, та вписуватись в потрібну смугу руху) та опорну (визначає можливість руху в погіршених дорожніх умовах та по ґрунтах, що деформуються).

### **1.7.2. Особливості взаємодії автомобільного колеса з ґрунтом, що деформується та перешкодами.**

Одним із найголовніших факторів, що визначають можливість руху АТЗ, тобто його прохідність, є характер і наслідки взаємодії колеса із опорною поверхнею, які можуть бути визначені з аналізу умови руху автомобіля (рівняння 1.11):

$$\Sigma P_y < \Sigma P_p < \Sigma P_\phi$$

де:  $\Sigma P_p$  - сума рушійних сил;

$\Sigma P_y$  - сума сил опору;

$\Sigma P_\phi$  - сума сил зчеплення.

Ця умова свідчить про те, що рух автомобіля є можливим при виконанні двох умов, перша з яких – сила тяги повинна бути більшою за суму сил опорів руху (коченню, підйому, повітря та інерції; друга – сума сил зчеплення повинна перевищувати сумарну силу тяги. При невиконанні першої умови колеса не зможуть провертатися, другої – пробуксовувати на місці. Враховуючи те, що у важких умовах бездоріжжя можливість незначних прискорень незначна, швидкість руху близька до мінімальної і зважаючи на відсутність значних підйомів і спусків, єдиною суттєвою силою опору руху буде сила опору коченню.

Тоді, цю ж умову можна представити у вигляді:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 62

$$\Sigma P_f < \Sigma P_p < \Sigma P_\varphi \quad (7.1)$$

При представлені даної умови у питомих величинах, поділивши всі складові на вагу *повноприводного* автомобіля, отримаємо:

$$Y_f < Y_p < Y_\varphi \quad (7.2)$$

а можливість руху конкретного автомобіля буде визначатися співвідношенням:

$$Y_f < Y_\varphi \quad (7.2a)$$

Однозначно можна стверджувати, що можливість руху автомобіля (тобто прохідність) прямопропорційно залежить від величини коефіцієнта зчеплення і обернено пропорційно від чисельного значення коефіцієнта опору коченню, то їх співвідношення у вигляді  $Y_\varphi / Y_f$  можна представити як показник прохідності  $\Pi_n$ :

$$\Pi_n = \frac{Y_\varphi}{Y_f} \quad (7.3)$$

З таблиць 2.1 (Середні значення коефіцієнта зчеплення при оптимальному і 100% ковзанні) і 2.2 (Значення коефіцієнта опору коченню) видно, що для всього діапазону опорних поверхонь значення коефіцієнту зчеплення лежить в межах:

$\varphi = (0,07 \dots 0,9)$ , а коефіцієнта опору коченню -  $f_0 = (0,007 \dots 0,3)$ , тобто теоретично чисельне значення показника прохідності знаходяться в межах:  $\Pi_n = (130 \dots 0,23)$ . З врахуванням можливих умов руху автомобіля можна стверджувати, що при значеннях  $\Pi_n \geq 1$  – автомобіль буде «прохідним», а при  $\Pi_n \leq 1$  – не «прохідним».

Основною причиною погіршення процесу взаємодій колеса з поверхнею дороги є наявність проміжного елемента (води, грязюки, снігу, льоду) в контакті шини із дорогою, що призводить до зниження коефіцієнта зчеплення та, як наслідок, до обмеження повної тягової сили.

Зниження коефіцієнта зчеплення в результаті наявності вологи на поверхні дороги також негативно впливає на коефіцієнт опору боковому відведенню шини і відповідно, на стійкість руху та керованість автомобіля.

Під час кочення автомобільного колеса по м'якому ґрунту деформується не тільки шина, але й ґрунт, в результаті чого сила опору коченню збільшується за рахунок сили опору ґрунту коченню колеса  $P_{f\Gamma}$ .

Розглянемо визначення можливості руху неповноприводного автомобіля. В загальному вигляді умовою можливості руху автомобіля є нерівність:

$$G_{зч} \cdot \varphi \geq G_a \cdot \varphi \quad (7.4)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

де:  $G_{зч}$  – часткова сила ваги автомобіля, яка припадає на ведучі колеса (зчіпна вага);

$G_a$  – повна сила ваги автомобіля.

В свою чергу відношення  $\frac{G_{зч}}{G_a} = K_\varphi$  – має назву коефіцієнта зчіпної ваги автомобіля.

Враховуючи попереднє рівняння, можна записати:

$$K_\varphi = \frac{G_{зч}}{G_a} = \frac{\psi}{\varphi} = \frac{f_r \pm i}{\varphi} \quad (7.5)$$

або для горизонтальної опорної поверхні:

$$K_\varphi = \frac{f_r}{\varphi} \quad (7.6)$$

або:

$$K_\varphi \cdot \varphi = f_r, \quad (7.7)$$

тобто при більших значеннях величин  $G_{зч}$  та  $\varphi$  ймовірність втрати прохідності у важких дорожніх умовах менша.

При  $f_r > \varphi$  рух автомобіля неможливий, бо сили опору перевищують сили зчеплення рушія з ґрунтом (колеса буксують).

Розглянемо *природу сили опору ґрунту*. Ця сила визначається роботою, яка витрачається на деформацію ґрунту, ковзання шини відносно ґрунту, подолання сил липкості ґрунту до шини, з яких перша складає до 70% (рис.7.2).

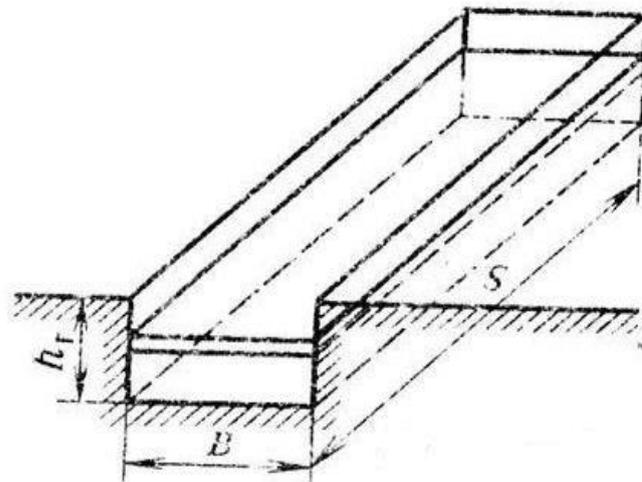


Рис.7.2. Колієутворення при коченні колеса по ґрунтовій поверхні.

Сила опору ґрунту коченню може бути визначена як:

$$P_{f_r} = \frac{A_r}{S} = B \cdot \int_0^{h_r} p \cdot dh_r \quad (7.8)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

де:  $A_r = S \cdot B \cdot \int_0^{h_r} p \cdot dh_r$  – робота витрачена на деформацію ґрунту.

$S$  – довжина колії;

$B$  – ширина колії;

$h_r$  – глибина колії.

$p \cdot dh_r$  – залежність нормального тиску колеса на ґрунт від глибини колії.

Звідки коефіцієнт опору коченню:

$$f_r = \frac{p_{f_r}}{P_{Z_k}} = \frac{B}{P_{Z_k}} \int_0^{h_r} p \cdot dh_r \quad (7.9)$$

Оцінка деформативних властивостей ґрунту здійснюється при зануренні в нього штампа при використанні як аналітичних, так і емпіричних залежностей, з яких найпростіша:

$$p = ch_r^\mu \quad (7.10)$$

де:  $c$  та  $\mu$  – постійні, які визначаються за результатами експерименту.

При підставивленні значення  $p = cz^\mu$  в попередню (7.9) формулу можна визначити:

$$f_r = B \cdot ch_r^{\mu+1} / P_z (\mu+1) \quad (7.11)$$

звідки видно, що залежність  $f_r = f(h_r)$  нелінійна і зі збільшенням  $h_r$  значення  $f_r$  збільшується.

Для конкретного ґрунту можна визначити  $h_r$  при відомому значенні нормального тиску в контактї:

$$h = \frac{P_r}{c^{1/\mu}} \quad (7.12)$$

В свою чергу нормальний тиск в контактї шини з ґрунтом залежить від внутрішнього тиску повітря в шині  $P_{п}$  та тиску в контактї, зумовленого жорсткістю оболонки шини  $p_o$ :

- для звичайних шин:  $P_{п} > 0,2 \text{ МПа}$ ;  $P_o = 0,01 \dots 0,02 \text{ МПа}$
- для низького тиску шин:  $P_{п} < 0,2 \text{ МПа}$      $P_o = 0,03 \dots 0,07 \text{ МПа}$ .

Враховуючи, що  $P = P_{п} + P_o$ , можна записати:

$$h_r = (P_{п} + P_o)^{1/\mu} / c^{1/\mu} \quad (7.13)$$

Повне тягове зусилля ведучого колеса обмежується силою тертя матеріала шини по ґрунту та опором ґрунту зрізу ґрунтозачепами (рис.7.3):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

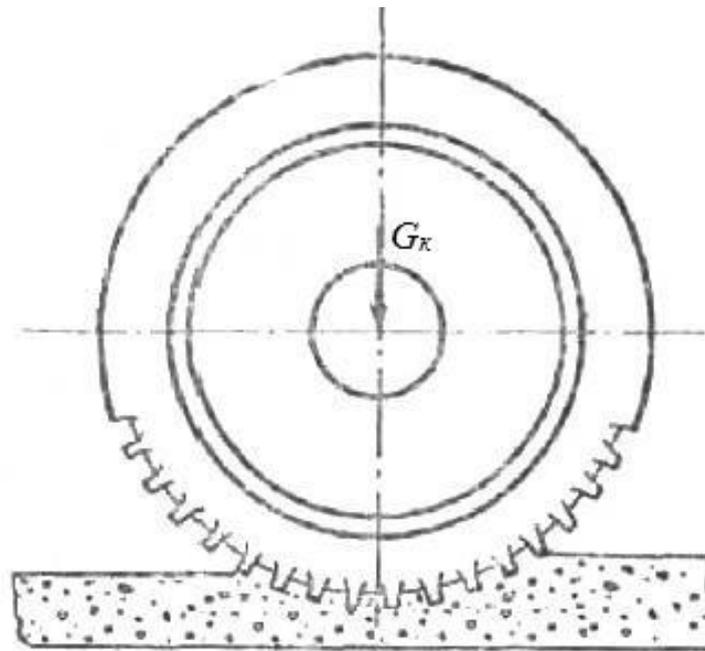


Рис.7.3. Схема взаємодії шини із ґрунтом.

Сила тертя матеріала шини по ґрунту залежить від навантаження на опорну поверхню ґрунтозачепів та коефіцієнта тертя гуми по ґрунту:

$$P_T = K_H \cdot G_K \cdot \varphi_p \quad (7.14)$$

де:  $K_H$  – коефіцієнт насиченості малюнка протектора;

$\varphi_p$  – коефіцієнт тертя гуми по ґрунту.

Сила зрізу ґрунту, який знаходиться між ґрунтозачепами, залежить від внутрішнього зчеплення частинок ґрунту  $C_o$  та внутрішнього тертя  $\varphi_o$ .

Сила внутрішнього зчеплення частинок ґрунту:

$$P_c = C_o \cdot F_K (1 - K_H) \quad (7.15)$$

Сила внутрішнього тертя в ґрунті:

$$P_{\varphi_o} = \varphi_o \cdot p \cdot F_K (1 - K_H) = \varphi_o G_K (1 - K_H) \quad (7.16)$$

Сила зчеплення колеса з ґрунтом дорівнює:

$$G_K \cdot \varphi_x = P_T + P_c + P_{\varphi_o} = (1 - K_H)(C_o F_K + \varphi_o G_K) \quad (7.17)$$

звідки можна визначити коефіцієнт зчеплення колеса ґрунтом:

$$\varphi_x = \frac{[K_H G_K \varphi_T + (1 - K_H)(F_K C_o + G_K \varphi_o)]}{G_K} \quad (7.18)$$

Із цієї залежності видно, що коефіцієнт зчеплення в значній мірі залежить від конструкції шини, навантаження на колесо та характеристик ґрунту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

М.Н. Летошнєв запропонував емпіричну залежність між тиском на ґрунт і глибиною занурення [3]:

$$P_z = c_z h_z^\mu, \quad (7.19)$$

де:  $c_z, \mu$  - коефіцієнти, визначені експериментальним шляхом.

М.Г. Беккер рекомендує враховувати розміри штампа. Отримана ним емпірична залежність має вигляд:

$$P_z = \left( \kappa_1 + \frac{\kappa_2}{b} \right) \mu h_z^\mu,$$

де:  $b$  – ширина штампа;

$\kappa_1, \kappa_2, \mu$  – експериментальні коефіцієнти, що характеризують ґрунт.

Для характеристики нормальної деформованості ґрунту вводиться поняття *несуча здатність ґрунту*  $P_s$  – тиск, при якому штамп занурюється в ґрунт без зростання тиску.

Дотична деформованість ґрунту під дією поздовжньої сили характеризується опором зсуву. Розрахункова схема для визначення опору зсуву ґрунту зображена на рис. 7.4.

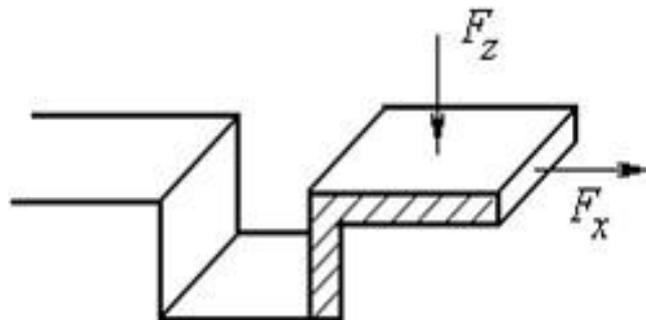


Рис.7.4. До визначення опору ґрунту зсуву

До штампа, навантаженого нормальною силою  $F_z$ , прикладається поздовжня сила  $F_x$ . У загальному випадку для зсуву ґрунту необхідно подолати опір сил внутрішнього зчеплення і тертя між частинками ґрунту.

З рівності сил маємо право записати:

$$F_x = F_{cy} + F_{mp}, \quad (7.20)$$

де:  $F_{cy}$  – сила внутрішнього зчеплення між частинками ґрунту;

$F_{mp}$  – сила внутрішнього тертя між частинками ґрунту.

Силу внутрішнього зчеплення між частинками ґрунту визначають за формулою:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

$$F_{c\mu} = C_0 \cdot A ,$$

де:  $C_0$  – коефіцієнт внутрішнього зчеплення між частинками;  
 $A$  – площа зсуву.

Сила тертя між частинками ґрунту дорівнює:

$$F_{mp} = f_{\theta} \cdot F_z ,$$

де:  $f_{\theta}$  – коефіцієнт внутрішнього тертя між частинками ґрунту;  
 $F_z$  – нормальна сила, діюча на штамп.

Прийнято виражати коефіцієнт внутрішнього тертя між частинками ґрунту через кут внутрішнього тертя

$$f_{\theta} = \operatorname{tg} \varphi_0 ,$$

де:  $\varphi_0$  – кут внутрішнього тертя.

Після підстановки отриманих значень сил тертя і зчеплення до рівняння (7.20) отримуємо:

$$F_x = C_0 A + F_z \operatorname{tg} \varphi_0 . \quad (7.21)$$

Поділивши на площу зсуву  $A$  праву і ліву частини цього рівняння, отримаємо залежність для визначення опору зсуву ґрунту під дією поздовжніх сил:

$$\tau = C_0 + P_z \operatorname{tg} \varphi_0 , \quad (7.22)$$

де:  $\tau$  – опір зсуву ґрунту, що чисельно дорівнює силі, необхідній для зсуву одиниці площі ґрунту.

Рівняння (7.22) описує закон Кулона-Мора .

Як приклад у табл.7.1 наведено експериментальні значення коефіцієнта внутрішнього зчеплення і кута тертя для деяких поверхонь, що деформуються.

Таблиця 7.1

Коефіцієнти внутрішнього зчеплення і тертя

Найменування поверхні	$C_0, \text{ МПа}$	$\varphi^\circ$
Болото	0,004...0,05	3...20°
Глинистий ґрунт	0,1...0,005	28°...6°
Піщані ґрунти	0,02...0,001	40°...28°

Оскільки при проектуванні автомобіля характеристики ґрунтів та навантаження на колесо є заданими величинами, то для збільшення коефіцієнта зчеплення підбираються відповідні шини.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

### 1.7.3. Профільна прохідність.

Більшість показників профільної прохідності уявляють собою геометричні параметри транспортного засобу. Профільну прохідність оцінюють такими показниками (рис.7.3):

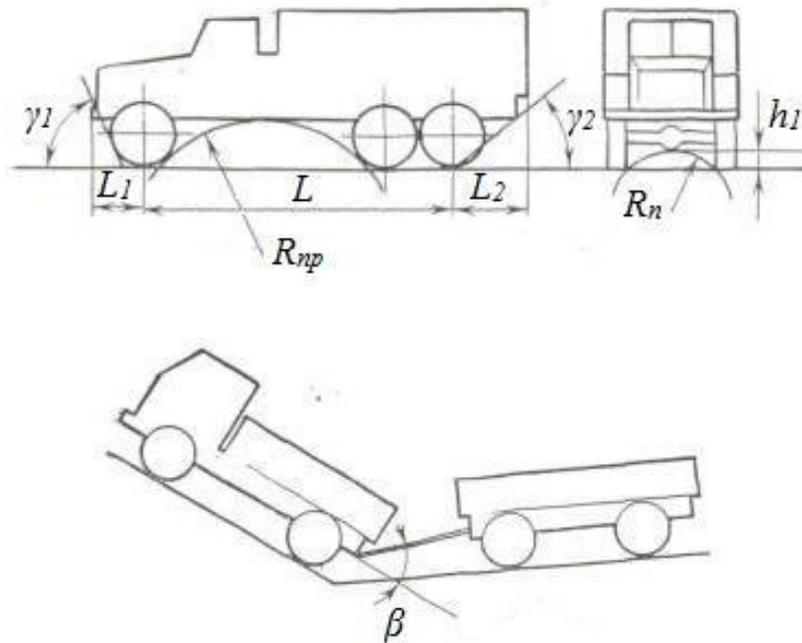


Рис.7.3. Показники профільної прохідності.

1. Дорожній просвіт ( $h_1$ ) – відстань від найбільш низько розташованих точок автомобіля до опорної поверхні.
2. Передній  $L_1$ (задній  $L_2$ ) звіс – відстань від крайньої точки контура передньої (задньої) виступаючої частини по довжині автомобіля до площини, перпендикулярної опорній поверхні, яка проходить через осі передніх (задніх) коліс.
3. Кут переднього  $\gamma_1$ (заднього  $\gamma_2$ ) звісу – кут між опорною поверхнею та площиною, дотичною до найбільш віддалених від центру точок передніх (задніх) коліс, яка проходить через крайню точку контуру передньої (задньої) частини автомобіля.
  - (дорожні автомобілі -  $\gamma_1 \geq 25^\circ$ ;  $\gamma_2 \geq 20^\circ$ );
  - (підвищеної прохідності  $\gamma_1 = \gamma_2 \geq 30^\circ$ );
  - (високої прохідності  $\gamma_1 = \gamma_2 \geq 60 \dots 70^\circ$ ).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2021
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 143

4. Поздовжній радіус прохідності  $R_{\text{п}}$  – радіус циліндра, дотичного до найбільш рознесених по базі сусідніх коліс, який проходить через нижчу точку контуру автомобіля.
5. Найбільший кут підйому – кут підйому довжиною не менше двократної довжини автомобіля (автопоїзда та рівну поверхню, який долається автомобілем без використання інерції, порушення умов нормальної роботи агрегатів автомобіля та безпеки руху.
  - (дорожній тип автомобіля -  $\alpha = 45^\circ$ );
  - (дорожній тип автомобіля -  $\alpha = 22^\circ$ ).
6. Найбільший кут косоугору, при проїзді якого бокове ковзання коліс не перевищує половині їх ширини.
7. Кути гнучкості автопоїзда в вертикальній  $\beta$  та горизонтальній  $\alpha$  площинах.
8. Поперечний радіус прохідності  $R_{\text{п}}$  – радіус циліндра, дотичного до коліс одного моста, який проходить через точку контура нижньої частини автомобіля.
9. Коефіцієнт співпадання колій передніх та задніх коліс  $\eta_c = \frac{B_{\text{сп}}}{B_{\text{сз}}}$  (де:  $B_{\text{сп}}$  та  $B_{\text{сз}}$  відповідно ширина сліду відповідно за переднім та заднім колесами).

Висота вертикальної перешкоди, яку може подолати автомобіль [14], залежить від того, в якому режимі рухається набігаюче колесо: веденому чи ведучому. На рис.7.4 наведені схеми сил, що діють на колесо, при подоланні вертикальної перешкоди висотою  $h$ .

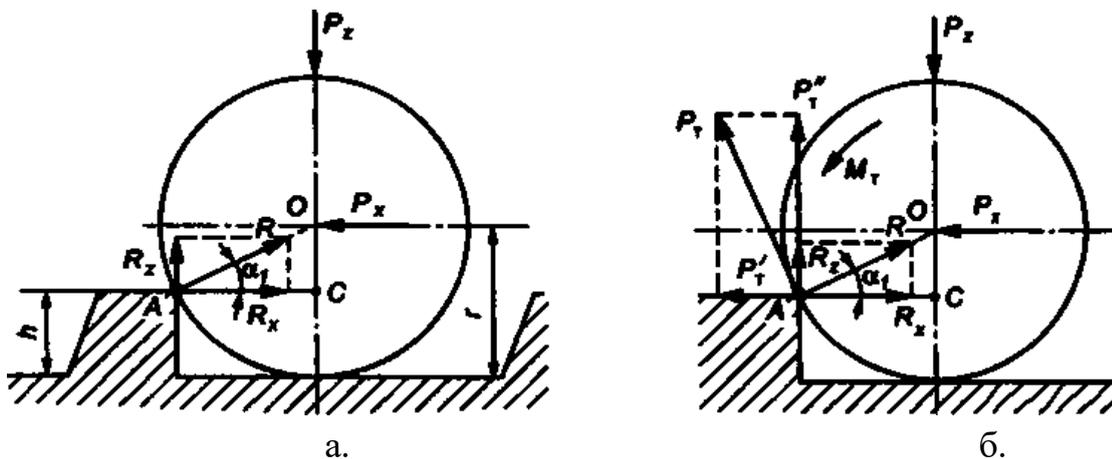


Рис.7.4. Схема сил, що діють на ведене (а) та ведуче колесо автомобіля при подоланні вертикальної порогової перешкоди.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

До колеса через раму передається штовхаюче зусилля  $P_x$ , яке викликає виникнення реакції  $R$  з боку перешкоди. При цьому для забезпечення рівноваги системи повинні виконуватись наступні умови:

$$R_z = P_z \quad R_x = P_x$$

При цьому, сили, що діють на колесо, пов'язані між собою рівностями:

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \quad \text{та} \quad P_x = P_z / \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (7.23)$$

З трикутника ABC отримуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = OC/AC = (r-h)\sqrt{(2rh - h^2)}, \quad (7.24)$$

звідки можна визначити:

$$P_x = P_z / \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{P_z \sqrt{(2rh - h^2)}}{\sqrt{r - h}}. \quad (7.25)$$

З виразу (7.25) можна зробити висновок про те, що при наїзді на перешкоду веденого колеса при  $h = r$  сила  $P_x$  стає нескінченно великою, тобто при наїзді ведених коліс на перешкоду висотою  $h$ , рівною за величиною радіусу колеса  $r$ , автомобіль не зможе її подолати, якою б великою не була б сила тяги ведучих коліс.

На ведуче колесо крім сил  $P_x$  і  $P_z$  діє також тяговий (крутний) момент  $M_m$ , за рахунок якого виникає сила тяги  $P_m$  (рис.7.4.б). Силу тяги  $P_m$  можна розкласти на дві складові: горизонтальну  $P'_m$  і вертикальну  $P''_m$ . Крім того, в результаті дії сил  $P_x$  і  $P_z$  виникають реакції з боку опорної поверхні  $R_x$  і  $R_z$ . Якщо спроекувати всі сили навівь абсцис і ординат, то отримаємо:

$$P_x = R_x - P'_m, \quad P_z = R_z + P''_m.$$

Саме наявність спрямованої догори сили  $P''_m$  надає можливість ведучому колесу здолати перешкоду висотою, рівною радіусу колеса, а сила  $P'_m$  зменшує складову сили опору  $R_x$ .

Характеристики підвіски суттєво впливають як на показники профільної, так і на показники опорно-зчпної прохідності в частині недопущення відриву коліс під час руху поверхнею складного профілю, збереженні їх контакту із опорною поверхнею з можливістю оптимального розподілу навантаження між ведучими колесами та створення на них тягової сили.

#### 1.7.4. Опорно-зчпна прохідність.

До оціночних показників опорно-зчпної прохідності, що характеризує процес взаємодії колеса із опорною поверхнею, відносяться [3]:

1. Зчпна маса (вага)  $m_{зч}$  – маса, що припадає на ведучі колеса автомобіля.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

2. Коефіцієнт зчпної маси: 
$$K_{cy} = \frac{m_{cy}}{m_a} = \frac{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^m R_{zij}}{G_a \cos \alpha}.$$

Рух за умови зчеплення можливий, якщо  $\varphi_x G_{cy} \geq \psi G_a$ ,

де:  $\varphi_x G_{cy}$  – зчпна сила на ведучих колесах автомобіля;

$\psi G_a$  – сила опору руху.

З урахуванням вищевикладеного маємо:

$$K_{зч} = \frac{G_{зч}}{G_a} = \frac{\psi}{\varphi_x} = \frac{f+i}{\varphi_x}.$$

Отже, рух можливий, якщо  $K_{cy} \geq \frac{f+i}{\varphi_x}$ .

У цьому випадку для подолання підйомів автопотягами у країнах ЄС беруть  $k_{cy} > 0,263$ , а в – Бельгії  $k_{cy} > 0,33$ .

3. Питома потужність автомобіля:

$$N_{num} = \frac{Ne_{max}}{m_a}.$$

Для забезпечення динамічності автопотягів беруть:

$$N_{num} > 6 \dots 7,5 \text{ кВт/т}$$

4. Потужність опору коченню – сума потужностей опору коченню кожного з коліс автомобіля:

$$N_f = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^n N_{f_{ij}}.$$

5. Потужність опору руху автомобіля:

$$N_p = N_f + N_i + N_j + N_n + N_{mp} + N_{np},$$

де:  $N_{mp}$  – потужність на подолання тертя в трансмісії;

$N_{np}$  – потужність на подолання опору причепа;

$N_f, N_i, N_j, N_n$  – потужності відповідно опорів коченню, підйому, розгону, повітря.

6. Потужність колієутворення  $N_{fz}$  – частина потужності опору руху автомобіля, затрачувана на деформацію опорної поверхні.

7. Повна сила тяги автомобіля  $F_T$  – сума сил тяги на ведучих колесах:

$$F_T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^m F_{T_{ij}}.$$

8. Вільна сила тяги на горизонтальній дорозі

$$F_{\text{в}} = F_T - F_n - F_{f\beta},$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

де:  $F_{f\delta}$  – сила опору коченню ведених коліс;

$F_n$  – сила опору повітря.

9. Коефіцієнт вільної сили тяги:

$$K_6 = \frac{F_6}{G_a}$$

10. Сила тяги на гаку автомобіля  $F_2$  – сила, прикладена з боку причепа:

$$F_2 = F_{np}$$

11. Питома сила тяги на гаку автомобіля:

$$K_2 = \frac{F_2}{G_a}$$

12. Тягова потужність на гаку автомобіля:

$$N_2 = F_2 \cdot V$$

13. Питома потужність на гаку:

$$Y_2 = \frac{N_2}{m_a}$$

14. Тиск на дорогу оцінюють:

а)  $p_k$  – середнім тиском колеса;

б)  $p_{np}$  – середнім тиском виступів рисунка протектора:

$$p_k = \frac{K_z}{S_k}; \quad p_{np} = \frac{K_z}{S_{np}},$$

де  $S_k, S_{np}$  – площі відповідно контактної відбитка шини і виступів протектора.

Граничний тиск на дорогу регламентований.

Європа  $p_k \leq 0,65$  МПа,  $p_{np} \leq 0,85$  МПа.

15. Тягово-швидкісна характеристика автомобіля на заданій ділянці місцевості – залежність питомої сили тяги на гаку від швидкості руху автомобіля на різних передачах

16. Здатність подолання важкопрохідних ділянок, яку визначають експериментально на розмоклій ґрунтовій дорозі та луках.

17. Найбільша глибина снігу, яку може долати автомобіль, визначають експериментально, шляхом збільшення глибини покриву.

### **1.7.5. Методи оцінки прохідності автомобілів та вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на прохідність.**

Для оцінки рівня прохідності автомобілів використовуються методи

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

визначення узагальненого критерія прохідності та метод порівняльної експертної оцінки.

Узагальнений критерій прохідності ( $\eta_n$ ) визначається як відношення транспортної продуктивності автомобіля в погіршених дорожніх умовах або на бездоріжжі до його транспортної продуктивності при здійсненні перевезень по дорозі із твердим покриттям:

$$\eta_n = \frac{G_{вдйсн} \cdot V_{аб}}{G_{вном} \cdot V_{ат}} \quad (7.26)$$

Узагальнений критерій прохідності в результаті розрахунків може мати значення в межах від 0 до 1 і означає:

- $\eta_n = 1$  – автомобіль повністю прохідний;
- $0 < \eta_n < 1$  – частково прохідний;
- $\eta_n = 0$  – не прохідний.

#### Порівняльна оцінка прохідності

Заснована на розгляді експертами конструктивних параметрів і показників автомобіля без врахування дорожніх умов.

Методика враховує 12 конструктивних параметрів і показників:

- 1- мінімальний тиск на ґрунт  $P_{min}$ ;
- 2- дорожній просвіт  $H_i$ ;
- 3- коефіцієнт насиченості протектора,  $K_n$ ;
- 4- висота ґрунтозачепів  $\Delta_{гр}$ , см;
- 5- коефіцієнт зчіпної маси  $K_\phi$ ;
- 6- коефіцієнт блокування диференціалу  $\lambda$ ;
- 7- динамічний фактор  $D_{max}$ ;
- 8- питома потужність  $N_{e_{max}}$ ;
- 9- вільний радіус колеса  $r_{в}$ , м;
- 10- кут переднього звішування  $\gamma_1$ ;
- 11- кут заднього звішування  $\gamma_2$ ;
- 12- поздовжній радіус прохідності,  $R_{пз}$ .

Показник прохідності розраховують за формулою:

$$P_{сер} = K_{в8} \cdot P'_{1max} + K_{в8} \cdot H'_{2min} + K_{в9} \cdot K'_{3} + K_{в9} \cdot \Delta'_{4гр} + K_{в10} \cdot K'_{5} + K_{в10} \cdot \lambda'_{6} + K_{в11} \cdot D'_{7} + K_{в11} \cdot N'_{8e_{num}} + K_{в12} \cdot r'_{9} + K_{в12} \cdot \gamma'_{1} + K_{в12} \cdot \gamma'_{2} + K_{в12} \cdot R'_{12пз} \quad (7.27)$$

де:  $K_{вi}$  – коефіцієнт вагомості параметрів (визначається методом експертних оцінок);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

$R'_{min} \dots R'_{пз}$  - відносні величини параметрів (визначаються за відношенням до максимального або мінімального значення з усіх розглянутих значень).

Як приклад використання цієї методики для кількох конкретних марок автомобілів підвищеної прохідності (Урал-375; ЗІЛ-131; ГАЗ-66; КраЗ-255Б і УАЗ-469) і дорожніх автомобілів (ЗІЛ-130 та ГАЗ-53) за підрахунками визначено середні значення показників прохідності, які для відповідних марок автомобілів дорівнюють (табл.7.2) :

Таблиця 7.2.

Середні значення показників прохідності деяких автомобілів

Автомобіль	Середнє значення показника прохідності, $P_{сер}$
Урал-375	0,87;
ЗІЛ-131	0,82
ГАЗ-66	0,81
КраЗ-255Б	0,77
УАЗ-469	0,75
ЗІЛ-130	0,57
ГАЗ-53	0,54

Варто відмітити, що наведені оцінки відповідають дійсності по результатах натурних випробувань автомобілів на визначення показників прохідності.

На прохідність впливають [3]: ходова частина автомобіля – шини, підвіска, кількість вісей; трансмісія – колісна формула, наявність блокування диференціалів, конструкція головної передачі; двигун – тип і потужність; компоновальна схема; засоби підвищення прохідності.

*Шини.* (діаметр, ширина і висота профілю, рисунок протектора)

Збільшення діаметра на поверхні, що деформується, збільшує коефіцієнт зчеплення  $\phi$  і зменшує коефіцієнт опору коченню  $f$ , оскільки зменшується глибина занурення і збільшується площа відбитка. Зі збільшенням зовнішнього діаметра коліс зростають висота перешкоди і ширина рову, що може подолати автомобіль.

Негативними наслідками збільшення зовнішнього діаметра шини є зростання маси і моменту інерції колеса, підвищення центра мас автомобіля.

Збільшення ширини шини позначається неоднозначно:

-на сухій дорозі коефіцієнт зчеплення збільшується, на піску – практично не змінюється, на глині зменшується; на мокрій і брудній дорозі може і збільшуватися, і зменшуватися.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

- коефіцієнт опору коченню  $f$  на поверхні, що деформується, знижується, а на твердій – збільшується.

Збільшення висоти профілю шини  $H$  збільшує коефіцієнт зчеплення  $\varphi$  і зменшує коефіцієнт опору коченню  $f$  на поверхні, що деформується, оскільки шина деформується на значну величину. У результаті це призводить до збільшення площі контакту шини з опорною поверхнею.

На автомобілях установлюють шини: тороїдні з нерегульованим і регульованим тиском, широкопрофільні, пневмокоотки.

Рисунок протектора може бути: дорожній, універсальний, підвищеної прохідності, кар'єрний. Із збільшенням коефіцієнта насиченості рисунка протектора відбувається зниження тиску колеса на дорогу. При цьому зменшується знос протектора і збільшується зчеплення колеса з сухою поверхнею дороги. На мокрій дорозі зменшення тиску колеса на дорогу знижує коефіцієнт зчеплення. Для доріг з твердим покриттям встановлено оптимальну величину коефіцієнта насиченості рисунка протектора  $K_n = 0,6 \dots 0,8$ .

На поверхнях, що деформуються, конструкція протектора повинна забезпечити високе значення коефіцієнта зчеплення, мінімальні втрати на кочення та самоочищеність протектора.

*Кількість вісей.* Якщо взяти коефіцієнт опору коченню на поверхні, що деформується, для чотиривісного автомобіля  $f_k = A$ , тоді для тривісного автомобіля  $f_k = (1,12 \dots 1,15) A$ , для двовісного  $f_k = (1,2 \dots 1,3) A$ . З аналізу наведеного випливає, що з точки зору прохідності оптимальним є чотиривісний автомобіль.

Рівномірний розподіл маси по вісях забезпечує найкращу прохідність. Проте на ґрунті, що деформується, бажано мати навантаження на передньому мосту на 3 ... 4 % більше, а на болоті – на 3 ... 4 % менше.

*Підвіска* забезпечує плавність руху, а менші динамічні навантаження сприяють прохідності. Для забезпечення високої прохідності бажано використовувати на автомобілях незалежну підвіску коліс, що рабезпечує більш рівномірний розподіл ваги автомобіля між його колесами.

*Потужність двигуна.* Збільшення питомої потужності двигуна, яка дорівнює відношенню потужності двигуна до його ваги, забезпечує велику швидкість руху, рідше перемикання передач. Так, збільшення швидкості руху автомобіля зменшує час перебування колеса в контакті з опорною поверхнею, а значить зменшить глибину колії. Рідше перемикання передач зменшує ймовірність інтенсивного буксування. Усе це позитивно позначиться на прохідності автомобілів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

Істотне значення має тип двигуна і тип регулятора кількості обертів дизельного двигуна. З точки зору прохідності оптимальним варіантом є дизельний двигун, обладнаний усережимним регулятором кількості обертів. Такий двигун забезпечить постійну швидкість руху автомобіля незалежно від зміни дорожнього опору. Не випадково такі двигуни застосовуються на бойових машинах, на машинах, що працюють у сільському господарстві під час оранки землі та збирання врожаю, на автомобілях підвищеної прохідності, великовантажних автомобілях-самоскидах .

*Міжколісний диференціал.* Як міжколісні диференціали застосовують: простий диференціал, диференціал з примусовим блокуванням, диференціал підвищеного внутрішнього тертя, диференціал з муфтою вільного ходу.

*Компонування автомобіля.* Компонування можуть бути: кабіна за двигуном, над двигуном, перед двигуном.

*Засоби підвищення прохідності.* Як засоби підвищеної прохідності застосовують ланцюги протиковзання (з двома і трьома гілками, тракові ланцюги), розширювачі коліс, пристрої для самовитягування.

#### **1.7.6. Експериментальне оцінювання показників прохідності автомобілів.**

У випробуваннях на прохідність [15] визначають показники роботи автомобіля на дорогах з твердою нерівною поверхнею, на ділянках, вкритих снігом, по бруду, по піску і заболоченій місцевості. Для автомобілів підвищеної і високої прохідності розглядають додатково можливість подолання вертикальних перешкод і заданих технічними умовами підйомів та водних перешкод. При цих випробуваннях мають велике значення такі показники: швидкості руху, можлива вантажопідйомність, витрата палива на одиницю шляху та робота автомобіля в тоно- або пасажиро-кілометрах. На прохідність автомобіля впливають геометричні параметри, колісна формула, тягові, опорно-зчіпні властивості, тип диференціала і можливість його блокування. До геометричних параметрів відносяться дорожні просвіти, кути звішування, радіуси поздовжньої і поперечної прохідності. Вимірюють величини  $n_{об}$  на сухій дорозі з твердим покриттям при відсутності буксування. Комплексним показником прохідності є глибина подоланої сніжної цілини, оскільки вона залежить і від геометричних і від тягово-зчіпних властивостей автомобіля. Для проведення випробувань вибирають рівну за профілем вкриту снігом ділянку дороги довжиною 100-200 м, товщина шару якого з поступово збільшується, або кілька ділянок, що мають різну товщину шару снігу. Автомобіль рухається

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

на нижній передачі (при наявності механізмів блокування диференціалів вони повинні бути включені) спочатку по ділянках з малою товщиною снігового покриву, а потім довше аж до його зупинки внаслідок повного буксування. У цей момент фіксують стан і глибину снігового покриву і колії, довжину пройденого шляху, можливість самостійного виїзду автомобіля заднім ходом. Дослід повторюють 2-3 рази при кожному з встановлених програмою випробувань значень тиску повітря в шинах. Глибину подоланого броду визначають при випробуваннях в спеціальних басейнах або природних водоймах. Брід довжиною не менше трикратної довжини автомобіля повинен мати щільне нев'язке дно. У випробуваннях на прохідність знаходять також найбільший кут підйому, який може здолати автомобіль. На полігонах є комплекс підйомів великої крутості (30, 40, 50, 60% і більше) (рис.7.5).

Підйоми мають шорсткувате тверде покриття. Автомобілі високої прохідності випробовують на подолання поперечнорозташованого рову і вертикальної стінки. Початкова ширина рову становить 0,5 м, а початкова висота вертикальної стінки 0,4 м. Для визначення показників прохідності автомобілів проводять також пробігові випробування, переміщення коліс до упору в буфери, взаємні відносні перекоси мостів.



*Рис.7.5. Випробувальні підйоми великої кривизни  
(автополігон НАМІ, м.Дмитров)*

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

Ці показники визначають можливість переїзду нерівностей, руху по ділянках з канавами, буграми і ямами. Дорожній просвіт вимірюють від опорної площини до характерних низьких точок автомобіля, наприклад, до балки заднього моста при повному навантаженні автомобіля. Кути звішування між опорною площиною і дотичними до шин і до крайніх нижніх точок контуру автомобіля визначають приладами вимірювання кутів. Прохідність автомобіля оцінюють за допомогою наступних тягових характеристик: питомої сили тяги на ведучих колесах і на гаку, коефіцієнтів опору руху автомобіля, зчеплення коліс і грунтом і буксування. Всі ці характеристики по ґрунтовій дорозі, піску, оранці, заболоченому лузі, сніжній цілині, льоду. У протоколах випробувань фіксують фізико-механічні властивості ґрунтів: площину, вологість, опір вдавненню, опір зрізу, товщину розпушеного (або перезволоженого) шару. Питома сила тяги на гаку:

$$P_{\text{гак}} = P_{\text{д}} / G_{\text{а}}, \quad (7.28)$$

де:  $G_{\text{а}}$  – вага автомобіля

$P_{\text{д}}$  – сила на динамометрі

Зусилля  $P_{\text{д}}$  в умовах руху з використанням динамометричного причепа точно такі ж, як при дослідженні тягово-швидкісних властивостей автомобіля. Коефіцієнт зчеплення коліс з грунтом

$$\varphi = P_{\varphi} / G_{\text{а}}, \quad (7.29)$$

де:  $P_{\varphi}$  – максимальна сила зчеплення коліс з грунтом.

Коефіцієнт буксування в різних умовах руху визначається за виразом:

$$\delta_{\text{б}} = \frac{n_{\text{б}} - n_{\text{об}}}{n_{\text{б}}}, 100\% \quad (7.30)$$

де:  $n_{\text{б}}$  і  $n_{\text{об}}$  – сума обертів ведучих коліс при русі на заданій ділянці шляху відповідно з буксуванням і без буксування.

### Контрольні питання

1. Як за прохідністю класифікують автомобілі?
2. Які типи шин застосовують на автомобілях підвищеної та високої прохідності?
3. Що означає поняття "вдосконалені дороги"?
4. На скільки категорій поділяються вдосконалені дороги?
5. Чим відрізняється ґрунт від землі?
6. Перелічіть фізичні властивості деформівної поверхні.
7. Чим характеризується нормальна деформованість ґрунту?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22/06- 05.02/1/274/00/1Б/ОК18- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 178 / 150

8. Як змінюється тиск на ґрунт залежно від глибини занурення?
9. Що означає поняття "носійна здатність ґрунту"?
10. Чим характеризується дотична деформованість ґрунту?
11. Що означає поняття "кут тертя"?
12. Від чого залежить сила опору зсуву ґрунту?
13. Як впливає тиск повітря в шині на розміри контактної відбитки?
14. Які сили виникають між виступами рисунка протектора й опорною поверхнею?
15. Які сили виникають між поверхнею, що потрапила між виступи рисунка протектора?
16. Який вплив сил внутрішнього зчеплення і внутрішнього тертя на величину сил зсуву ґрунту?
17. Чим зумовлений коефіцієнт опору коченню шини на твердій поверхні та поверхні, що деформується?
18. Чим зумовлений коефіцієнт зчеплення шини на твердій поверхні?
19. Які сили виникають під час буксування між шиною і твердою поверхнею?
20. Які сили виникають між шиною і деформованою опорною поверхнею під час буксування?
21. Чи існує зсув ґрунту на твердій поверхні?
22. На які види поділяють перешкоди?
23. Що таке коефіцієнт зчепної маси?
24. Що таке коефіцієнт насиченості рисунка протектора шини?
25. Що характеризує опорна прохідність автомобіля?
26. Що характеризує профільна прохідність автомобіля?
27. Що таке зчепна маса автомобіля?
28. Чому дорівнює коефіцієнт зчепної маси для повноприводних автомобілів?
29. Перелічіть основні критерії опорної прохідності.
30. Перелічіть основні критерії профільної прохідності.
31. Оціночні показники прохідності.
32. Фактори, що впливають на прохідність автомобіля.
33. Спосіб визначення дорожнього просвіту.
34. Комплексний показник прохідності.
35. Спосіб визначення кута схилу.
36. Тягові характеристики автомобіля, використовувані при випробуваннях на прохідність