

# **Studiul interacțiunii dintre organul de lucru tip lamă și mediu la mașinile pentru curățirea zăpezii**

Drd. Ing. GABRIEL GURĂ  
Compania Națională de Autostrăzi și Drumuri Naționale din Romania

In winter season, for a safe traffic on public roads, it is necessary the cleaning of the snow and also the taking of other measures in order to diminish the risk of skating. The cars with blade for snow removal are made by mounting of some specific equipments on these cars, on tractors with tyre or tracks or on special chassis that can be displaced. Therewith, there also used some earthworks equipments: graders, bulldozers, loaders that can be used to remove the snow. For the design and the use of these equipments it is important that the properties of the snow and ice to be known, properties that during the works interact both with the work layout and with the displacement one (wheels, tracks). The interaction process between the work layout with blade and environment depends on one side of the physical-mechanical characteristics of the environment, and on the other side depends of the work layout parameters. The equipments whith blade for snow removal usually push off the fresh snow from the roads by pushing it at the edge of the road or by throwing the snow edgeways at few meters.

## **1. Mașini cu lama pentru curățirea zăpezii: domeniu de utilizare, variante constructive.**

Pe timp de iarnă, pentru ca circulația autovehiculelor pe drumurile publice să se desfășoare în condiții de siguranță, este necesară curățarea zăpezii, precum și luarea altor măsuri pentru reducerea pericolului de patinare.

Mașinile cu lamă pentru curățirea zăpezii se realizează prin montarea unor echipamente specifice pe autovehicule, pe tractoare pe pneuri sau șenile sau pe șasiu special autodeplasabil.

Totodată, se utilizează și unele mașini de terasamente: autogredere, buldozere, încărcătoare cu cupă, care pot fi folosite la lucrări de dezăpezire, precum și autobasculante pentru transportul zăpezii.

Pentru proiectarea și utilizarea acestor mașini este important să se cunoască proprietățile fizico-mecanice ale zăpezii și gheții, care în timpul lucrului interacționează atât cu organul de lucru al mașinii, cât și cu organul de deplasare (roți, șenile).

Procesul de interacțiune dintre organul de lucru tip lamă și mediu la depinde pe de o parte de caracteristicile fizico-mecanice ale mediului, iar pe de altă parte de parametrii organului de lucru.

Mașinile cu lamă pentru curățirea zăpezii realizează, de regulă, îndepărtarea zăpezii proaspete de pe suprafața drumurilor prin deplasarea acesteia la marginea drumurilor sau prin aruncarea laterală a zăpezii la câțiva metri. Unele mașini cu lamă (mașini pe pneuri cu toate roțile motoare sau, mai rar, mașini pe șenile) pot realiza culoare de trecere prin zăpadă în cazul în care grosimea stratului de zăpadă depus pe suprafața drumurilor este foarte mare.

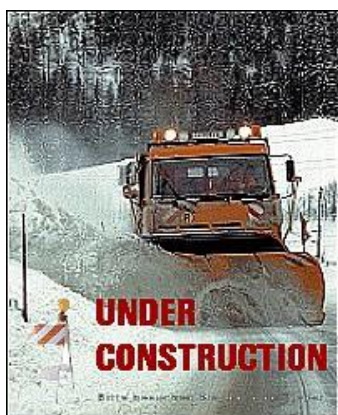
*După tipul mașinii de bază pe care se montează echipamentul de lucru există următoarele variante constructive:*

- montarea echipamentului pe un autoșasiu, variantă care se caracterizează printr-o viteză de deplasare ridicată în timpul lucrului, cu posibilitatea aruncării laterale a zăpezii la viteze de peste 25 km/h;

- montarea echipamentului de lucru cu lamă pe tractoare pe pneuri, cu ambele punți motoare sau pe tractoare pe șenile cu viteze de lucru sub 15 km/h, cu posibilitatea curățirii unui strat de zăpadă cu densitate și grosime mai mare;
- montarea echipamentului pe autogredere sau alte mașini speciale.

*După construcția echipamentului de lucru, mașinile pentru curățarea zăpezii cu lamă sunt de mai multe tipuri:*

- mașini cu o singură lamă (Fig. 1);
- mașini cu o lamă frontală și o lamă suplimentară montată lateral pe mașina de bază (Fig. 2);
- mașini cu două lame dispuse în formă de V, amplasate în partea din față a mașinii de bază (Fig. 3);
- mașini cu două lame dispuse în formă de V și două lame suplimentare montate lateral pe mașina de bază.



a)



b)

Fig. 1



a)

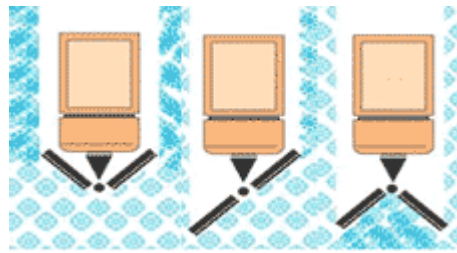


b)

Fig. 2



a)



b)

Fig. 3

## 2. Caracteristicile fizico-mecanice ale zăpezii și gheții.

Curățirea zăpezii de pe suprafața drumurilor se realizează prin interacțiunea organului de lucru tip lamă al mașinii cu mediul (zăpada și gheața) și, prin urmare, este influențat într-o măsură importantă de proprietățile acestora.

Datorită circulației mijloacelor de transport și a pietonilor, zăpada afânată se transformă în scurt timp în zăpadă compactă sau gheață, care se îndepărtează mult mai greu de pe suprafața drumurilor. Proprietățile zăpezii și gheții sunt influențate într-o măsură importantă de către densitate și temperatură.

Principalele proprietăți ale zăpezii afânate sunt următoarele:

- Densitatea (tabelul 1);
- rezistența la săpare (tabelul 2);
- duritatea (tabelul 3);
- frecarea exterioară a zăpezii față de oțel, determinată prin coeficientul de frecare exterioară (tabelul 4);
- frecarea internă a zăpezii, determinată prin coeficientul de frecare internă (tabelul 5).

**Tabelul 1. Densitatea zăpezii funcție de starea acesteia**

Starea zăpezii	Densitatea [kg/dm <sup>3</sup> ]	Valoarea medie a densității [kg/dm <sup>3</sup> ]
Zăpadă proaspătă curată	0,05 – 0,15	0,10
Zăpadă proaspătă în grămadă	0,20 – 0,30	0,25
Zăpadă veche	0,34 – 0,42	0,38

**Tabelul 2. Rezistența la săpare a zăpezii**

Starea zăpezii	Densitatea [kg/m <sup>3</sup> ]	Coeficient de rezistență la săpare, în N/m <sup>2</sup> la temperatura, în °C, de:		
		(-1)... (-3)	(-4)... (-22)	Sub -22
Zăpadă afânată	120 – 180	700 – 1800	200 – 800	400 – 1200
Zăpadă slab compactată	200 – 280	2000 – 4000	1500 – 3000	2000 – 5000
Zăpadă compactată	300 – 360	3000 – 7000	3000 – 7000	5000 – 10000

**Tabelul 3. Duritatea zăpezii în funcție de densitatea acesteia (gradul de afânare)**

Densitatea zăpezii	300	330	350	370	400

<b>compactate [kg/m<sup>3</sup>]</b>					
Duritatea zăpezii [N/m <sup>2</sup> ]	93 000	110 000	123 000	138 000	155 000

**Tabelul 4. Coeficientul de frecare exterioară a zăpezii**

<b>Densitatea zăpezii [kg/dm<sup>3</sup>]</b>		<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	<b>0,5</b>
Coeficienți de frecare exterioară la temperatura , în °C, de:	- 4	0,10	0,085	0,07	0,055	0,048	0,025
	(-16)... (-30)	0,14	0,097	0,08	0,065	0,048	0,033
	(-1)... 0	0,18	0,11	0,09	0,075	0,056	0,040

**Tabelul 5. Coeficientul de frecare internă a zăpezii**

<b>Densitatea zăpezii [kg/dm<sup>3</sup>]</b>		<b>0,12</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>
Coeficienți de frecare internă a zăpezii la temperatura , în °C, de:	în jur de zero	0,24	0,30	0,35	0,40	0,42	0,45
	(-1)... (-6)	0,29	0,33	0,39	0,44	0,47	0,50
	Sub -10	0,34	0,36	0,46	0,50	0,53	0,57

Din tabelele de mai sus rezultă influența importantă a temperaturii și a gradului de compactare a zăpezii asupra celorlalte proprietăți ale acesteia.

În tabelul 6 sunt indicate caracteristicile zăpezii compactate și ale gheții la temperatura de -10°C.

**Tabelul 6. Caracteristicile mecanice ale zăpezii compactate și ale gheții la temperatura de -10°C**

Denumirea	Zăpadă compactată	Gheață
Densitatea [kg/dm <sup>3</sup> ]	0,55	0,9
Duritatea [N/cm <sup>2</sup> ]	110	750
Rezistența de rupere la compresiune (pe o direcție) [N/cm <sup>2</sup> ]	65	360
Rezistența de rupere la întindere [N/cm <sup>2</sup> ]	37	160
Rezistența de rupere la forfecare [N/cm <sup>2</sup> ]	33,5	116
Forța de aderență specifică cu suprafața asfaltului [N/cm <sup>2</sup> ]	6,0	-

Un interes deosebit pentru circulația autovehiculelor îl prezintă rezistența la rulare pe zăpadă și gheață (tabelul 7), precum și aderența în cazul drumurilor acoperite de zăpadă (tabelul 8), caracteristici determinate prin coeficientul de rezistență la rulare și, respectiv, coeficientul de aderență.

**Tabelul 7. Rezistența la rulare a autovehiculelor pe zăpadă și gheață**

Suprafața de rulare	Valoarea coeficientului de rezistență la rulare	
Gheață sau zăpadă înghețată	0,06 – 0,08	
Zăpadă cu densitatea [kg/dm <sup>3</sup> ] de:	0,45 – 0,60 (compactată)	0,08 – 0,10
	0,25 – 0,35	0,15 – 0,20
	0,15 – 0,25 (afânată)	0,20 – 0,25
	Zăpadă afânată umedă	0,30

**Tabelul 8. Coeficienții de aderență ai pneurilor pe zăpadă și gheață**

Tipul pneului	Suprafața de rulare	Valoarea coeficientului de aderență
Pneu de joasă presiune	Zăpadă compactată înghețată	0,20 – 0,35
Pneu de înaltă presiune	Zăpadă compactată înghețată	0,20 – 0,25

Pneu de joasă și înaltă presiune	Zăpadă compactată care se topește	0,10 – 0,20
Pneu de joasă presiune	Gheață topită	0,06 – 0,08
Pneu de înaltă presiune	Zăpadă înghețată puternic compactată	0,209
	Zăpadă puternic compactată care se topește	0,176

### 3. Condiții pentru alegerea parametrilor lamei pentru cazul aruncării laterale a zăpezii

În continuare se prezintă cazul lamelor care asigură aruncarea laterală a zăpezii și se pune condiția realizării distanței de aruncare necesare. Acest tip de echipament se utilizează pentru curățarea zăpezii pe drumurile din afara localităților, unde zăpada se poate arunca la câțiva metri de marginea drumului. La echipamentele cu lamă ce se deplasează cu viteze reduse, o anumită particulă de zăpadă, pe lângă deplasarea de-a lungul lamei, se ridică pe profilul lamei până la partea superioară a acesteia și apoi cade pe taluzul de zăpadă și această mișcare de ridicare-coborâre poate avea loc de mai multe ori, până când particula este depusă la marginea lamei. Spre deosebire de acest caz, la viteze mari ale lamei, zăpada alunecă pe suprafața lamei, deplasându-se în sus și lateral, fără să se desprindă de lamă, iar atunci când ajunge la generatoarea superioară a lamei părăsește lama cu viteză mare, descrie o traiectorie în aer, după care cade pe teren la distanțe care pot atinge uneori și valori de circa 10 m.

La alegerea parametrilor lamei se pun următoarele condiții:

- lungimea lamei se alege astfel încât sistemul de deplasare (roți, șenile) să ruleze numai pe zona curățată, chiar atunci când unghiul de înclinare a lamei față de perpendiculara la direcția de deplasare este maxim; se recomandă ca lățimea de curățare să depășească cu 0,3...0,4 m lățimea zonei de rulare a mașinii de bază;

- înălțimea lamei trebuie să fie suficient de mare, astfel încât zăpada strânsă în fața acesteia să nu cadă în spatele lamei; înălțimea părții din față a lamei, în sensul de mers al mașinii, trebuie să depășească cu 0,3...0,4 m înălțimea stratului de zăpadă curățat, iar partea din spate a lamei se adoptă cu circa 0,5 m mai înaltă, având în vedere că în această zonă se aglomerează mai multă zăpadă;

- unghiul de înclinare al lamei față de direcția de deplasare (unghiul de atac) se alege din condiția ca volumul de zăpadă ce se strânge în fața lamei să fie cât mai mic; se recomandă unghiuri de atac  $\psi_0$  în jur de  $140^\circ$  și unghiuri de tăiere  $\varphi_0$  de  $35...40^\circ$ ;

- zăpada care este aruncată de către lamă nu trebuie să lovească parbrizul cabinei de comandă;

- pentru ca distanța de aruncare laterală a zăpezii, la o anumită viteză de deplasare a mașinii, să fie maximă, ar trebui ca direcția de aruncare a zăpezii să fie cât mai aproape de perpendiculara pe direcția de deplasare a mașinii, iar aruncarea particulelor de zăpadă de pe lamă să se realizeze sub un

unghi apropiat de  $45^\circ$  ( $\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$ ;  $\beta_1 = \frac{\pi}{2}$ ); practic, însă, pentru a obține un unghi de dirijare a jetului de zăpadă  $\beta_1$  apropiat de  $90^\circ$ , ar fi nevoie de unghiuri de atac foarte mari (apropiate de  $180^\circ$ ), ceea ce este inacceptabil din punctul de vedere al lățimii de curățare realizate; de aceea, se adoptă o soluție de

compromis și se pune condiția  $\alpha = \frac{\pi}{4}$ ;  $\beta = \frac{\pi}{2}$  (pentru unghiurile vitezei relative a particulelor de zăpadă față de lamă).

Aceste unghiuri, ce determină traiectoria particulelor de zăpadă, sunt determinate de forma suprafeței active a lamei, de dimensiunile lamei și de unghiurile ce definesc construcția și poziția lamei. Prin schimbarea acestor parametri, se încearcă îndeplinirea cerinței de mai sus.

În cazul lamelor cu suprafețe cilindrice, distanța maximă de aruncare a zăpezii nu se poate obține la valori raționale ale unghiului de atac, acesta fiind un dezavantaj important al lamelor de acest

tip. În cazul lamelor cu suprafețe conice acest dezavantaj se poate elimina, fiind posibilă optimizarea parametrilor lamei, astfel încât aceasta să îndeplinească simultan mai multe cerințe, dintre cele menționate mai sus.

#### **4. Condiții specifice ale mașinilor moderne cu lamă pentru curățarea zăpezii**

a) Condiția montării și demontării ușoare a echipamentului de lucru (lama pentru curățarea zăpezii) pe/de mașina de bază. Această condiție se îndeplinește cu ajutorul unui sistem de cuplare rapidă, care intră în componența echipamentului și care permite montarea, respectiv demontarea, într-un timp scurt și cu manoperă redusă pe mașina de bază.

b) Condiția manevrabilității ridicate a echipamentului de lucru. Trecerea din poziția de lucru a lamei în poziția de transport și invers, modificarea unghiului de înclinare al lamei în plan orizontal, precum și manevrarea pe verticală a echipamentului trebuie să se realizeze prin comenzi din cabina mașinii de bază.

c) Condiția reducerii solicitărilor dinamice la întâlnirea unor obstacole de către lamă în timpul lucrului. Creșterea vitezelor de deplasare în timpul lucrului a impus perfecționarea construcției echipamentului de lucru al mașinilor pentru curățarea zăpezii, astfel încât să se asigure o protecție sigură a echipamentului și a mașinii de bază, iar revenirea lamei în poziția normală de lucru după depășirea obstacolului trebuie să se facă fără intervenția mecanicului. Locul vechilor sisteme de suspendare a lamei cu lanțuri și arcuri a fost luat de următoarele soluții:

- rotirea cuțitului lamei la întâlnirea unui obstacol;
- ridicarea cuțitului lamei la întâlnirea unui obstacol;
- realizarea lamei din mai multe sectoare și rotirea sectorului afectat la întâlnirea unui obstacol;
- realizarea lamei din mai multe sectoare, fixate de suportul acesteia cu bare articulate și arcuri.

d) Posibilitatea reglării vitezelor de deplasare în funcție de grosimea și starea stratului de zăpadă, precum și în funcție de starea drumului și înclinarea terenului;

e) asigurarea unei fiabilități ridicate prin utilizarea unor materiale și tehnologii de executare adecvate condițiilor de lucru ale acestor mașini (rezistență la uzare, rezistență la intemperii), creșterea durabilității echipamentelor de lucru prin utilizarea unor noi materiale pentru elementele intens solicitate la uzură (cuțitele lamelor);

f) asigurarea unei stabilități ridicate la răsturnare;

g) asigurarea unei aderențe suficiente între roți și teren la mașinile pe pneuri, atât pentru realizarea forței de tracțiune necesare, cât și pentru evitarea patinării laterale, ținând seama de faptul că aceste mașini lucrează frecvent în condiții de aderență redusă;

h) reducerea rezistențelor la deplasare în timpul lucrului prin adoptarea corespunzătoare a caracteristicilor lamei, prin stabilirea optimă a poziției lamei, precum și prin rezemarea echipamentului pe roți cu pneuri sau patine cu posibilitatea de reglare a poziției acestora pe verticală;

i) respectarea normelor de protecție și securitate a muncii și a cerințelor ergonomice.

Organizarea activității de întreținere a drumurilor pe timp de iarnă, sistemele de mașini folosite, precum și tehnologiile utilizate la aceste lucrări sunt indicate în reglementări tehnice elaborate de departamentele specializate din cadrul Ministerului Transporturilor.

## Bibliografie

1. **Gură Gabriel**, *Stadiul actual în domeniul mașinilor pentru curățirea drumurilor*. Referat de doctorat Nr. 1. UTCB – Facultatea de Utilaj Tehnologic, București, 2005.
2. **Gură Gabriel**, *Studiul interacțiunii dintre organul de lucru și mediu la mașinile pentru curățirea drumurilor*. Referat de doctorat Nr. 2. UTCB – Facultatea de Utilaj Tehnologic, București, 2007.
3. **Mercedes-Benz Unimog**, *Manuel d'entretien*. Printed in Germany.
4. **Mihăilescu, Șt., Bratu, P., Zafiu, Gh. P., Vlădeanu, Al., Gaidoș, A., Mihăilescu, S.** *Tehnologii și utilaje pentru executarea, întreținerea și reabilitarea suprastructurilor de drumuri, Vol. III, Tehnologii și utilaje pentru întreținerea sezonieră a drumurilor*. Editura Impuls, București, 2006.
5. **Mihăilescu, Șt., Mihăilescu, S.** *Întreținerea drumurilor pe timp de iarnă*. În: Revista Unelte și Echipamente, noiembrie 2004.
6. **Mihăilescu, Șt., Mihăilescu, S.** *Întreținerea drumurilor pe timp de iarnă*. În: Revista Unelte și Echipamente, decembrie 2004.
7. **Ministerul Transporturilor. Administrația Națională a Drumurilor**, *Instrucție privind protecția drumurilor publice pe timp de iarnă, combaterea lunecuşului și înzăpezirii. Indicativ AND nr. 525-2000, aprobate prin Ord. Dir. General AND nr. 45-2000*, Elaborator: AND-CESTRIN, 2000.
8. **Prospecte** ale firmei Assaloni.
9. **Prospecte** Mercedes-Benz Unimog.
10. [www.andnet.ro](http://www.andnet.ro)
11. [www.assaloni.com](http://www.assaloni.com)
12. [www.schmidt.com](http://www.schmidt.com)