



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

INVESTEȘTE ÎN OAMENI !

PROIECT FINANȚAT DIN FONDUL SOCIAL EUROPEAN

ID PROIECT: 7706

TITLUL PROIECTULUI: „CREȘTEREA ROLULUI STUDIILOR DOCTORALE ȘI A
COMPETITIVITĂȚII DOCTORANZILOR ÎNTR-O EUROPĂ UNITĂ ”

UNIVERSITATEA ”LUCIAN BLAGA” din Sibiu

B-DUL VICTORIEI, NR. 10. SIBIU

FACULTATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE, INDUSTRIE ALIMENTARĂ ȘI PROTECȚIA MEDIULUI
DOMENIUL DE DOCTORAT: INGINERIE INDUSTRIALĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
PROF. UNIV. DR. ING. IOAN DANCIU

Autor :
Ing. Tănase TĂNASE

SIBIU, 2012



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

REZUMAT

În industria morăritului, transportul pneumatic este utilizat pe scară largă în cadrul secțiilor de măcinș și în cadrul secțiilor de siloz produse finite . Pentru calcularea și estimarea caracteristicilor sistemului, incluzând aici dimensiunile și configurația tubulaturii și caracteristicile mașinilor incluse în sistem (valve de încărcare, ventilator sau suflantă – compresor, etc.) există metodologii și algoritmi de calcul. Parametrul care condiționează regimul de lucru, este coeficientul de amestec produs – aer . Acesta depinde de produsul de transportat , și, pentru sisteme cu aceeași configurație, vom avea coeficienți de amestec diferiți și implicit capacități de lucru diferite . În literatura de specialitate din țara noastră sunt date valori recomandate pentru acești coeficienți de amestec, dar din practica curentă am constatat că aceste valori pot fi ușor depășite .

Scopul prezentei lucrări este de a defini coeficienții de amestec maximali pentru produsele intermediare din industria morăritului . Așa cum se va vedea din lucrare, aceste valori nu pot fi definite ca și constante în valoare absolută, ci depind de regimul dinamic al sistemului de transport pneumatic în cauza . Pe baza rezultatelor experimentale am determinat Constantele de Înfundare ale produselor intermediare din industria morăritului, constante ce servesc ulterior la calculul coeficientului de amestec de regim maximal, aproape de limita de înfundare .

Cunoscând valorile Constantelor de Înfundare ale produselor, se poate dimensiona transportul pneumatic la eficiența energetică maximă, însemnând costuri de exploatare minime .

Cuvinte cheie: produse intermediare din industria morăritului, coeficient de amestec, constantă de înfundare .

DECLARAȚIE

Certific prin prezenta că lucrarea prezentată aici, în această teză, este rezultatul unei cercetări originale și nu a fost transmisă la nici o altă autoritate, instituție sau universitate.

Tănase Tănase



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

CUVÂNT ÎNAINTE

Înainte de a trece la prezentarea lucrării, se cuvine să aduc mulțumirile mele celor care m-au îndrumat și susținut în realizarea acesteia :

- În primul rând aș vrea să mulțumesc Domnului Profesor Univ. Dr. Ing. Ioan Danciu, pentru îndrumarea și suportul în clarificarea ideilor fundamentale ale tezei cât și pentru a-mi fi întărit convingerea că reușesc să ating obiectivele tezei
- Doresc să mulțumesc în mod special firmei Oltina Impex Prodcom srl, pentru întregul suport material și logistic pus la dispoziție pentru realizarea determinărilor experimentale
- Mulțumesc tuturor clienților mei, pentru încrederea acordată de-a lungul anilor de colaborare și pentru care am realizat lucrări în cadrul cărora de multe ori am experimentat noi limite ale sistemului
- Mulțumesc familiei mele pentru susținerea și înțelegerea de care a dat dovadă pe durata realizării tezei



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

CUPRINS:

INTRODUCERE

OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI

1. STUDIU DOCUMENTAR

1.1. NECESITATEA UTILIZĂRII TRANSPORTULUI PNEUMATIC

1.2. DOMENII DE FOLOSIRE

1.2.1. Secția maciniș

1.2.2. Secția siloz produse finite

1.3. SISTEME DE TRANSPORT PNEUMATIC

1.3.1. Criterii de clasificare a sistemelor de transport pneumatic

1.3.1.1. Grupa 1 – prin antrenarea în curentul de aer

1.3.1.2. Grupa 2 – prin fluidizare

1.3.1.3. Grupa 3 – poșta pneumatica

1.3.2. Sisteme de transport pneumatic în industria morarității

1.3.3. Scheme de principiu

1.4. FACTORI CARE INFLUENȚEAZA TRANSPORTUL PNEUMATIC

1.4.1. Tipul produsului transportat

1.4.2. Caracteristicile aerului de transport, curgerea aerului prin conducte

1.4.3. Capacitatea de transport a liniei, configurația traseului și materialul din care este confecționată coloana de transport

1.5. FENOMENE ÎN CONDUCE DE TRANSPORT PNEUMATIC

1.5.1. Fenomene la transportul pe orizontală

1.5.2. Fenomene la transportul pe verticală

1.5.3. Viteza optimă de transport

1.5.4. Factorul de alunecare, coeficientul real de amestec (concentrația de regim)

1.5.5. Constanta produsului – limita de înfundare

1.5.6. Cuplul “Coeficient de Amestec – Lungime Traseu “

2. INSTALAȚIA EXPERIMENTALĂ, PRODUSELE ANALIZATE, TEHNICI DE MASURARE ȘI PROCEDURI DE LUCRU

2.1. DESCRIEREA GENERALĂ A INSTALAȚIEI EXPERIMENTALE

2.2. PARȚI COMPONENTE ALE INSTALAȚIEI EXPERIMENTALE

2.2.1. Sistemul de dozare

2.2.2. Primitorul

2.2.3. Coloana de transport



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

- 2.2.4. Instalația de captare pentru determinarea factorului de alunecare
- 2.2.5. Ciclonul separator și ecluza
- 2.2.6. Ventilatorul de transport pneumatic
- 2.2.7. Conducta de legătură de la ciclon la ventilator

2.3. AMPLASAREA INSTALAȚIEI – LOCUL EFECTUĂRII DETERMINĂRIILOR EXPERIMENTALE

2.4. PRODUSELE SUPUSE STUDIULUI

- 2.4.1. Proceduri de recoltare a probelor
- 2.4.2. Caracteristici tehnologice ale produselor

2.5. APARATE ȘI TEHNICI DE MĂSURARE UTILIZATE ÎN CADRUL LUCRĂRII

- 2.5.1. Măsurarea debitului de produs
- 2.5.2. Măsurarea debitului de aer

2.6. PROCEDURI DE LUCRU

3. REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR

3.1. REZULTATE DETERMINĂRI EXPERIMENTALE

- 3.1. Pentru conducta cu diametru interior 74 mm
- 3.2. Pentru conducta cu diametru interior 117 mm

3.2. INTERPRETAREA DIRECTĂ A REZULTATELOR

3.2.1. EVALUAREA PARAMETRILOR DE LUCRU AI SISTEMULUI

- 3.2.1. Variația debitului volumic de aer funcție de debitul masic de produs
- 3.2.2. Viteza aerului în conducta de transport pneumatic funcție de debitul masic de produs
- 3.2.3. Variația cantității de produs captat între șibere cu debitul masic de produs
- 3.2.4. Corelația Coeficient de Amestec Teoretic-Coeficient de Amestec de Regim
- 3.2.5. Corelația Coeficient de Alunecare – Debit Masic de Produs

3.3. INTERPRETAREA UNITARĂ A REZULTATELOR

- 3.3.1. Corelația Masa Hectolitrică – Coeficient de Amestec Teoretic Maximal
- 3.3.2. Corelația Masa Hectolitrică – Viteza Produsului
- 3.3.3. Corelația Coeficient Maximal de Amestec – Numărul Froude

3.4. CONSTANTE DE ÎNFUNDARE ALE PRODUSELOR INTERMEDIARE DIN INDUSTRIA MORĂRITULUI



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

4. CONCLUZII GENERALE

4.1. Concluzii asupra rezultatelor

4.2. Contribuții personale

4.3. Lucrări elaborate de autor in cadrul temei tezei de doctorat

4.4. Direcții viitoare de cercetare

5. OPIS FIGURI, FOTOGRAFII , GRAFICE

6. ANEXE

7. BIBLIOGRAFIE



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

INTRODUCERE

Industria morăritului și a prelucrării cerealelor în general este una din industriile de baza ale societății. Scopul acesteia este acela de a asigura satisfacerea unei necesități de baza a ființei umane, hrana, și cum altfel mai frumos spus decât “pâinea noastră cea de toate zilele”.

Această activitate se regăsește în istoria umanității odată cu apariția primelor semne ale progresului social, tehnic și tehnologic, odată cu apariția primelor activități cu caracter de identitate socială printre care și agricultura și implicit prelucrarea produselor rezultate din această activitate .

Dezvoltarea societății umane s-a reflectat cu acuratețe și în progresele realizate în acest domeniu începând cu măcinarea cu piua și pietre și până în ziua de astăzi cu instalații ultramoderne.

Rațiunile de ordin economic au impus însă profesionalizarea acestei activități și anume prelucrarea cerealelor, având astăzi la nivel mondial o industrie în care se regăsesc aplicații din domenii ce nu au la prima vedere nici o legătură cu morăritul, cum ar fi senzorii și sistemele de automatizare, reglarea automată a mașinilor, condiții igienico – sanitare cu standarde dintre cele mai ridicate, sisteme de protecție, etc.

În maximizarea performanțelor unei instalații de prelucrare a cerealelor un aport deosebit l-a avut introducerea transportului pneumatic în diferite faze ale procesului.

Scopul prezentei lucrări este de a clarifica și aduce informații noi la unele aspecte legate de condițiile de realizare a transportului pneumatic în industria morăritului.

Necesitatea acestui demers a fost impusă de faptul că în activitatea noastră am constatat lipsa unor informații fundamentale privind aceste aplicații, nu atât la nivel teoretic de prezentare generală, cât a informațiilor cu utilizare directă în calculul și dimensionarea eficientă din punct de vedere economic al acestor instalații.

Studiul acestor sisteme și determinările asupra condițiilor efective de lucru constituie un proces extrem de complex, dar am încercat prin prezenta lucrare să abordăm problemele într-un mod în care informațiile rezultate să fie cât mai aproape de necesitățile reale ale aplicației transportului pneumatic în industria morăritului .

OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI

Obiectivele prezentei teze sunt :

- Determinarea condițiilor limita ale transportului pneumatic in cazul produselor intermediare din industria morăritului
- Determinarea Constantelor de Înfundare ale Produselor Intermediare din Industria Morăritului
- Determinarea Coeficienților de Alunecare ale Produselor Intermediare din Industria Moraritului



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

1. STUDIU DOCUMENTAR.

1.5.4. Coeficientul de alunecare, coeficientul real de amestec (concentrația de regim)

Atât la transportul pe orizontală cât și la transportul pe verticală, există o diferență între viteza aerului din conductă și materialul transportat. Acest lucru se datorează faptului că :

- la transportul pe orizontală particula ia contact din loc în loc cu perețele conductei și este frânată după care este reaccelerată
- la transportul pe verticală, datorita regimului turbulent și a distribuției vitezei aerului în secțiunea conductei, vitezele diferitelor particule sânt diferite.

În ambele cazuri cea mai mare influență asupra diferenței de viteză între particule aflate în poziții diferite față de centrul conductei, o are accelerația gravitațională .

Dacă notăm viteza aerului cu v_a și viteza materialului cu v_p , atunci avem între aer și material o viteză relativă v_r , egala cu:

$$v_r = v_a - v_p, [m / s], \quad (77)$$

Viteza relativă exprimă gradul de ramânere în urmă al produsului față de aer pe durata transportului pneumatic. Practic are loc o alunecare între particule și aer, alunecare ce o putem raporta la viteza aerului. Putem defini astfel coeficientul de alunecare S ca raportul dintre viteza relativă și viteza aerului:

$$S = v_r / v_a = (v_a - v_p) / v_a = 1 - v_p / v_a \quad (78)$$

Pentru particulele ușoare, de dimensiuni mici, de genul dunsturilor și făinii și de asemenea pentru particulele cu masă hectolitrică scăzută de genul produsului preluat de la șroturile IV, V și desfăcătoare / măcinatoare de coadă, coeficientul de alunecare este apropiat de zero. Pentru particulele mai mari însă, de genul grișuri mari și mijlocii , factorul de alunecare este mai mare. În esența, o greutate hectolitrică mare duce la factori de alunecare mai mari, în schimb o masă hectolitrică scăzută duce la factori de alunecare mai mici. Masa hectolitrică este cea care influențează în primă instanță mărimea factorului de alunecare. Din determinări experimentale, factorul de alunecare la grâu de exemplu este 0,4, iar pentru produse pulverulente de genul făinii este de circa 0,2.

Aceasta duce la o creștere a coeficientului de amestec la grâu de până la 60 % față de coeficientul de amestec previzionat teoretic și de până la 25 % în cazul făinii. Pentru produsele intermediare vom avea deci majorări ale coeficientului de amestec cuprinse între 25 % și 60 % raportat la coeficientul de amestec previzionat teoretic.

La cazurile limită se poate deduce că , pentru o viteză a materialului egală cu zero, coeficientul de alunecare devine egal cu 1, valoare maximală, corespunzând situației în care transportul pneumatic nu se realizează și invers, la un factor de alunecare egal cu zero, rezultă o viteză a materialului egală cu a aerului, lucru care practic nu se poate întâmpla în nici o instalație de transport pneumatic .



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

Într-o conductă de transport pneumatic, așa cum am definit la cap. 1.4.3.1., avem un debit de aer G_a ce realizează transportul unei cantități de produs G_m . Raportul în care acestea se găsesc a fost definit ca și coeficient de amestec. Coeficientul astfel definit este coeficientul de amestec teoretic, utilizat pentru calculul preliminar al diametrului conductelor și al debitului preliminar de aer.

Ținând seamă de cele afirmate mai sus privind coeficientul de alunecare S , prin rămânerea în urmă a produsului față de aer, coeficientul real de amestec crește cu o valoare corespunzătoare coeficientului de alunecare, astfel:

$$\mu^* = \mu_x (1 / (1 - S)), [\text{kg produs} / \text{kg aer}] \quad (79)$$

unde:

μ^* , se definește ca și concentrație de regim, la funcționare nominală a instalației

Estimarea corectă a coeficientului de alunecare este extrem de importantă pentru că influențează concentrația reală (de regim) a instalației, ceea ce influențează direct pierderile de presiune din coloana respectivă, conform. 1.4.3.2. .

Indiferent de situație însă (orizontală sau verticală), elementul motor respectiv ventilator sau suflantă, trebuia astfel ales, încât să se aibă în vedere faptul că, odată cu încărcarea coloanei, are loc creșterea pierderii de presiune în sistem, ceea ce conform curbelor de funcționare ale ventilatoarelor duce de cele mai multe ori la reducerea debitului de aer, dar și la creșterea presiunii realizate de ventilator . Acest lucru duce implicit la creșterea coeficientului de amestec real din conductă (datorită micșorării debitului de aer și a debitului constant de produs), fapt ce iarăși mărește pierderile de presiune, dar acest lucru trebuie coroborat și cu faptul că are loc o scădere a presiunii dinamice (reducerea vitezei aerului) ceea ce mai compensează din creșterea rezistenței traseului.

Analizând fenomenul de alunecare a produsului transportat pneumatic față de aerul de transport, după cercetări recente efectuate de Mathur și Klinzing , s-a constatat că acesta depinde de coeficientul de amestec . O valoare maximală a coeficientului de alunecare se constată pe măsură ce coeficientul de amestec crește spre valoarea coeficientului de înfundare, indicând o modificare a regimului de curgere și a interacțiunilor particulă-particulă și particulă – perete conductă.

Din punct de vedere fizic, la încărcări mici (fază diluată) a sistemului, particulele sunt libere să se miște relativ neafectate de interacțiunile cu celelalte particule sau cu pereții conductei. Pe măsură ce crește încărcarea se observă o creștere a ciocnirilor particulelor ceea ce afectează viteza acestora și duce la creșterea factorului de alunecare. La coeficienți de încărcare mari , particulele sunt mult restricționate de particulele aflate în vecinătatea lor, iar amestecul fluid – solid se comportă din ce în ce mai mult ca un fluid ce tinde să reducă factorul de alunecare .

În cadrul prezentei lucrări, am încercat să determin și factorul de alunecare pentru produsele ce au constituit obiectul studiului. Sistemul de transport pneumatic utilizat a fost din grupa celor denumite “ în fază diluată” , cel mai des întâlnit în industria morăritului.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

Așa cum arătam mai sus, factorul de alunecare este funcție de coeficientul de amestec și de masa hectolitrică a produsului. Masa hectolitrică a produsului influențează, așa cum am văzut la capitolul respectiv, viteza de plutire a produsului în cauza. Deci, cu alte cuvinte, factorul de alunecare depinde de coeficientul de amestec și de viteza de plutire. Viteza de plutire este însă influențată de raportul d / D (diametrul particulei și diametrul interior al conductei) și deci putem concluziona că , pentru aceleași condiții de diametru conductă și debit de material, factorul de alunecare depinde de:

- viteza de plutire a produsului transportat pneumatic (în condițiile concrete de diametru particulă și diametru tubulatură și concentrație a materialului)
- coeficientul de amestec

Trecând peste perioada de accelerare însă, viteza finală a produsului nu va fi niciodată egală cu cea a aerului, ci vom avea tot timpul acea rămânere în urmă .

În cadrul studiului am încercat să determinăm factorul de alunecare pentru fiecare produs în parte , în condiții diferite de diametre conducte și coeficienți de amestec.

În relația (79) , considerând μ^* ca fiind valoarea imediat inferioară a coeficientului de amestec de înfundare, substituind conform relației (83) , avem:

$$S = 1 - [\mu_t / (C \times Fr^2)] \quad (80)$$

Relația (80) arată corelația între coeficientul de înfundare (de fapt condițiile de diametru conductă și viteză la care are loc înfundarea) și factorul de alunecare.

Am determinat coeficientul real de amestec μ^* , în cadrul lucrării, cu instalația prezentată în Figura 16. Am preferat să utilizez șibere electropneumatice cu acțiune rapidă și nu valve fluture, pentru că acestea din urmă induc rezistențe hidraulice suplimentare și de asemenea datorită frecării dintre acestea și produs pot duce la denaturarea determinărilor .

La închiderea bruscă a siberelor pneumatice din secțiunile 1 și 2, între cele două șibere se captează o cantitate de produs . Cantitatea de produs Q_m captată între cele două șibere a fost determinată prin colectare și cântărire în laborator .

S-a raportat debitul masic de produs debitat de șnecul tubular dozator Q_{ms} la debitul masic de aer Q_{ma} . Raportul celor două reprezintă coeficientul de amestec teoretic.

Coeficientul real de amestec μ^* (concentrația de regim) s-a determinat ca fiind raportul dintre cantitatea de material captat între cele două șibere , notată cu m , și volumul tronsonului de conductă dintre cele două șibere.

Timpul de reacție al valvelor utilizate este foarte mic (de ordinul fracțiunilor de secundă) și pentru o determinare reprezentativă porțiunile aflate înainte și după valve sunt suficient de mari pentru a nu afecta curgerea în conductă pe segmentul de captare .

Segmentul de măsurare a avut o lungime de 3.990 mm .

S-a determinat astfel coeficientul real de amestec de regim ca raport între cantitatea de material m captată între cele două șibere și volumul tronsonului de conductă multiplicat cu

densitatea aerului:

$$\mu^* = m / (V_c \times \rho_a) \quad (81)$$

și din relația (79) se obține valoarea coeficientului de alunecare:

$$S = 1 - \mu / \mu^* , \text{ adimensional,} \quad (82)$$

Determinarea coeficientului real de amestec este importanta, pentru că scopul prezentei lucrari este de a determina coeficienții de amestec maximali pentru fiecare produs în parte, adică limita de înfundare. Coeficientul de amestec la care se produce înfundarea conductei îl denumim coeficient de amestec de infundare .

1.5.5. Constanta produsului – limita de înfundare

Așa cum arătam mai sus, pentru fiecare situație de transport pneumatic există o limită la care transportul nu mai poate avea loc și coloana respectivă se înfundă. Prin limita de înfundare înțelegem acea valoarea a coeficientului de amestec la care se produce înfundarea , considerând că toți ceilalți factori ce influențează transportul pneumatic nu se modifica (vezi cap. 1.4.) și se modifică, în sensul creșterii ca valoare așa cum a fost exprimat prin relația (55), numai coeficientul de amestec. În general, se consideră că limita de înfundare a conductei depinde de viteza aerului și de viteza de plutire a particulei. Astfel, ar trebui ca pentru o anumită concentrație a produsului, să existe o viteză minimă a aerului la care se produce înfundarea, sau altfel spus, pentru o valoare dată a vitezei aerului există o valoare maximală a coeficientului de amestec la care se produce înfundarea conductei. Din experiență însă, s-a constatat că acest lucru este influențat și de diametrul conductei. Astfel, pentru două conducte de diametre diferite, pentru aceeași viteză a aerului există valori diferite ale coeficientului de amestec la care se produce înfundarea. S-a constatat experimental că, viteza limită de înfundare depinde de numărul lui Froude .

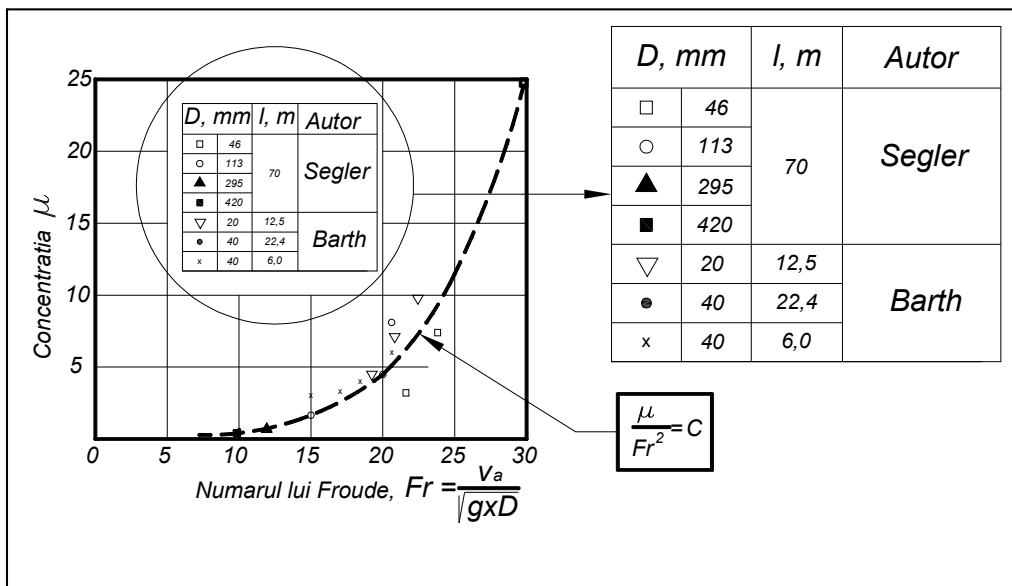


Figura 17 : Reprezentarea grafică a limitei de înfundare



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

Acesta arată că, la concentrații μ egale ale materialului în două conducte de diametre d_1 respectiv d_2 , se cere o viteză a aerului mai redusă la conducta de diametru mai mic și o viteză mai mare la conducta de diametru mai mare. Acest lucru este influențat, în opinia mea, de fenomenul de scădere a vitezei de plutire a particulelor proporțional cu scăderea diametrului D al conductei (vezi 1.4.), adică de raportul d_p / D_c și de influența pe care o are creșterea concentrației produsului asupra vitezei de plutire. Rezultatele experimentelor realizate de către G. Siegler și W. Barth cât și studiile teoretice întreprinse de Barth, evaluează relevant fenomenul. În graficul din Figura 17, este arătată corelația dintre viteza aerului (respectiv numărul Froude) pe abscisă și coeficientul de amestec pe ordonată. Curba obținută reprezintă o constantă a raportului :

$$\mu / Fr^2 = C, \text{ [kg produs / kg aer]} \quad (83)$$

și este specifică fiecărui produs.

Experiențele lui Segler au fost făcute pe conducte cu diametrul între 46 și 420 mm, iar experiențele lui Barth au fost făcute pe conducte cu diametrul de 20 și 40 mm. Împrăștierea punctelor se datorește faptului că o determinare exactă a limitei de înfundare nu se poate face.

Studiile realizate de Barth, arată că raportul μ / Fr^2 trebuie să rămână constant pentru limita de înfundare a unui produs. Analizând locul punctelor experimentale din Figura 17, putem scrie deci relația (83), în care C este o constantă, iar numărul lui Froude este dat de relația:

$$Fr = v_a^2 / (g \times D), \text{ adimensional} \quad (84)$$

Considerând că avem două regimuri de transport pneumatic în două coloane de diametre d_1 respectiv d_2 , cu $d_2 > d_1$ în raport $d_2 / d_1 = K$, și considerând că avem aceeași viteză a aerului adică $v_1 = v_2$, și avem coeficienți de amestec diferiți la care se produce înfundarea, putem scrie:

- pentru prima conductă:

$$C_1 = \mu_1 / Fr_1^2 \quad (85)$$

- și pentru a doua conductă:

$$C_2 = \mu_2 / Fr_2^2 \quad (86)$$

Cum C trebuie să fie constanta de înfundare a produsului, rezultă:

$$\mu_1 / Fr_1^2 = \mu_2 / Fr_2^2 \quad (87)$$

Înlocuind Fr cu expresia din (84) și simplificând viteza cu valoare egală, rezultă:

$$\mu_1 \times d_1^2 = \mu_2 \times d_2^2 \quad (88)$$



UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRUFondul Social European
POS DRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRUUniversitatea
Lucian Blaga Sibiu

Cum $d_2 / d_1 = K$ și $d_2 = K \times d_1$, rezultă :

$$\mu_1 / \mu_2 = K^2 \quad (89)$$

sau

$$\mu_1 = K^2 \times \mu_2, \quad (90)$$

Cum $d_2 > d_1$, rezultă $K > 1$ și rezultă:

$$\mu_1 > \mu_2 \quad (91)$$

Relația este valabilă pentru condițiile menționate mai sus, și anume: viteză egală a aerului, produsul este același în ambele situații și diametrul d_2 este mai mare decât d_1 . Din relația (91) rezultă că pentru același produs, în aceleași condiții de conductă și viteză a aerului, coeficientul de amestec de înfundare (adică valoarea coeficientului de amestec la care se produce înfundarea) este mai mică la conducta de diametru mai mare. Acest fapt este evident în unitățile de morărit, unde, pentru același produs, la conducte de diametru mai mare, e necesară o viteză a aerului mai mare. Dacă se păstrează aceeași viteză se constată “pâlpâiri” și aglomerări ale produsului și în general linia dă semne de “pericol de înfundare”. Aspectele trebuie coroborate, pentru că o viteză a aerului mai mare înseamnă și o valoare a numărului Fr mai mare, ceea ce duce la o valoare mai mare pentru coeficientul de amestec de înfundare. În oricare din situații însă, revenind la relația (83), putem afirma că, pentru fiecare produs în parte (produs ce poate fi transportat pneumatic) există o constantă C, care definește condițiile de înfundare ale transportului pneumatic pentru produsul respectiv. Constanta de înfundare la transportul pneumatic, este un parametru limită al unui produs și se impune determinarea acesteia pentru că reprezintă practic o limită fizică pentru fiecare produs, limită ce influențează direct consumul specific de curent pentru o instalație de transport pneumatic.

Scopul prezentei lucrări este tocmai determinarea constantelor de înfundare pentru produsele intermediare din industria morăritului. Odată determinate aceste constante de înfundare, coeficienții de amestec previzionați pentru instalația de transport pneumatic într-o secție de măcină, pot fi aleși cu mult mai mare exactitate, aproape de limitele fizice ale sistemului.

2. INSTALAȚIA EXPERIMENTALĂ, PRODUSELE ANALIZATE, PROCEDURI DE LUCRU ȘI TEHNICI DE MĂSURARE

2.1. DESCRIEREA GENERALĂ A INSTALAȚIEI EXPERIMENTALE

Pentru realizarea determinărilor am conceput și realizat o instalație de transport pneumatic ce lucrează “în vacuum”, deservită de un ventilator de înaltă presiune (Figura 18). Instalația a fost concepută și realizată la scară industrială.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI

OIPOS DRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

2.2. Parți componente ale Instalației Experimentale

2.2.1. Sistemul de dozare . Pentru efectuarea unor determinări relevante, modul de dozare, de alimentare a liniei trebuie să îndeplinească anumite condiții, și am ales un dozator cu șnec

2.2.2. Primitorul. Primitor de tip vertical .

2.2.3. Coloana de transport pneumatic. Conducte din otel, similare cu cele utilizate în industria morarului. Am ales două tipodimensiuni ca diametre interior: 74 mm, respectiv 117 mm .

2.2.4. Instalația de captare pentru determinarea factorului de alunecare. Am utilizat un sistem cu două sibile cu lama, cu acționare electropneumatică. Timpul de reacție al acestora este de ordinul fracțiunilor de secunda Cu comanda simultană la închidere .

2.2.5. Ciclonul separator și ecluza. Ciclon standard pentru industria morarului și o ecluza cu motoreductor , fabricație Ocrim.

2.2.6. Ventilatorul de transport pneumatic. Ventilator de transport pneumatic de înaltă presiune, similar cu cele utilizate în industrie.

2.2.7. Conducta de legătură de la ciclon la ventilator . Conducta din otel, cu diam. interior de 147 mm. Pe această conductă s-au efectuat măsurătorile de debit de aer .

2.3. AMPLASAREA INSTALAȚIEI-LOCUL EFECTUĂRII DETERMINĂRIILOR EXPERIMENTALE.

Instalația experimentală a fost amplasată în moara de grâu cap. 250 to/24 h a firmei Oltina Impex srl, din localitatea Urlați, jud. Prahova. Conform informațiilor de specialitate , orașul Urlați se găsește la o altitudine medie de cca. 180-200 m peste nivelul mării .

2.4. PRODUSELE SUPUSE STUDIULUI.

Produsele luate în studiu, sunt produse intermediare din secția maciniș a morii de grâu capacitate 250 to/h și au fost următoarele:

- produsele de la Șroturile 1, 2, 3, 4M, 4m și Tărâțe (Fotografii : 10, 11, 12, 13, 14, 15)
- Grișuri și dunsturi (Fotografii : 16, 17, 18).

Pentru a avea rezultate și determinări reprezentative am considerat câteva clase granulometrice ale grișurilor și dunsturilor după cum urmează :

- griș mare / mediu cu granulația $K = 18 / 40$ (refuz 2 de la pasaj șrot 1)
- griș mediu / mic cu granulația $K = 40 / 52$ (refuz 1 de la pasaj Div.1)
- dunst tare / moale cu granulația $K = 54 / VII$ (refuz 2 de la pasaj C2a)

2.4.1. Proceduri de recoltare a probelor.

Pentru realizarea determinărilor practice , stabilit proceduri de lucru pentru recoltarea probelor din secția maciniș

2.5. APARATE ȘI TEHNICI DE MASURARE UTILIZATE ÎN CADRUL LUCRĂRII .

Pentru evaluare caracteristicilor produselor, de o manieră obiectivă, am efectuat determinări de laborator ale caracteristicilor tehnologice ale acestora, conform prevederilor STAS.

Debitul de aer a fost determinat cu un aparat Testo Term 452, cu tub Pittot, conform prevederilor STAS.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

2.6. PROCEDURI DE LUCRU URMATE SI DETERMINĂRI EXPERIMENTALE.

Pentru efectuarea determinărilor experimentale, am stabilit un concept general de lucru cât și proceduri de lucru pentru fiecare din fazele determinărilor experimentale .

3. REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR

3.2. INTERPRETAREA DIRECTĂ A REZULTATELOR – EVALUAREA PARAMETRIILOR DE LUCRU AI SISTEMULUI

3.2.1. Variația debitului volumic de aer funcție de debitul masic de produs .

În cadrul subcapitolului 3.2.1. am trasat graficul corelației Debit Produs – Debit Aer. Pe abscisă am reprezentat debitul de produs în kg/min, ca medie aritmetică ale celor 3 determinări din cadrul unui regim de funcționare, iar pe ordonată am reprezentat debitul de aer corespunzător acestor medii. Debitul de aer l-am calculat de asemenea ca medie aritmetică a celor 3 determinări, iar din valoarea finală am scăzut debitul de aer fals de 1,1 Nm³ / min .

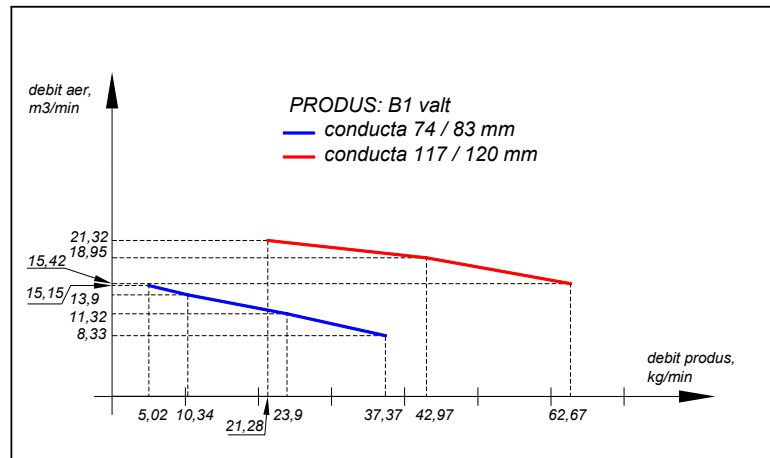


Figura 20 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul de la Șrot 1 valț

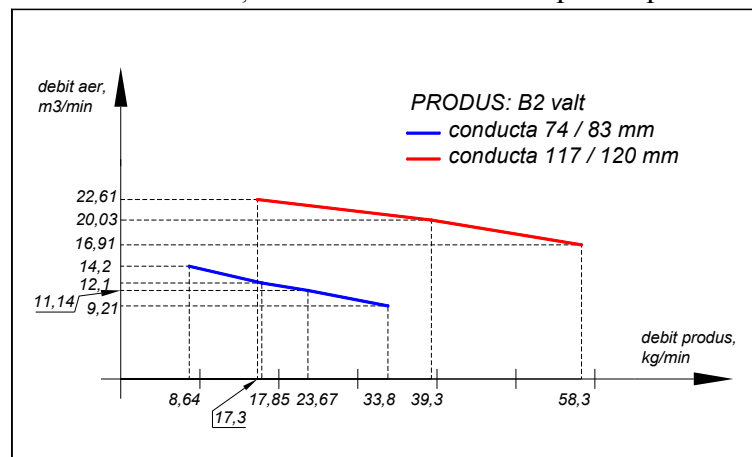


Figura 21 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul de la Șrot 2 valț



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

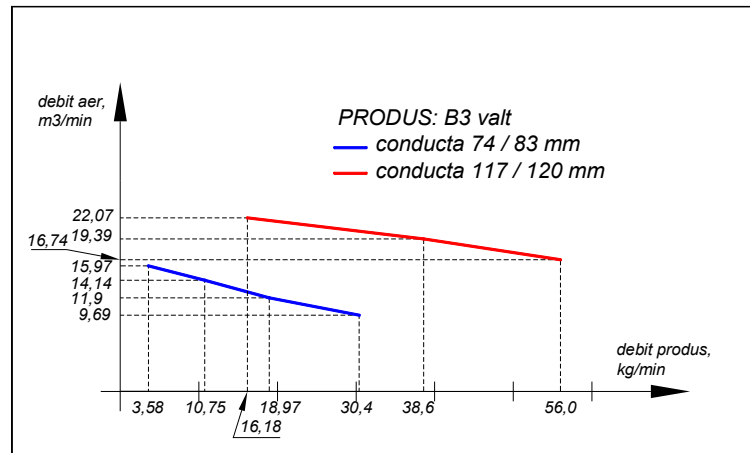


Figura 22 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul de la Șrot 3 valț

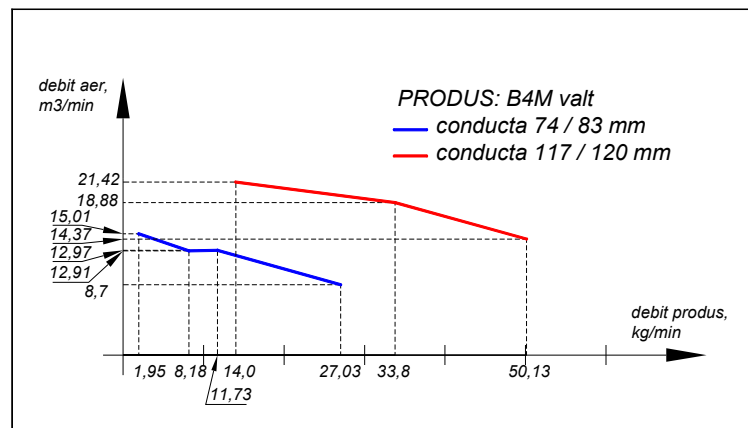


Figura 23:Variația Debitului de Aer Funcție de Debitul de Produs pentru produsul de la Șrot 4 Mare valț

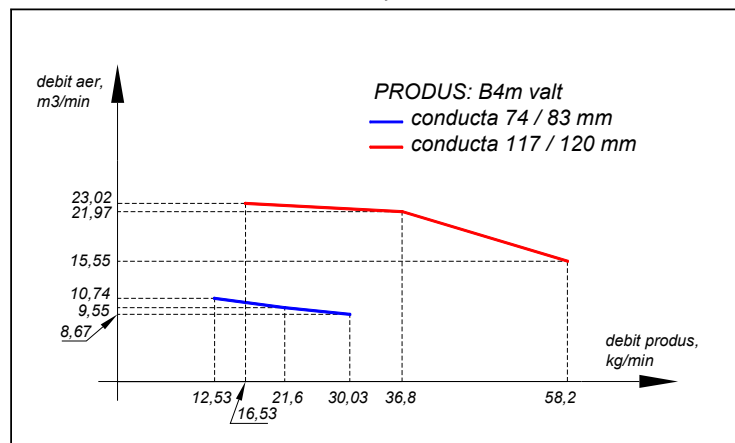


Figura 24 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul de la Șrot 4 mic valț



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

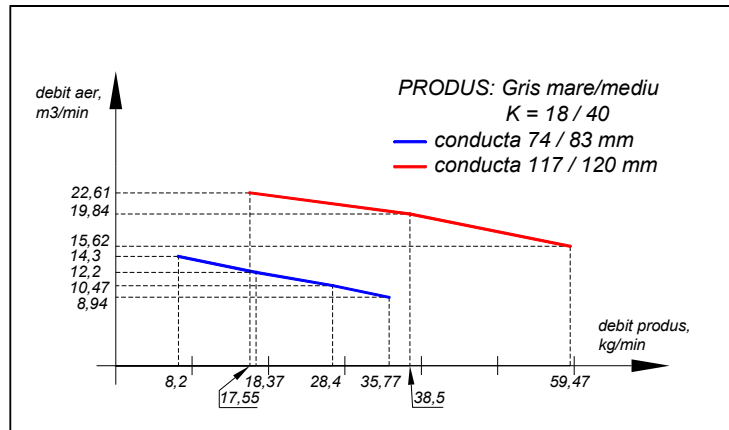


Figura 25 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul Griș Mare-Mediu
K = 18 - 40

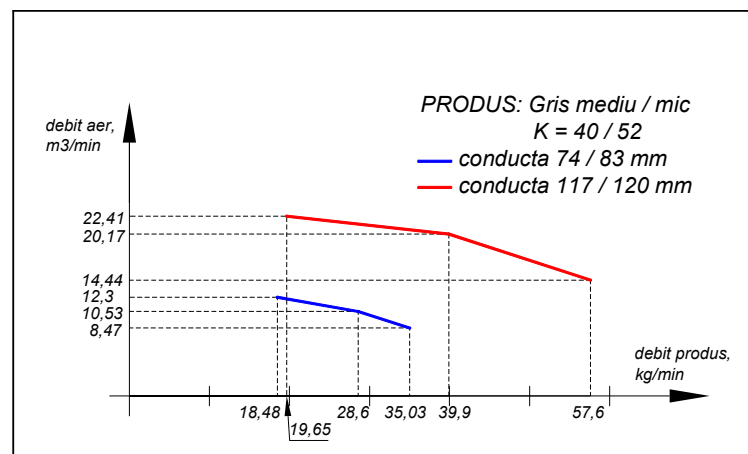


Figura 26 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul Griș Mediu-Mic
K = 40 - 52

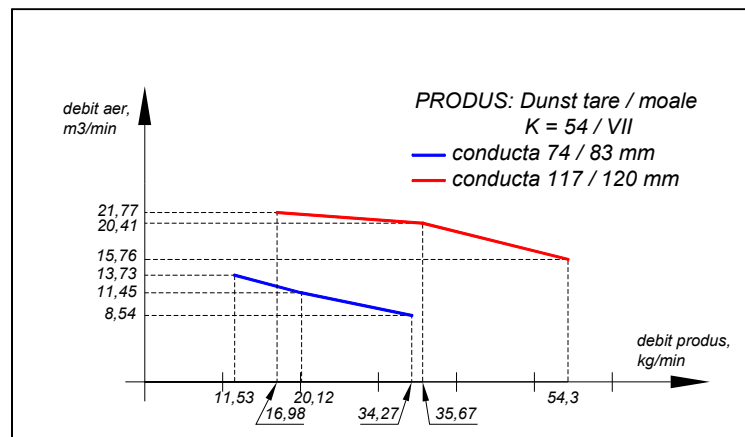


Figura 27 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul Dunst Tare-Moale
K = 52 - VII



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

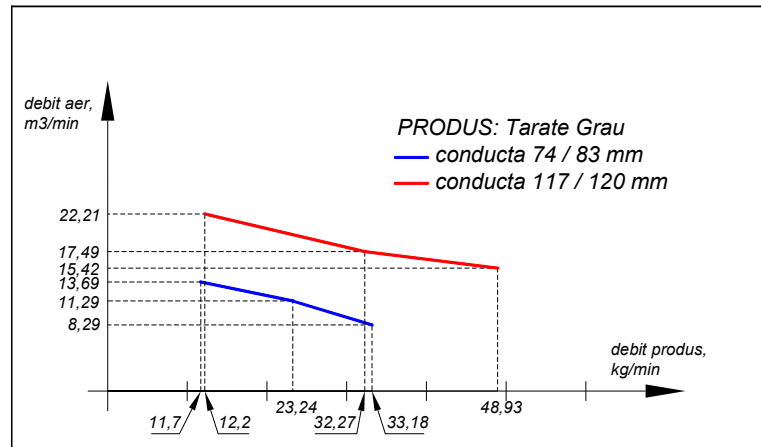


Figura 28 : Variația Debitului de Aer funcție de Debitul de Produs pentru produsul Tărățe Grâu

- 3.2.2. Viteza aerului în conducta de transport pneumatic în funcție de debitul masic de produs .
- 3.2.3. Variația cantității de produs captat între șibere în funcție de debitul masic de produs
- 3.2.4. Corelația Coeficient de Amestec Teoretic – Coeficient de Amestec de Regim
- 3.2.5. Corelația Coeficient de Alunecare - Debit Masic de Produs

3.3. INTERPRETAREA UNITARĂ A REZULTATELOR

3.3.1. Considerații generale la interpretarea unitară a rezultatelor .

Analizând relația (77) :

$$v_r = v_a - v_p , [m / s] , \quad (77)$$

unde:

v_p – viteza particulei , [m / s] ,

v_a – viteza aerului , [m / s]

și considerând cazul când observatorul (sistemul de referință) este plasat pe particulă, constatăm că viteza relativă e o constantă a particulei, indiferent de viteza aerului . Mai mult decât atât, la condiția limită în care viteza particulei este zero față de sistemul de referință conducta, atunci viteza relativă devine egală cu viteza de plutire a particulei în condițiile respective de concentrație și raport d_p / D_c (diametru particulă/ diametru conductă) . Deci, cu alte cuvinte, diferența de viteză între particulă și aer va fi întotdeauna egală cu viteza de plutire a particulei (pentru condițiile date) . Din relațiile (78) și (82) putem scrie :

$$1 - \mu_t / \mu^* = 1 - v_p / v_a$$

unde:

μ_t – coeficient de amestec teoretic , [kg produs / kg aer]



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

μ^* – coeficient de amestec de regim , [kg produs / kg aer]

, de unde rezultă :

$$\mu^* = \mu_t \times (v_a / v_p) \quad (121)$$

Din relația (55) rezultă :

$$\mu_t = (4 \times G_m) / (\pi \times d_t^2 \times v_a \times \rho_a) \quad (122)$$

unde :

μ_t – coeficient de amestec teoretic , [kg produs / kg aer]

G_m – debitul masic de produs, [kg / s]

d_t – diametrul interior al conductei, [m]

ρ_a – densitatea aerului , [kg / m³]

Conform celor afirmate aici mai sus, relația (77) mai poate fi scrisă și astfel:

$$v_{pl} = v_a - v_p , [m / s] , \quad (123)$$

unde:

v_{pl} – viteza de plutire a particulei , [m / s] ,

, din care rezultă :

$$v_p = v_a - v_{pl} , [m / s] , \quad (124)$$

În relația (121) înlocuind, coeficientul de amestec teoretic cu cel descris prin relația (122) și viteza produsului conform relației (124) , și aproximând ca $\pi = 3,14$ și densitatea aerului $\rho_a = 1,2$, rezultă :

$$\mu_r = [1,06 / (v_a - v_{pl})] \times (G_m / d_t^2) \quad (125)$$

unde :

μ_r – coeficient de amestec de regim , [kg produs / kg aer]

G_m – debitul masic de produs, [kg / s]

d_t – diametrul interior al conductei, [m]

Formula descrie astfel modul în care parametrii ce influențează concentrația de regim interacționează și condiționează variația cantitativă a acesteia . Așa cum spuneam, relația trebuie studiată prin prisma dinamicii procesului , pentru că oricând modificarea a unuia din parametri influențează cel puțin unul din ceilalți parametri . Mai mult decât atât, parametri care la prima vedere



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

nu intervin direct în relație, influențează rezultatul final al concentrației de regim. Unul dintre aceștia ar fi distribuția granulometrică a produsului, care de fapt influențează viteza de plutire a amestecului. Oricum, valoarea finală a vitezei de plutire este dată și de cantitatea de material ce trebuie transportat, în sensul că orice creștere a debitului de material duce la creșterea vitezei de plutire a amestecului și implicit a concentrației de regim. Pe de alta parte, orice creștere a debitului de material, duce și la scăderea debitului de aer manifestat prin scăderea vitezei acestuia.

Din cele rezultate din cadrul lucrării și determinărilor experimentale, rezultă că pentru anumite condiții date de material, debit de aer și conductă, și asumând că suntem în domeniul transportului pneumatic (Figura 14), valoarea concentrației de regim este direct influențată de debitul de material ce trebuie transportat. Creșterea debitului duce la creșterea vitezei de plutire a amestecului, scade diferența dintre viteza aerului și viteza de plutire ($v_a - v_{pl}$) a amestecului și implicit duce la scăderea vitezei produsului, a particulei în speță (relația 124). Regimul de lucru se modifică pe curba trasată în Figura 14 spre stanga și se intra în domeniul instabil, domeniu în care instalația prezintă pericol de înfundare.

Revenind la formula (77), putem scrie:

$$v_r = v_a - v_p = v_{pl}, [m/s], \quad (77)$$

și înlocuind în relația (78), avem:

$$S = v_r / v_a = (v_a - v_p) / v_a = v_{pl} / v_a \quad (78)$$

de unde, avem:

$$v_{pl} = v_a \times S \quad (126)$$

Înlocuind valoarea vitezei de plutire conform relației (126) în relația (125), avem:

$$\mu_r = \{ 1,06 / [v_a \times (1 - S)] \} \times (G_m / d_t^2) \quad (127)$$

Ca și relația (125) și relația (127) descrie modul cum variază concentrația de regim funcție de parametrii ce influențează transportul pneumatic. Analizând ecuația (127), observăm că dificultatea rezolvării acesteia constă în faptul că, coeficientul de alunecare este o mărime dinamică și reprezintă măsura în care viteza de plutire a produsului influențează gradul de rămânere în urmă a produsului față de aer. Rămânerea în urmă se referă mai degrabă la debitul de produs în ansamblu și nu la o singură particulă pentru că, din distribuția vitezelor aerului în conductă (Figura 9) am văzut că viteza aerului diferă în secțiunea conductei.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȚINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

3.3.2. Corelația Masă Hectolitrică - Coeficient de Amestec Maximal

Am reprezentat corelația prin prisma celor doua evaluări ale Coeficientului de Amestec și anume “Coeficient de Amestec Teoretic” respectiv “Coeficient de Amestec De Regim” . In ambele cazuri reprezentarea a fost denumită “Maximală” pentru coeficientul de amestec, pentru că am considerat acea valoare a coeficientului de amestec cea mai apropiată de regimul de înfundare a coloanei , regim la care am putut efectua determinările experimentale, un regim de transport pneumatic cvasistabil (Fotografia 26).



Fotografia 26 : Regimul cvasistabil al transportului pneumatic

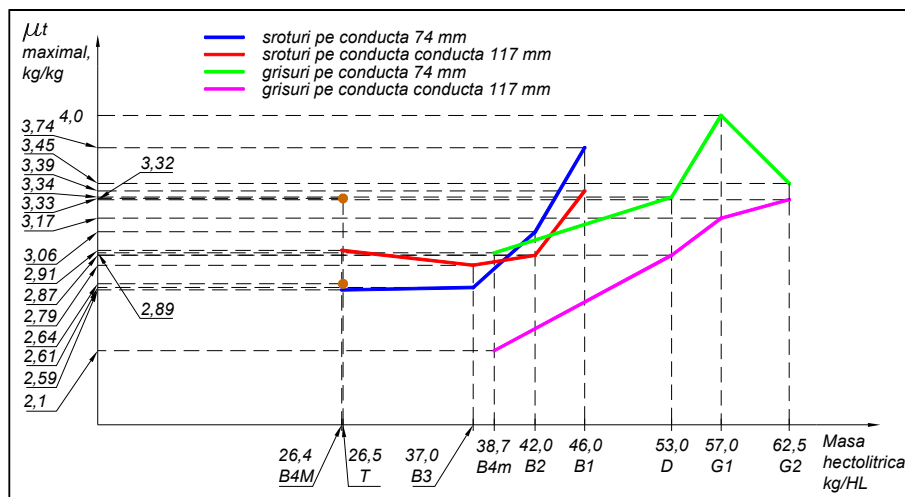


Figura 67: Corelația Masă Hectolitrică-Coeficient de Amestec Teoretic Maximal, comparativ la conductele de diametre interioare 74 mm și 117 mm

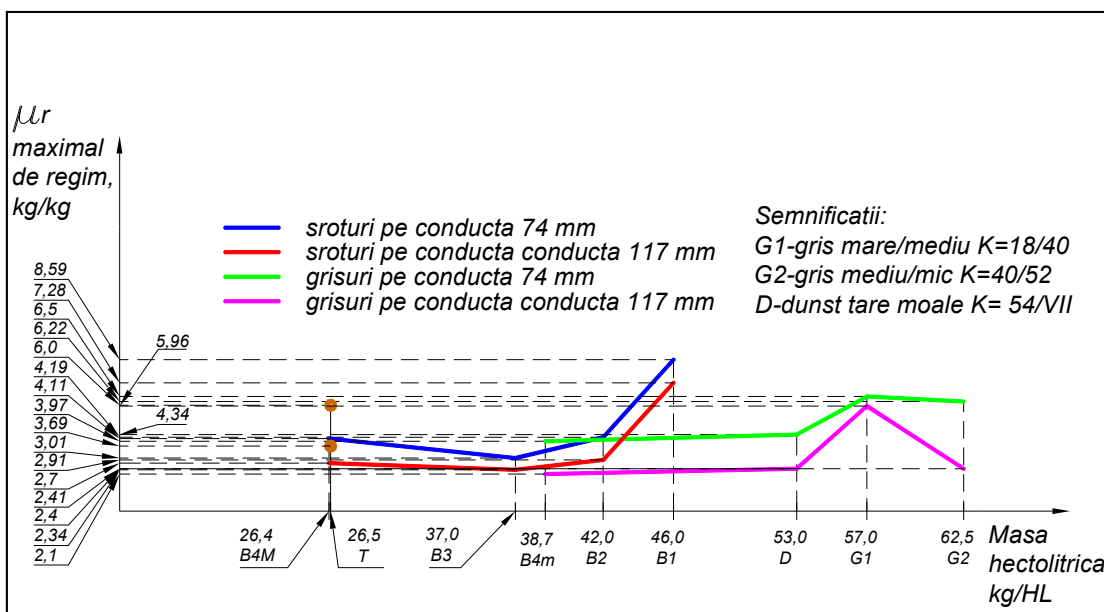


Figura 70: Corelația Masă Hectolitrică-Coefficient de Amestec Maximal de Regim, comparativ la conductele de diametre interioare 74 mm și 117 mm

3.3.3. Corelația Masa Hectolitrică – Viteza Produsului .

În contextul de față, prin viteza produsului înțelegem acea valoare a vitezei produsului la care transportul se poate efectua în condiții limită, aproape de regimul de înfundare a conductei . Astfel, pe abscisă am reprezentat masa hectolitrică a produsului, iar pe ordonată am reprezentat viteza produsului. Viteza produsului s-a dedus din relația (125) :

$$\mu_r = [1,06 / (v_a - v_{pl})] \times (G_m / d_t^2) \quad (125)$$

unde :

μ_r – coeficient de amestec de regim , [kg produs / kg aer]

G_m – debitul masic de produs, [kg / s]

d_t – diametrul interior al conductei, [m]

Conform relației (124), avem :

$$v_p = v_a - v_{pl} , [m / s] , \quad (124)$$

și rezultă :

$$\mu_r = [1,06 / v_p] \times (G_m / d_t^2) \quad (128)$$

unde : v_p – viteza produsului, [m / s]



UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRUFondul Social European
POS DRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRUUniversitatea
Lucian Blaga Sibiu

Din ecuația (128), rezultă viteza produsului :

$$v_p = (1,06 / \mu_r) \times [G_m / (d_t^2 \times 60)] , \quad (129)$$

unde:

G_m – debitul masic de produs, [kg / min]

În graficul din Figura 71, s-a reprezentat această corelație, între masa hectolitrică a produsului și viteza produsului calculate cu relația (129) .

3.3.4. Corelația Coeficient Maxim de Amestec – Numarul Froude

Așa cum se poate observa din relațiile (125) respectiv (127), valoarea coeficientului de regim depinde și de raportul în care se gasește debitul de produs cu aria secțiunii coloanei de transport. Putem defini astfel valoarea încărcării specifice a conductei, astfel :

$$g_s = 1,06 \times (G_m / d_t^2) , \quad [\text{kg} / \text{s} / \text{m}^2] \quad (130)$$

unde:

g_s – încărcarea specifică , [kg / s / m²] ,

1,06 – constantă rezultată din aproximarea $\pi = 3,14$ și $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, densitatea aerului

G_m – debitul de produs, [kg / s]

Evaluarea corelației dintre coeficientul de amestec maximal (la limita de înfundare) și Numarul lui Froude, prin relația (83) dă aproximări destul de largi asupra constantei de înfundare C a produsului (vezi Tabel 20) .

O astfel de abatere este mult în afara oricărei aproximări ingineresti și am considerat că se impune o revizuire a formulei dată prin relația (83) .

Așa cum arătam mai sus, coeficientul de amestec de regim depinde de încărcarea specifică a secțiunii conductei . Adăugând această influență, am rescris formula, după cum urmează :

$$\mu_r = S_c \times C \times Fr^2 \quad (132)$$

unde:

S_c – aria secțiunii conductei, [m²]

Cu relația (132) am calculat constantele de înfundare ale produselor avute în studiu , conform cu relația de mai jos :

$$C = \mu_r / (S_c \times Fr^2) \quad (133)$$



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȚINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

unde: C – constanta de înfundare a produsului, [kg.produs / (kg.aer x m²)]

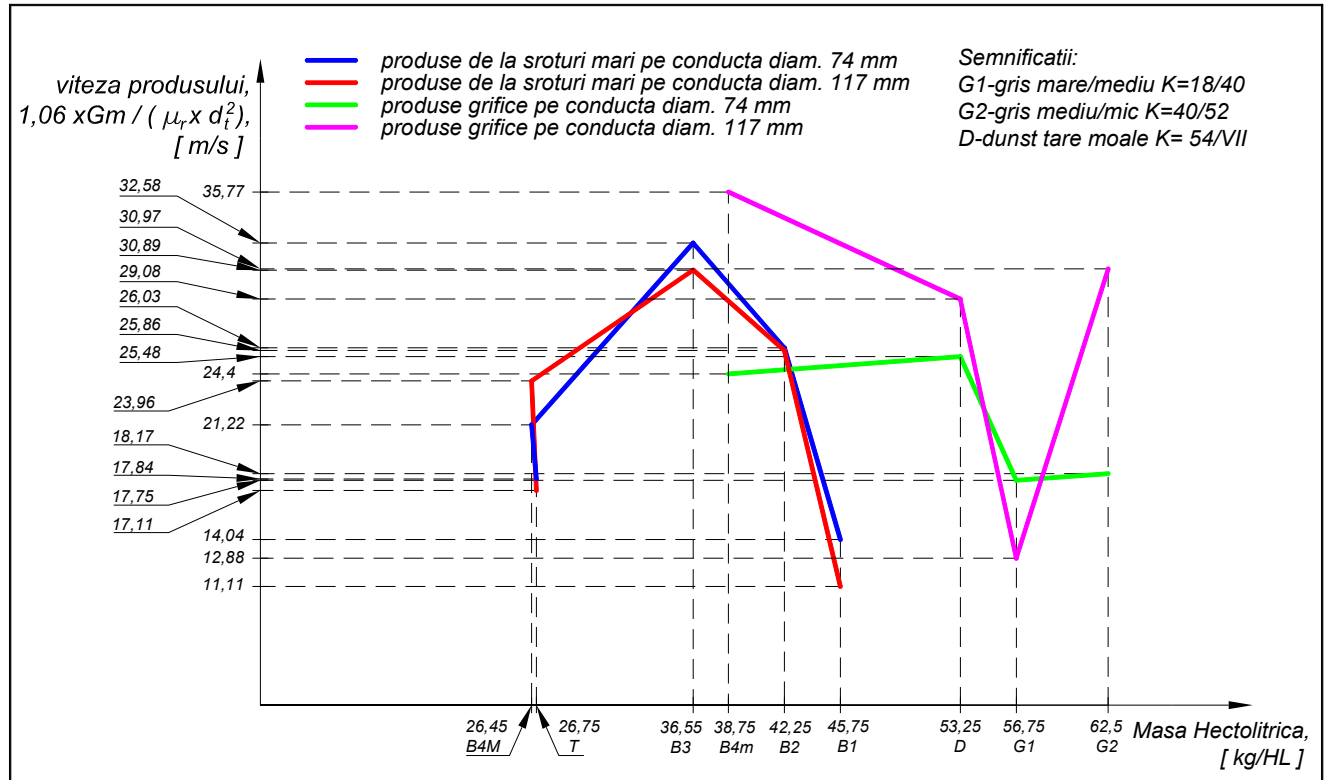


Figura 71 : Viteza produsului la conditia limita functie de Masa Hectolitrica

Valoarea Constantei C trebuie interpretată, în opinia mea, ca o valoare maximă posibilă a fi realizată pentru un produs ca și încărcare specifică a conductei în unitatea de timp. Având în vedere modul cum e calculat coeficientul de amestec, putem spune că valoarea constantei C reprezintă debitul maximal de produs ce poate fi transportat prin unitatea de suprafață de conductă, de către un kg de aer (la densitatea standard) în unitatea de timp .

Orice altă încercare de corelare a Constantei de Înfundare a Produsului cu Fr^4 sau cu încărcarea specifică g_s , dă valori cu abateri foarte mari .



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

3.4. CONSTANTE DE ÎNFUNDARE ale PRODUSELOR INTERMEDIARE din INDUSTRIA MORĂRITULUI .

Utilizând relațiile (83) și (133) și prelucrând datele din graficele :

- Figurile 47, 48 , 49 , 50 , 51 , 52 , 53 , 54 și 55 pentru relevarea Coeficientului Maximal de Amestec de Regim
- Figurile 29 , 30 , 31 , 32 , 33 , 34 , 35 , 36 și 37 pentru relevarea vitezei aerului , pentru fiecare din produsele ce au constituit obiectul studiului, am calculat constantele de înfundare ale acestora și le-am centralizat în Tabelele 20 și 21 .

În fiecare din cele doua tabele sunt menționate următoarele :

- valorile constantelor de înfundare pentru fiecare produs și pentru fiecare din conductele utilizate în determinările experimentale
- valorile constantelor de înfundare pentru fiecare produs și pentru fiecare din conductele utilizate în determinările experimentale
- valoarea mediei aritmetice a celor două determinări pentru fiecare produs
- abaterea individuală față de media aritmetică, în procente

Abaterea individuală față de media aritmetică a fost calculată pentru una din cele două valori ale determinărilor, abaterea fiind simetrică față de media aritmetică . În literatura de specialitate nu există valori ale acestei constante de înfundare, de aceea evaluarea abaterii prin orice altă formulă de genul abaterii medii standard (abaterea medie patratică), nu este relevantă pentru ca ar fi calculată prin raportarea la media aritmetică a celor doua valori, dând valori apropiate de zero, sau chiar zero .

Din acest motiv nici alta formă statistică de genul Coeficientului de Variatie nu poate fi calculată, dând valori apropiate de zero, sau chiar zero .

Din analiza celor două tabele, se observă că rezultatele obținute cu formula (133) sunt mult mai omogene și cu abateri mult mai mici de la valoarea medie . Cu excepția produsului Griș Mediu/Mic având $K= 54 / VII$, care este un produs cu un comportament mai atipic, în sensul în care prezintă acele “fuioare” de produs la transport, toate celelalte produse au abateri sub 25 % .

Se observă de asemenea că valorile medii calculate cu relația (133), sunt sensibil mai mari, ceea ce înseamnă coeficienți de amestec maximali de regim mai mari .



UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRUFondul Social European
POS DRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRUUniversitatea
Lucian Blaga Sibiu

Tabel 20 : Valori ale Constantelor de Înfundare calculate cu relația (83) :

Nr. crt.	Originea produsului	Valori ale Constantei de Înfundare deduse din determinările experimentale		Media aritmetică	Abaterea individuală față de media aritmetică
		Conducta de diametru 74 mm	Conducta de diametru 117 mm		
01	B1 valț	$597,71 \times 10^{-5}$	$1460,38 \times 10^{-5}$	$1029,05 \times 10^{-5}$	41,92 %
02	B2 valț	$238,53 \times 10^{-5}$	$485,46 \times 10^{-5}$	$362,0 \times 10^{-5}$	34,10 %
03	B3 valț	$154,81 \times 10^{-5}$	$398,53 \times 10^{-5}$	$276,67 \times 10^{-5}$	44,05 %
04	B4 M valț	$262,25 \times 10^{-5}$	$623,73 \times 10^{-5}$	$442,99 \times 10^{-5}$	40,80 %
05	B4 mic valț	$254,97 \times 10^{-5}$	$414,31 \times 10^{-5}$	$334,64 \times 10^{-5}$	23,81 %
06	Griș mare/mediu k=18/40	$392,56 \times 10^{-5}$	$1165,18 \times 10^{-5}$	$778,87 \times 10^{-5}$	49,6 %
07	Griș mediu/mic k=40/52	$418,68 \times 10^{-5}$	$549,0 \times 10^{-5}$	$483,84 \times 10^{-5}$	13,47 %
08	Dunst tare/moale K=54/VII	$287,39 \times 10^{-5}$	$464,41 \times 10^{-5}$	$375,9 \times 10^{-5}$	23,55 %
09	Tărățe	$421,65 \times 10^{-5}$	$740,22 \times 10^{-5}$	$580,94 \times 10^{-5}$	27,42 %



UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRUFondul Social European
POS DRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRUUniversitatea
Lucian Blaga Sibiu

Tabel 21 : Valori ale Constantelor de Înfundare calculate cu relația (133) :

Nr. crt.	Originea produsului	Valori ale Constantei de Înfundare deduse din determinările experimentale		Media aritmetică	Abaterea individuală față de media aritmetică
		Conducta de diametru 74 mm	Conducta de diametru 117 mm		
01	B1 valț	1390,0x10 ⁻³	1360,0x10 ⁻³	1375,0x10 ⁻³	1,09 %
02	B2 valț	554,89x10 ⁻³	451,77x10 ⁻³	503,33x10 ⁻³	10,24 %
03	B3 valț	360,12x10 ⁻³	370,87x10 ⁻³	365,5x10 ⁻³	1,47 %
04	B4 M valț	610,07x10 ⁻³	580,44x10 ⁻³	595,26x10 ⁻³	2,49 %
05	B4 mic valț	593,15x10 ⁻³	385,55x10 ⁻³	489,35x10 ⁻³	21,21 %
06	Griș mare/mediu k=18/40	913,21x10 ⁻³	1084,30x10 ⁻³	998,76x10 ⁻³	8,56 %
07	Griș mediu/mic k=40/52	973,99x10 ⁻³	510,89x10 ⁻³	742,44x10 ⁻³	31,19 %
08	Dunst tare/moale K=54/VII	668,56x10 ⁻³	432,37x10 ⁻³	550,47x10 ⁻³	21,45 %
09	Tărățe	980,91x10 ⁻³	688,84x10 ⁻³	834,88x10 ⁻³	17,49 %

4. CONCLUZII GENERALE

4.1. Concluzii asupra rezultatelor .



UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRUFondul Social European
POS DRU 2007-2013Instrumente Structurale
2007-2013MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TÎNERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRUUniversitatea
Lucian Blaga Sibiu

În tabelul de mai jos, Tabelul 22, am centralizat valorile Constantelor de Înfundare pentru produsele intermediare din industria morăritului . Acestea reprezintă raportul dintre cantitatea de produs ce poate fi transportată pneumatic de către o unitate de masă de aer pe unitatea de suprafață a conductei de transport. Într-un sens mai larg, reprezintă raportul dintre coeficientul de amestec de regim și unitatea de suprafață a conductei de transport , în unitatea de timp.

Tabel 22 : Valorile Constantelor de Înfundare pentru produsele intermediare din industria morăritului .

Nr. crt.	Originea produsului	Valorile Constantelor de Înfundare pentru produsele intermediare din industria morăritului, [kg produs / (kg aer x m ²)]
01	B1 valț	1375,0x10 ⁻³
02	B2 valț	503,33x10 ⁻³
03	B3 valț	365,5x10 ⁻³
04	B4 M valț	595,26x10 ⁻³
05	B4 mic valț	489,35x10 ⁻³
06	Griș mare/mediu k=18/40	998,76x10 ⁻³
07	Griș mediu/mic k=40/52	742,44x10 ⁻³
08	Dunst tare/moale K=54/VII	550,47x10 ⁻³
09	Tărâțe	834,88x10 ⁻³



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

4.2. Contribuții personale .

Dimensionarea unui sistem de transport pneumatic cu informațiile și datele existente la momentul de față în literatura de specialitate , duce la puteri instalate ale ventilatoarelor cu mult peste cele necesare în realitate . În activitatea mea curentă de proiectare de instalații pentru procesarea cerealelor, am observat că limitele menționate în literatura de specialitate pentru coeficienții de amestec, pot fi ușor depășite, ceea ce duce în final la puteri instalate ale ventilatoarelor mai mici, reducerea consumului specific de energie electrică, reducerea investiției în echipament și în întreținerea acestuia și în ultima instanță la reducerea costului produsului finit și mărirea profitului pentru unitățile de morarit .

Dintre **contribuțiile teoretice** pot remarca:

- elaborarea unui model propriu pentru proiectarea optimă a sistemelor de transport pneumatic din mori și silozuri
- studiul influenței unor factori asupra procesului de transport pneumatic din mori și silozuri
- determinarea debitului de aer fals pe ecluză în condiții de presiune statică maximă a ventilatorului
- studiul influenței raportului diametru particulă/diametru conductă asupra vitezei de plutire
- studiul influenței coeficientului de amestec asupra vitezei de plutire
- studiul influenței mării secțiunii conductei asupra valorii Constantei de Înfundare și implicit asupra coeficientului de amestec maximal
- studiul variației vitezei de plutire funcției de masa hectolitrică a produsului
- asimilarea vitezei relative a aerului față de particulă cu viteza de plutire a acesteia în condițiile respective de diametru conductă și coeficient de amestec

Dintre **contribuțiile aplicative** pot remarca:

- stabilirea unui model pentru dimensionarea sistemelor și instalațiilor de transport pneumatic a produselor intermediare din industria morăritului, pe baza condițiilor limită
- determinarea experimentală Constantelor de Înfundare ale produselor intermediare
- determinarea coeficienților de amestec maximali pentru produsele intermediare din industria morăritului
- interpretarea unitară a rezultatelor prin stabilirea unor condiții, relații, algoritme și proceduri comune, care să aibă relevanță practică și tehnologică, aplicabilă industrial, privind corelațiile masă hectolitrică - coeficient de amestec maximal, masa hectolitrică – viteza produsului și coeficient maxim de amestec – numărul Froude

Contribuții cu aplicații industriale:

- Stabilirea unor proceduri de lucru care pot fi oricând urmate și aplicate pentru orice alte determinări la alte game de produse (de exemplu determinarea cu mai multă relevanță a coeficientului de alunecare, atât la produsele din morărit, cât și pentru orice alte produse ce pot face subiectul unei instalații de transport pneumatic);



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

- Evaluarea profilului curbelor coeficientului de alunecare;
- Realizarea unei instalații pilot similară cu cele utilizate în industrie, atât ca dimensiuni ale echipamentelor, diametre ale coloanelor și produse studiate, cât și ca profil al instalației, perfect compatibilă și integrabilă structurilor productive industriale, deosebit de flexibilă tehnologic.

Pana la această lucrare nu se cunoșteau limitele transportului pneumatic pentru produsele intermediare din industria morăritului . Prin realizarea prezentei lucrări, sistemele și instalațiile de transport pneumatic ale produselor intermediare din industria morăritului, în speță cele din industria prelucrătoare de grau normal pentru panificație (reprezentativă pentru industria de profil din țara noastră) pot fi acum dimensionate foarte aproape de condițiile limită, aproape de limita fizica a sistemului .

Rezultatele obținute prin prezentul studiu au relevanță directă pentru aceste sisteme, determinările experimentale realizându-se pe o instalație pilot similară cu cele utilizate în industrie, atât ca dimensiuni de mașini, diametre coloane și produse studiate cât și ca profil al instalației, în sensul în care aceasta a fost desfașurată la o scară industrială .

De asemenea, gama de produse studiate a cuprins întreg spectrul de produse ce se poate regăsi în cadrul unei unități de morărit, atât pentru capacitațiile mici cât și pentru capacitații oricât de mari .

Procedurile de lucru aplicate și descrise în prezenta lucrare, sunt un element de noutate atât ca modalitate de abordare a problemei cât și ca etape efective de lucru . Pot fi oricând urmate și aplicate pentru orice alte determinări la alte game de produse . Procedurile de lucru pot fi urmate de exemplu pentru determinarea cu mai multă relevanță a coeficientului de alunecare, atât la produsele din morărit cât și pentru orice late produse ce pot face subiectul unei instalații de transport pneumatic .

Un element de noutate îl constituie de asemenea și evaluarea profilului curbelor coeficientului de alunecare .

4.3. Lucrari elaborate de autor in cadrul temei tezei de doctorat .

1. Tănase TĂNASE, Ioan DANCIU, “Echilibrarea coloanelor de transport pneumatic în cazul sistemelor de transport pneumatic în suprapresiune cu o singura suflanta” , Acta Universitatis Cibiniensis, series E: Food Technology, 2011, 15 (2), ISSN 1221-4973, p. 19-24, indexat Chemical Abstracts, Food Science Central, CABI www.cabi.org/AbstractDatabases.asp?SubjectArea=&Subject=&Section=sc&letter=A&PID=125
2. Tănase TĂNASE, Ioan DANCIU, “Utilizarea principiului popelor înseriate în transportul pneumatic în industria morăritului “ , Acta Universitatis Cibiniensis, series E: Food Technology, 2011, 15 (2), ISSN 1221-4973, p. 35-40, , indexat Chemical Abstracts, Food Science Central, CABI www.cabi.org/AbstractDatabases.asp?SubjectArea=&Subject=&Section=sc&letter=A&PID=125



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

3. Tănase TĂNASE, Ioan DANCIU, “ Determinări experimentale privind variația debitului de aer cu debitul de produs, la transportul pneumatic al produselor intermediare din industria morăritului “ , Acta Universitatis Cibiniensis, series E: Food Technology, 2012, 16 (1), ISSN 1221-4973, p. 3-16, indexat Chemical Abstracts, Food Science Central, CABI
www.cabi.org/AbstractDatabases.asp?SubjectArea=&Subject=&Section=sc&letter=A&PID=125
4. Tănase TĂNASE , “Metode Moderne de Analiză Granulometrica a Produselor Intermediare Rezultate la Măcinarea Grâului Comun ” , Buletin Informativ pentru industriile de Morarit și Panificație, Anul 2002, Vol. 13, Nr. 3
5. Tănase TĂNASE, Ioan DANCIU : PROPUNERE BREVET INVENTIE CU TITLUL “CLAPET AUTOMAT FĂRĂ ELEMENTE ELECTRICE PENTRU REGLAREA DEBITULUI DE AER “

4.4. Direcții viitoare de cercetare .

Prin prezenta lucrare am reușit să lamuresc un aspect al transportului pneumatic în industria morăritului și anume determinarea Constantelor de Înfundare. Sunt parametri specifici produselor ce trebuie transportate și condiționează în ultima instanță eficiența energetică a unui astfel de sistem .

Printre cele ce ar trebui mai departe lamurite și studiate așa putea menționa:

- determinarea profilului curbelor de alunecare a acestor produse .
- determinarea și evaluarea interacțiunilor care au loc la stratul limită dintre conductă și amestecul bifazic produs – aer .
- determinarea coeficienților de frecare ai produselor cu conducta
- evaluarea cuplului “Coeficient de amestec – Lungime traseu” pentru o dimensionare corectă a capacității liniei în condițiile unui coeficient de amestec maximal și prin prisma presiunilor utilizate la ventilatoare și suflante în industria morăritului .
- posibilități de reducere a puterii instalate la astfel de instalații prin reducerea debitului de aer la minim necesar și înlocuirea ventilatoarelor existente cu unele de presiuni mai mari. Aici însă trebuie ținut cont de gama de mașini auxiliare (de genul filtre, cicloane) existente pe piață la constructorii specializați .