

102069

中等專業學校教學用書

潤滑和防護材料工藝學

И·Н·卡 洛 圖 欣 В·Г·庫茲涅佐夫 合著
С·Н·卡則爾諾夫斯基 В·А·查列格拉德斯基



人民鐵道出版社

中等專業學校教學用書

潤滑和防護材料工藝學

И·Н·卡 洛 圖 欣 В·Г·庫 茲 涅 佐 夫
С·Н·卡則爾諾夫斯基 В·А·查列格拉德斯基 合著
金允文 王秉輝等合譯

人 民 鐵 道 出 版 社

1956年·北京

本書敘述主要潤滑和防護材料及其理化性質、成分和用途。

本書經蘇聯交通部教育總局審定作為鐵路運輸技術學校的車輛專業教科書。

本書可作為鐵路中等專業學校車輛專業教科書，並可供車輛部門工程師、技術員、潤滑和防護材料的管理人員及油漆工作人員學習與參考之用。

潤滑和防護材料工藝學

ТЕХНОЛОГИЯ СМАЗОЧНЫХ И ЗАЩИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

И. Н. КОЛОТУХИН В. Г. КУЗНЕЦОВ
С. Н. КАЗАРНОВСКИЙ В. А. ШАФЕГРАДС. И 合著
蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九五二年莫斯科俄文版）

ТРАНСКЕЛДОР: ДАТ

Москва 1952

金允文 王秉輝等合譯

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府1號）

北京市書刊出版營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七裏莊）

1956年11月初版第1次印刷

平裝印 1—2,733 冊

書號：636 開本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張：7 $\frac{1}{8}$ 字數 138千 定價（1956）1.30元

目 錄

序	1
第一編 潤滑材料工藝學	3
第一章 潤滑材料、摩擦、對潤滑材料的要求	3
§1. 潤滑材料的使用簡史	3
§2. 摩擦的概念	6
§3. 滑動與滾動的摩擦	9
§4. 潤滑材料的基本性質	11
§5. 計算軸承潤滑油層的基本公式	18
第二章 製造潤滑材料所用的原料	22
§6. 潤滑材料的分類	22
§7. 石油的成因和它的基本性質	24
§8. 有機化學簡介	27
§9. 石油的精制	33
第三章 鐵路用潤滑材料	37
§10. 車輛用潤滑材料	37
§11. 一般使用的潤滑劑	44
§12. 車輛潤滑材料的合理使用	55
§13. 廢油與廢棉絲材料的收集、保管與再生	62
第四章 潤滑材料的試驗	69
§14. 鐵路化學技術試驗室的任務	69
§15. 採 樣	70
§16. 運動粘度和條件粘度的測定	73
§17. 開式坩堝上閃點和燃點的測定	78
§18. 潤滑油凝結點的測定	79
§19. 潤滑油中機械雜質、水溶性酸鹼和水份含量的測定	82

§20. 潤滑脂稠度和滴點的測定	86
------------------------	----

第二編 防护材料工藝学 91

第五章 防护材料的概念 91

§21. 鉄路運輸中塗料層的採用	91
------------------------	----

§22. 鉄路運輸中金屬的腐蝕	93
-----------------------	----

第六章 制备塗料的原料 104

§23. 塗料的分類及組成	104
---------------------	-----

§24. 塗料及其薄膜的主要性質	106
------------------------	-----

§25. 植物油和脂肪油	117
--------------------	-----

§26. 樹 脂	123
----------------	-----

§27. 溶 劑	134
----------------	-----

§28. 油漆用的顏料	148
-------------------	-----

§29. 塑化劑、干燥劑和膠質物	162
------------------------	-----

第七章 塗料的种类 169

§30. 干 油	169
----------------	-----

§31. 清 漆	183
----------------	-----

§32. 油 漆	195
----------------	-----

§33. 含清漆的油漆（瓷漆）	202
-----------------------	-----

§34. 特殊塗料的組成	209
--------------------	-----

第八章 塗料的試驗 219

§35. 干油、油、清漆及油漆粘度的測定	219
----------------------------	-----

§36. 塗料干燥速度和表面塗裝能力（展平性）的測定	222
----------------------------------	-----

§37. 顏料的粒度、吸油量及着色力的測定	224
-----------------------------	-----

§38. 塗料展蓋力的測定	226
---------------------	-----

§39. 顏料同油漆耐光性和耐候性的測定	227
----------------------------	-----

序

党第十九次代表大会指示，按照在一九五一至一九五五年發展苏联國民經濟的第五个五年計劃，規定以新的技術進一步大規模地裝備鐵路運輸業。

在这五年中，鐵路運輸將獲得大量新型的蒸汽機車、內燃機車、电气機車、客車和大型貨車，以及其他現代化裝備。为了正确地利用及保證其完好，合理地使用潤滑和油漆材料，良好地組織这方面的作業，對於運輸就有着巨大的意义。

潤滑業務對於鐵路運輸有着非常大的作用，如車輛狀態的良好，鐵路对國家輸送旅客和貨物的計劃的完成，列車运行的安全，均有賴於適当地組織潤滑業務。

最重要的問題是正确地选用潤滑剂，因为列車的連續运行及機車的燃料消耗都与此有关。

为任何机械或摩擦接点選擇潤滑材料时，首先須注意潤滑剂的粘度，这是影响全部工作系統的主要標誌。

如所週知，例如（按技術科学博士 K.A. 柳契尔的計算），列車車輛軸箱內車軸油的粘度每增高条件粘度一度（ 1°BY_{50} ），機車的燃料消耗就增加 0.8 %。估計每年鐵路在機車燃料上的消耗是数十億盧布，那末一年中將會因此而浪費数千万盧布。

鐵路運輸是潤滑材料与油漆材料的最大需要者。僅為保證全部車輛的正常工作，每年就須耗費数万噸高質量車軸油、数千噸軸箱用的棉絲头、数十万油刷架与油毛刷、数万噸清漆与油漆，以上这些要值千百萬盧布。

因此，在鐵路運輸上極嚴格地節約潤滑与油漆材料，就是非

常重要的國家大事。

所有这些都責成車輛部門的工作者們，必須很好地了解潤滑与油漆作業的技術基礎，合理地使用國產的各種潤滑与油漆材料。

油漆業務的合理組織也有很大的意义。巧妙而及時地塗刷經過正確選擇的塗料，能够預防金屬結構的腐蝕、木材制品的腐朽及其他損壞。此外，良好的塗漆還能保持車輛的衛生狀態。

本書所列为鐵路運輸用潤滑与油漆材料的基本性質，及其制取工藝的簡單敘述。

本書敘述的次序与內容，適合於鐵路運輸技術學校車輛專業『潤滑与油漆材料工藝學』的課程大綱。

作者

第一編 潤滑材料工藝學

第一章 潤滑材料、摩擦、對潤滑材料的要求

§1. 潤滑材料的使用簡史

遙遠的古代就已經知道使用潤滑材料。但是很多世紀以來，對潤滑材料的利用並未給以應有的注意。

從十八世紀末葉機器工業開始蓬勃發展，蒸汽機、蒸汽機車及由机床裝備的工業的建成，使得因克服摩擦所遭受的損失十分可觀，致對潤滑劑的選擇、潤滑作業的組織才日益注意起來。

應用潤滑液降低機器與機械摩擦的合理性始於一八八三年，首先由 H. П. 彼特洛夫教授——流體力學摩擦理論的創始者——奠定了理論基礎。

該理論基礎，又為 H. П. 彼特洛夫在『機器中的摩擦與潤滑液對摩擦的影響』一書中有所發展。這一時期就成為近代潤滑科學的萌芽期，而近代潤滑科學是經以後的偉大俄國科學家們輝煌發展而成的。

石油加工產品的礦物油作為潤滑材料，獲得了極廣泛的應用。

由於礦物油的應用，使得潤滑材料不但好用，而且價錢也便宜了很多，同時也保證了各種機器運動速度與功率提高的可能性。現代高功率的內燃發動機、過熱蒸汽的高溫蒸汽機，以及很多其他的機器與機械，若沒有高質量的礦物潤滑油就不能工作。

石油的加工及其產品在工業上的應用，始自十八世紀中期。

世界上第一个石油蒸馏工厂是非道尔·普烈都諾夫，在一七四六年建於烏赫特（Ухт）。以后在一八二三年，農奴督賓寧弟兄在北高加索莫茲多克地方建成了一座制取煤油的工厂。

偉大的俄國化学家 Д.И. 門德雷耶夫首先确定了从石油中獲得潤滑油的可能性。

他曾注意到重油利用的不合理，这种重油是从石油中蒸出煤油馏份后的殘留品，因而指出在蒸馏重油时用选择適當馏份的方法，可使其適宜地生產潤滑油。

按照 Д.И. 門德雷耶夫的指示，他的学生拉高津工程师於一八七六年在巴拉汗（Г.Влахн）建成世界上第一个制取礦物性潤滑油的工厂。利用水蒸汽使高沸点石油馏份易於揮發的先進方法，就是在該厂最先实行的。偉大的俄國石油化学家 Л.Г. 古尔維其教授，奠定了这种蒸馏法的理論基礎。

石油生產的發展，除了擴大所採石油的一般加工法外，同时也要求改良以前採用的、在大桶中間断执行的簡陋的石油加工法。

一八八三年在巴庫的煉油厂中，俄國工程師們建立了世界上第一座連續作用的桶形塔（Ватарея）。以后，为了制得蒸馏油，开始採用連續作用的真空塔以蒸馏重油。

由於运用这种先進的石油加工技術，俄國潤滑油最先登上了世界市場。

在一八九一年，天才的俄國工程師 В.Г. 叔赫夫教授研究出石油加工的原則上完全新的方法——裂化过程（Крекинг-процесс）。这是一种現代石油加工工業中非常重要的过程，保證了有价值產品的大量生產。

为了獲得高級潤滑油，不可缺的提純法有着很大的意义。

Л.Г. 古尔維其首先奠定了用硫酸及苛性鈉溶液能够提純馏份油的理論基礎，也研究了提純过程的工藝学。

Л.Г. 古尔維其在油品提純范疇中的進一步研究，已成为石油

实际加工中广泛应用的科学基石，其中应予注意的，有用白土吸附提純生產潤滑油的方法

俄國有机化学經典学派的傑出代表門德雷耶夫、布特列洛夫、馬尔考夫尼考夫、考澤瓦洛夫，澤林斯基、法渥尔斯基等，不僅对我國的石油化学及其加工理論產生了莫大的影响，而且也远及於國外。

著名的俄國化学家 A.M. 布特列洛夫是烴化物化学的奠基人。布特列洛夫是世界上第一个研究出有机化合物結構理論的学者，这种理論不但得到了公認，且已成为揭曉分子結構与确定原子相互結合定律的唯一理論。

布特列洛夫还利用選擇溶解於有机溶剂的办法，从理論上建立了烴化物分离法的根据，成为現代潤滑油選擇提純法的基礎。

著名俄國化学家 B.B. 馬尔考夫尼考夫，在石油化学的發展上做出了很大的貢獻。他發現並且全面地研究了一大类新的烴化物，都是石油的主要組成部份。同时，B.B. 馬尔考夫尼考夫还拟定出在不同的技術領域中利用这些烴化物的基本途徑。

从上述事件可以看出，俄國学者和石油工業工作者們在石油加工法和石油科学的發展上起了多么大的作用。

虽然如此，俄國石油工業發展的水平在十月革命以前还是不高。沙皇俄國的所有油田和石油加工工厂大多数为外國人所有，他們僅关心到从其开采承租权中獲得最大利潤，並不关心有計劃地合理地开采地下礦藏

只有在偉大的十月社会主义革命后，石油工業的情况才根本改变。最富足的礦藏被極度浪費地利用的情况，开始被有計劃地开采全部油田所代替。

卓越的苏联学者，地質学家 И.М. 古彼金和 A.Д. 阿尔漢哲利斯基院士、米洛諾夫教授、格盧別尼考夫等人，創立了新的科学——石油地質学，並研究出探查石油的新而有效的方法。根据这些著作，在第二巴庫区、阿塞拜疆、西伯利亞、極北地区等等

地方，發現了很多新的有工業價值的巨大石油礦藏，因此，我國的石油儲藏量佔據了世界第一位。與此同時，基於社會主義機器製造業的發展，採掘石油的方法亦更趨完善。陳旧的沖擊鑽井法已為旋轉法所代替，很多場合甚至已為渦輪鑽井法所代替。后者是蘇聯科學院通訊院士克派留尼考夫在一九二二年研究出來的。

蘇維埃政權時代所建立的強大空軍與民用航空、世界上最大的農業機器站，以及大量的而且產量增長着的汽車，都需要極大量的液體燃料、潤滑油及其他石油產品。所以雖說石油的開採量不斷增大，其加工品的質量亦不斷改進，而石油節約問題在我國仍然很重要。

對每一機器或機械，選擇最適合的燃料與潤滑劑，並能正確地使用，就是達到石油產品節約的途徑。對我們來說，要合理地使用潤滑劑，就要依據蘇維埃學者們（科學院通訊院士 Б.Б. 皆列金、克拉蓋里斯基教授、契斯利克教授等）研究出的分子機械摩擦理論。液體摩擦定律在我們這裡得到了進一步的深入的發展（佳波雷金院士、巴琴斯基教授等）。

研究各種石油潤滑油份的結構與成分、礦物油的生產工藝學、借助於添加劑以提高油的質量，以及擬定實用性質評定方法的各個領域內納麥特金院士及其他多人的理論研究，頗大程度地為改良潤滑材料的性質開辟着新的前途。

復 習 題

1. 石油加工與開採的工業始於什麼年代？何人於何地首先建成石油加工廠？
2. 何謂機器和機械合理潤滑的科學？何人創始？
3. 關於石油加工和從其中制取潤滑油的科學與那幾位學者有關？

§2. 摩擦的概念

摩擦是物體彼此有相對運動時相互作用的特殊形式，發生於有相對運動時的接觸面上，其所呈現的阻力稱潤滑摩擦力。摩擦力

的特征就是經常阻碍着摩擦物体間的相对运动，甚至阻止了运动的發生。

以往解釋摩擦現象認為完全是机械的原因。这种解釋的根据是發生摩擦的表面並非真正平滑，每一表面都是粗糙而凸凹不平，因而彼此約制、阻碍表面的相互位移（圖1）。

近來在物理学範圍內研究摩擦的过程，証明摩擦有着混合的特性，既決定於机械因素，也決定於分子因素。当摩擦物体相互貼近时，僅在个别点上發生接触，兩物体便在这些地方發生結合，与分子間的結合相类似。当物体相对运动时，这些結合势必被破坏，但同时又在新的接触点上發生。破坏这些結合就使运动產生了阻力，又正好等于二接触面之間因机械不平所引起的阻力上。因此，总摩擦力是由於机械不平与分子結合所生阻力的总和。

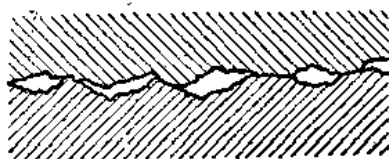


圖1. 粗糙表面的接觸圖（放大）

苏維埃学者們創立了最完整的分子机械摩擦理論。苏联科学院通訊院士B.Б. 皆列金，一九三四年用公式表述了摩擦定律的通式，並加以分析說明。根据B.Б. 皆列金的摩擦理論，И.Б. 克拉盖里斯基教授从理論上誘導出一系列表示摩擦力与各参变数之間的关系式。B.A. 契斯利克的研究，实际地証實了分子机械的摩擦理論，他以試驗証明，隨着摩擦面粗糙程度的減小，摩擦系数降低至某一最小值以后反而逐漸增加（對於非塑性体）。这是因为提高加工精度，存在於摩擦面接触質点間的分子引力亦顯著增大。同时接触質点互相黏結形成牢固的結合。摩擦面加工愈精，結合点發生愈多，結合点破裂所需的功就愈大（圖2），因之摩擦力也就愈大。

摩擦面的材質、压力、相对速度、温度等外在因素，对摩擦过程也發生很大影响。摩擦面的污垢与湿度，能够頗大程度地改

变相对位移的阻力。

克服机械与机器摩擦部份的摩擦力，总是与能量的消耗有关，这种消耗使机器的效率减小，生产率降低。

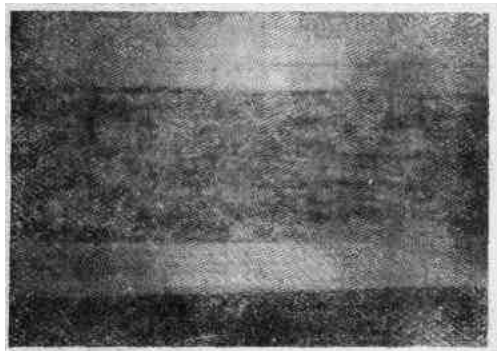


圖2. 因結合點的破裂金屬摩擦面破壞的特徵（放大）

研究列車的運行，就能够对摩擦的有害影响獲得明确的概念。当天气平靜無風、列車行駛於平路時，機車的全部能量消耗在克服各種形式的摩擦，主要有：車軸軸瓦的摩擦，車輪與鋼軌的摩擦和空氣的阻力（空氣與機車和車

輪外壁的摩擦）。降低其中任何一種摩擦或者各種摩擦，可以顯著地減少機車消耗的能量，和產生該能量所需的燃料。

摩擦的另一害處是摩擦面的磨耗。表面磨耗的發生是因為凹凸不平處的結合（粘着）與破壞（機械式的磨耗），和分子結合點的不斷發生與破裂。

機械磨耗主要發生於機件磨成（приработка）階段，該階段的表面極為粗糙（機械加工的道痕）。磨成以後，由於新表面的吻合，分子結合點的数量大增，分子磨耗便開始漸佔優勢。

由於摩擦面上的突起經常地互相撞擊，所以機械磨耗是金屬的疲勞破壞過程。同時，這些突起互相被變形、被切割、被磨損、被研細。並且在摩擦過程中，因摩擦破壞所生成的產物又加速着磨耗。

分子磨耗擁有不同的特徵。

當分子結合破裂時，一物體上的整個分子組可能被拉掉，而轉移到另一物體上。這就引起粘着與出現擦傷的情形。

從一個物體上被破壞的分子，也可能遺留在兩物體的接觸面

之間，聚於該處形成磨耗的粉末產物（分散物質）。最后，結合點的分子在破壞力作用之下，也能够轉成新的形態，即不再與物體分開；在這種情況下發生表面塑性變形。

第一種形式的分子摩擦，通常在實際上不大發生，因為摩擦面彼此被潤滑劑薄層隔開，使表面上各個點之間的分子粘着力變為很弱。

所以可以認為機器的正常磨耗主要是由於物體質點的表面分散而發生。

在許多情況下也常常利用摩擦現象。例如，固定機車連桿端部銅瓦的楔鐵，其所以能保持在自己的位置上，完全依靠摩擦力，假如沒有摩擦力楔鐵就會滑落。銅瓦亦將散落。

任何機車在鋼軌上行走，汽車在公路上行走，就是因為車輪與其沿行的表面（鐵軌、大地）間，有摩擦（粘着）存在着的緣故。

在這些情況中，都是力圖盡量增加摩擦，並且使相應的機件具有能以提高摩擦的構造形式（車輛的制動閘瓦、拖拉機的履帶等）。

§3. 滑動與滾動的摩擦

假如摩擦發生於不被潤滑劑所隔開的固體物間，稱謂干燥摩擦。干燥摩擦可分為三類：

- （а）靜摩擦；
- （б）滑動摩擦；
- （в）滾動摩擦。

靜摩擦發生在速度等於零或者無限小的時候。

蘇聯科學院通訊院士 Б.Б. 皆列金所擬摩擦定律的通式如下：

$$F = f(P + Sp_0), \quad (1)$$

式中 F ——摩擦力；
 P ——垂直荷重；

S ——真正接觸面（兩表面的接觸質點間）；

f ——真正摩擦係數；

p_0 ——因分子粘着所生的單位面積上的壓力，決定於接觸表面的性質。

由式（1）得出，當荷重 P 等於零時，摩擦力並未消失，因為尚有被分子結合所引起的力 fSp_0 。

反之，當荷重很大時，分子結合力可以忽略不計，或者當不平處塑性變形時，式（1）即變為人所共知的形式

$$F = fP. \quad (2)$$

所以摩擦係數

$$f = \frac{F}{P} \quad (3)$$

表示着摩擦面間的摩擦力與垂直壓力之間的关系，並且是無名數。

材質不同，接觸物體相對運動的條件不同，摩擦係數也不同。

滑動摩擦與靜摩擦不同的地方，是它發生於摩擦面以顯而易見，並且容易計算的速度相互位移。滑動摩擦係數比靜摩擦係數稍為小些。增加摩擦面相對位移的速度，摩擦係數也要變小些；當速度極小時，可以看作等於靜摩擦係數。滑動摩擦係數的大小，通常用實驗的方法測定。例如，基於 H. П. 彼特洛夫、B. Л. 喀爾瓦茨基、B. Ф. 耶高爾琴科及其他教授們在鐵路制動方面的試驗研究，確定鑄鐵閘瓦與鋼輪箍之間的摩擦係數，與速度、壓力和溫度的變化有關。

滾動摩擦與以上兩種干燥摩擦截然不同。這種摩擦是當球形或柱狀物體滾動時表面互相作用的結果。理論上表面的互相接觸僅是在一點上（球），或者沿滾柱形成的一條綫上。這樣的接觸情況，只有當兩接觸面具有理想硬度，在任何條件下完全不變形才有可能。事實上所有已知的材料都或多或少地具有彈性；所以

当球体或柱体沿任何表面滚动时，滚动体与支持面都发生变形（圖3）。

結果滚动一个物体必須給以一定的力矩

$$M = QR, \quad (4)$$

等於因滾体压入支持面而生的阻力力矩

$$M_{\text{阻}} = Pf', \quad (5)$$

式中 Q ——使球体或柱体滚动时，通过

其中心所需要的力量；

R ——球体或柱体的半径；

P ——球体或柱体压於表面之力

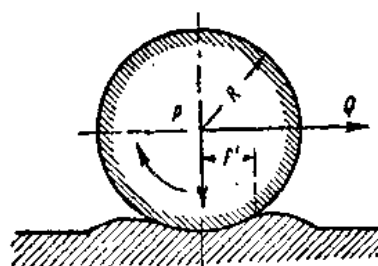


圖3. 物体滚动时形成的接觸圓
(f' —滚动摩擦系数)

滚动阻力亦即滚动摩擦，是以克服該摩擦所需的力矩來表示。这里所取 f' 之值即为滚动摩擦系数。顯然滚动摩擦系数是一槓桿臂之量，力 P 即作用其上，而且是以長度單位度量（公厘）。換句話說，滚动摩擦系数即为圓穴的半径，圓穴为在荷重 P 作用之下之球体或柱体压入支持面造成的。試驗証明，任何兩物体相对滑动时，消耗於运动的力量为其滚动时的15~20倍。所以現代的机器与机械，为了減少摩擦的消耗，力圖以滚动摩擦代替滑动摩擦，採用各种滚动軸承（滾珠的、滾柱的、滾針的）。

但是滑动軸承和一般的滑动摩擦，在現代机器和机械上仍有很大价值

§4. 潤滑材料的基本性質

对机器与机械摩擦部份的摩擦与磨耗，最普遍的防止方法就是潤滑。

潤滑剂分离摩擦面，防止其直接接触，因而能消除干燥摩擦的有害影响。於摩擦面之間有足够的潤滑剂时，摩擦並不發生於

兩物体之表面，而發生於遮蓋着表面的潤滑剂薄膜之間。

例如，澆於軸瓦与軸頸之間的車軸油，能減少車輛运行的阻力，防止軸箱發熱，使容易起動和便於从編組站的駝峯溜放。

一八八三年 H.П. 彼特洛夫教授研究各种液体潤滑剂，确定当摩擦面完全被潤滑液隔离时，其摩擦情况並不服从干燥摩擦定律。H.П. 彼特洛夫教授称这种摩擦为液体摩擦。同时 H.П. 彼特洛夫教授确定，除去干燥与液体摩擦之外，尚存在有中間形式的摩擦，亦即兩吻合面不定全为液体（潤滑剂）分开。这种接触部份的摩擦情况称为半液体摩擦，但当接触点很多时称为半干燥摩擦。这些不同形式摩擦之間，並沒有很鮮明的界限。

H.П. 彼特洛夫教授的著作『机器中的摩擦与潤滑液对摩擦的影响』，是流体力学摩擦理論的基础。这一理論，以后曾为 H.E. 茹考夫斯基、С.А. 佳波雷金、巴琴斯基、列宾宗等教授的著作所發展与补充。

根据这一理論，彼特洛夫的液体摩擦定律，应具有下列形式（稍简化），

$$\mu = \frac{zv}{hp}, \quad (6)$$

式中 μ —— 摩擦系数，無名数，类似於干燥摩擦定律中摩擦力 F 与荷重 P 之比值，

$$\mu = \frac{F}{P}, \quad (7)$$

式中 v —— 摩擦面的相对速度，公尺/秒；
 h —— 油膜厚度，公尺；
 p —— 摩擦面間的壓力，公斤/公尺²；
 z —— 潤滑液的絕對粘度，公斤秒/公尺²。

絕對粘度 z ，是導入流体力学潤滑理論公式中潤滑液的主要特性。当設計新机器时，絕對粘度对軸承形式、加工技術、承担荷重量有很大影响。