



* S K N 0 0 1 5 7 4 *

Structural mechanics

Edited by

Professor A. DARKOV, D. Sc. (Eng.)

Contributing authors:

Prof. A. DARKOV D. Sc.

Prof. G. KLEIN D. Sc.

Prof. V. KUZNETSOV D. Sc.

Prof. O. LUZHIN D. Sc.

Prof. V. REKACH D. Sc.

Prof. V. SINELNIKOV D. Sc.

Prof. G. SHIPIRO D. Sc.

Translated from the Russian

by

B. LACHINOV

and

V. KISIN

THƯ VIỆN TRƯỜNG ĐHSPKT

SKN 001574

THƯ VIỆN TRƯỜNG ĐHSPKT

E 1085
+ 1015

TRƯỜNG ĐẠI HỌC
SƯ PHẠM KỸ THUẬT

1085
THƯ VIỆN

Mir Publishers • Moscow

CONTENTS

1. KINEMATIC ANALYSIS OF STRUCTURES 11
 - 1.1. Supports 11
 - 2.1. Geometrical Stability of Framed Structures 13
 - 3.1. Statically Determinate Framed Structures 19
2. BEAMS
 - 1.2. General 23
 - 2.2. Reaction Influence Lines for Simply Supported Beams with or without Overhang 27
 - 3.2. Bending Moment and Shear Influence Lines for Simply Supported Beams with or without Overhang 30
 - 4.2. Influence Lines for Simple Cantilever Beams 35
 - 5.2. Influence Lines in Cases of Indirect Load Application 36
 - 6.2. Determination of Forces and Moments with the Aid of Influence Lines 39
 - 7.2. Determination of the Most Unfavourable Position of a Load 43
 - 8.2. Determination of Maximum Moments and Forces Using Equivalent Uniform Loads 52
 - 9.2. Multispan Statically Determinate Beams 54
 - 10.2. Determination of Moments and Forces Induced by a System of Fixed Loads in Multispan Statically Determinate Beams 60
 - 11.2. Influence Lines for Multispan Statically Determinate Beams 65
 - 12.2. Bending Moments and Shearing Forces Induced by Fixed Loads in Statically Determinate Bents, Knee Frames, and Beams of Polygonal Design 69
 - 13.2. Structural Mechanics and Modern Computational Techniques 72
 - 14.2. A Summary of the Matrix Theory 73
 - 15.2. Operations with Matrices 75
 - 16.2. Application of Matrices to Beam Design 79
 - 17.2. Calculation of Statically Determinate Frames by Means of the Matrix Theory 82
3. THREE-HINGED ARCHES AND FRAMES 96
 - 1.3. Three-Hinged Systems 96
 - 2.3. Support Reactions of a Three-Hinged Arch 98
 - 3.3. Determination of Stresses in Three-Hinged Arches 104
 - 4.3. Maximum Economy Arches 114
 - 5.3. Design of Three-Hinged Arches Subjected to Moving Loads 115
 - 6.3. Core Moments and Normal Stresses in Three-Hinged Arches 124
 - 7.3. Analysis of Three-Hinged Tied Arches and Bents 126
 - 8.3. Application of the Matrix Theory to Three-Hinged Arches 130
4. THE TRUSSES 132
 - 1.4. Definitions and Classification of Trusses 132
 - 2.4. Direct Methods of Stress Determination in Members of Simple Trusses 136

-
- 3.4. Direct Method of Stress Determination in Complicated Statically Determinate Framed Structures 154
 4.4. Stress Distribution in Different Types of Trusses 157
 5.4. Analysis of Geometrical Stability of Framed Structures 161
 6.4. Influence Lines for Stresses in Simple Framed Structures 167
 7.4. Influence Lines for Stresses in Complicated Framed Structures 179
 8.4. Trusses with Subdivided Panels 181
 9.4. Thrust Developing Framed Structures 188
 10.4. Variants of Trussed Arches 195
 11.4. Application of the Matrix Theory to the Design of Trusses 203

5. SPACE FRAMEWORK 212

- 1.5. General 212
 2.5. Space Framework Supports 213
 3.5. The Formation of a Statically Determinate Space Framework 216
 4.5. Stress Analysis in Space Framework 218
 5.5. Examples of Stress Analysis in Space Framework 223

6. KINEMATIC METHOD OF INFLUENCE LINE CONSTRUCTION 227

- 1.6. General 227
 2.6. Basic Principles of the Kinematic Method 227
 3.6. Replacement of Constraints by Corresponding Forces 230
 4.6. Construction of the Displacement Graphs 233

7. STRAIN ENERGY THEORY AND GENERAL METHODS OF DISPLACEMENT COMPUTATION 235

- 1.7. General 235
 2.7. Work of External Forces 235
 3.7. Strain Energy 240
 4.7. Theorem of Reciprocal Works (Theorem of Betty) 243
 5.7. Theorem of Reciprocal Displacements (Theorem of Maxwell) 246
 6.7. Methods of Displacement Computation 247
 7.7. Temperature Strains 254
 8.7. Displacement Computation Techniques 256
 9.7. Examples of Displacement Computation Using Vereshchagin's Method 261
 10.7. Strain Energy Method of Displacement Computation 265
 11.7. The Elastic Loads Method 267
 12.7. Simplified Expression of Elastic Loads for Beams and Rigid Frames 271
 13.7. Simplified Expression of Elastic Loads for Hinge-Connected Structures 273
 14.7. Deformations of Statically Determinate Structures Caused by the Movement of Supports 277
 15.7. Deformations of a Kinematic Chain Caused by the Mutual Rotation of Two Neighbouring Links 280
 16.7. Deflections of Three-Dimensional Framed Structures 282
 17.7. Determination of Displacements in Statically Determinate Systems by Means of Matrix Algebra 286

8. ANALYSIS OF THE SIMPLER STATICALLY INDETERMINATE STRUCTURES BY THE METHOD OF FORCES 293

- 1.8. Statical Indeterminacy 293
- 2.8. Canonical Equations Dduced by the Method of Forces 297
- 3.8. Analysis of the Simpler Redundant Structures 301
- 4.8. Stresses in Redundant Structures due to Temperature Changes 313
- 5.8. Stresses in Redundant Structures Caused by the Movement of Supports 315
- 6.8. Strains and Deflections of Statically Indeterminate Structures 319
- 7.8. Diagrams for Shearing and Direct Stresses, Checking of Diagrams 322
- 8.8. The Elastic Centre Method 328
- 9.8. Influence Lines for the Simpler Redundant Structures 331
- 10.8. Computations for Statically Indeterminate Systems by Matrix Theory Techniques 339

9. ANALYSIS OF HIGHLY REDUNDANT STATICALLY INDETERMINATE SYSTEMS BY THE METHOD OF FORCES 345

- 1.9. Use of Symmetry 345
- 2.9. Grouping of the Unknowns 348
- 3.9. Symmetrical and Antisymmetrical Loading 351
- 4.9. Load Transformation 352
- 5.9. Accuracy Control of All the Terms Entering the Simultaneous Equations 355
- 6.9. Abridged Solution of Canonical Equations 358
- 7.9. Problems in Stress Analysis of Redundant Frames 361
- 8.9. Statically Indeterminate Trusses 372
- 9.9. Computation of Statically Indeterminate Structures with the Aid of Simpler Structures Redundant to a Lower Degree 376
- 10.9. Influence Line Models for Continuous Beams 379
- 11.9. Analysis of Highly Redundant Statically Indeterminate Frames by Means of the Matrix Techniques 380

10. REDUNDANT ARCHES 389

- 1.10. Definitions. Choice of the Neutral Line 389
- 2.10. Arches with Variable Cross-Sectional Dimensions 390
- 3.10. Conjugate Statically Determinate Structures Used for Stress Analysis of Fixed End Arches 392
- 4.10. Approximate Methods of Design and Analysis of Fixed End Arches 393
- 5.10. Effect of Shrinkage and Temperature Changes on Fixed End Reinforced Concrete Arches 410
- 6.10. Direct Computation of Parabolic Fixed End Arches 413
- 7.10. Two-Hinged Arches 418

11. SLOPE AND DEFLECTIONS. COMBINED AND MIXED METHODS 419

- 1.11. Choice of Unknowns 419
- 2.11. Determination of the Number of Unknowns 420
- 3.11. The Conjugate System of Redundant Beams 423
- 4.11. Canonical Equations Peculiar to the Slope and Deflections Method 431

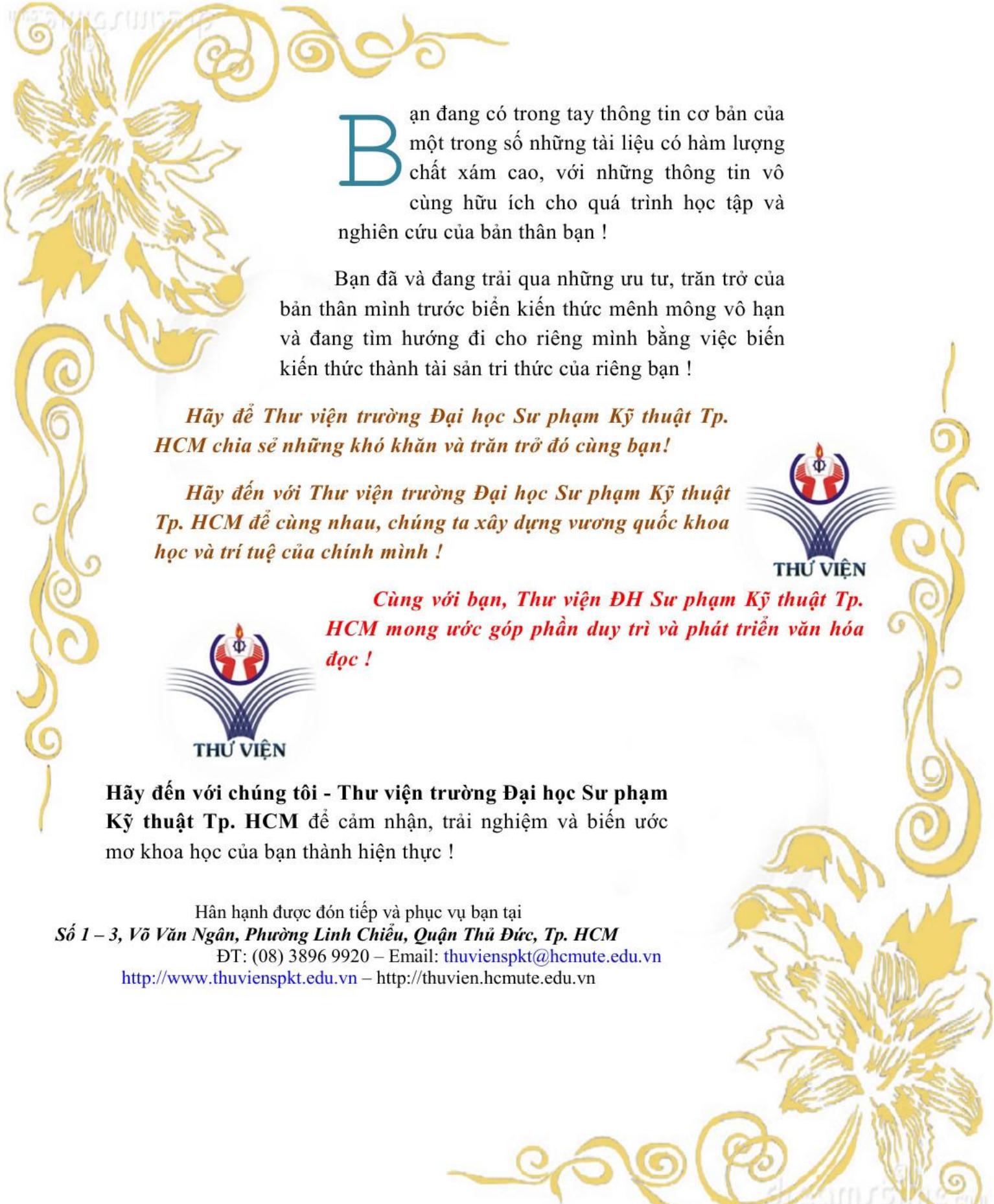
- 5.11. Statical Method of Determining the Coefficients to the Unknowns and the Free Terms 433
6.11. Determination of the Coefficients to the Unknowns and of the Free Terms by the Method of Graph Multiplication 436
7.11. Checking the Coefficients to the Unknowns and the Free Terms Pertaining to the Simultaneous Equations of the Slope and Deflections Method 439
8.11. Construction of the M , N , and Q Diagrams 441
9.11. Computation of Thermal Strains by the Slope and Deflections Method 441
10.11. Analysis of Symmetrical Structures 446
11.11. An Example of Frame Analysis by the Slope and Deflections Method 448
12.11. The Mixed Method 462
13.11. The Combined Method 466
14.11. Construction of Influence Line by the Slope and Deflections Method 468
15.11. Matrix Formulation of Frame Analysis by the Method of Displacement Computation 471
16.11. Simulation of Structural Mechanics Problems on Analog Computers 474
17.11. Electric Model of a Beam with Built-in Ends 476
18.11. General Methods of Solution on Analog Computers 479
- 12. THE FINITE ELEMENT ANALYSIS 483**
- 1.12. The Idea of the Method 483
2.12. Hinged Bar Systems 484
3.12. Plane Frames 489
4.12. The Finite Element Method in the Theory of Elasticity 493
5.12. Extremum Properties of Potential Energy. Variational Principles 494
6.12. Methods of Solution 495
7.12. Triangular Finite Element in a Plane Problem 496
8.12. Rectangular Finite Element in Plate Bending 501
9.12. Compatibility Equations 508
10.12. Example of Plate Computation by the Finite Element Method 511
- 13. STRUCTURE DESIGN BY BEARING CAPABILITY 516**
- 1.13. Fundamental Concepts 516
2.13. Single-Span Statically Indeterminate Beams 519
3.13. Continuous Beams 520
4.13. Statically Indeterminate Arches 525
5.13. Frames 527
6.13. Statically Indeterminate Trusses 530
7.13. Repeated Variable Loading 531
- 14. STABILITY OF ELASTIC SYSTEMS 534**
- 1.14. Fundamental Concepts 534
2.14. Stability of Systems Having a Finite Number of Degrees of Freedom 537
3.14. Stability of Bars and Frames 544
4.14. Stability of Arches 551
5.14. Stability in the Case of Planar Bending of a Beam 553

15. INTRODUCTION TO DYNAMICS OF HINGED SYSTEMS 555

- 1.15. Fundamental Concepts 555**
- 2.15. Free Vibrations in a System with a Single Degree of Freedom 557**
- 3.15. Forced Vibrations in a System with One Degree of Freedom in the Case of Harmonic Load 562**
- 4.15. Effect of Impulsive Perturbing Loads on Systems with a Single Degree of Freedom 565**
- 5.15. Free Vibrations in Systems with More than One Degree of Freedom 569**
- 6.15. Energy Method of Determining Eigenfrequencies of Systems 577**
- 7.15. Application of the Method of Forces to Systems with More than One Degree of Freedom 579**
- 8.15. Application of the Method of Displacement Computation to Systems with More than One Degree of Freedom 582**
- 9.15. Free Vibrations of Beams with Uniformly Distributed Mass 585**
- 10.15. Forced Vibrations of Beams with Uniformly Distributed Mass in the Case of Harmonic Load 588**
- 11.15. Dynamic Design of Frames by the Method of Forces 589**
- 12.15. Dynamic Design of Frames by the Method of Displacements Computation 590**
- 13.15. Methods of Suppressing Vibration 597**
- 14.15. Concepts of Seismic-Proof Design of Structures 599**

16. FUNDAMENTALS OF DESIGN OF THREE-DIMENSIONAL THIN-WALL STRUCTURES 601

- 1.16. Elements of Differential Geometry of Surfaces 601**
- 2.16. Zero-Moment (Membrane) Theory of Shells 606**
- 3.16. Moment Theory of Shells 616**
- 4.16. Semimoment Theory of Designing Circular Orthotropic* Cylindrical Shells of Medium Length 634**
- 5.16. Design of Shallow Shells 638**
- 6.16. Design of Prismatic Space Frames 646**
- Index 650**



Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biến kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

Hãy đến Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!

Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !



Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !



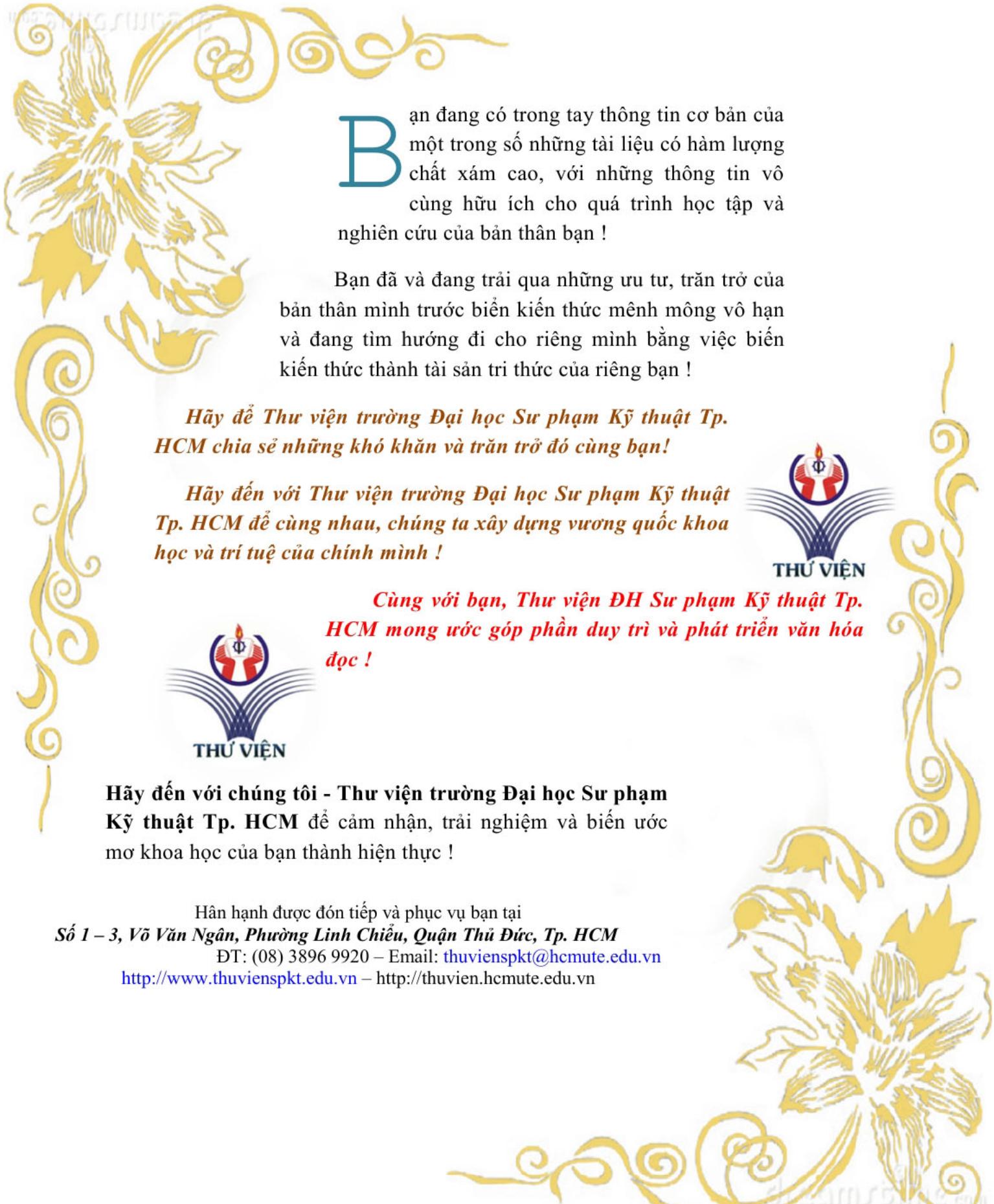
Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại
Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: thuvienspkt@hcmute.edu.vn
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>



Thông tin tài trợ!





Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biến kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

Hãy đến Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!

Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !



Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !



Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại
Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: thuvienspkt@hcmute.edu.vn
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>



Thông tin tài trợ!