



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
UNIVERSITY OF NIŠ

ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY



ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ И ЗАШТИТА

Иван Крстић

Ниш, 2026. године

Технолошки системи и заштита

Друго измењено и допуњено издање

Др Иван Крстић, ред. проф.

Издавач:

Факултет заштите на раду у Нишу

Рецензенти:

Проф. др Бранислав Анђелковић, у пензији, Факултет заштите на раду у Нишу

Проф. др Ивана Банковић Илић, Технолошки факултет у Лесковцу

За издавача:

Проф. др Срђан Глишовић

Технички уредио:

Драган Радојковић

Дизајн корица:

AvramovicDesign@yahoo.com

Штампа:

„Графика Галеб“ Ниш

Тираж:

100 примерака

CIP- Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

331.45/.46:66(075.8)

502/504:66(075.8)

КРСТИЋ, Иван М., 1972-

Технолошки системи и заштита / Иван Крстић. -
2. измењено и допуњено изд. - Ниш : Факултет
заштите на раду, 2026 (Ниш : Графика Галеб). -
242 стр. : илустр. ; 25 cm

На врху насл. стр.: Универзитет у Нишу =
University of Niš. - Ауторова слика. - Тираж 100. -
Биографија аутора: стр. [254]. - Библиографија:
стр. 240-242. - Регистар.

ISBN 978-86-6093-134-6

- а) Заштита на раду -- Индустрија
- б) Индустрија -- Животна средина

COBISS.SR-ID 197227785

1. ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ - РАДНА И ЖИВОТНА СРЕДИНА	1
1.1. Појам, карактеристике и класификација система	2
1.2. Појам технологије и технолошких система	13
1.3. Механичке операције	21
1.4. Топлотни процеси	33
1.5. Дифузиони процеси	39
2. БИЛАНСИРАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА И ЗАШТИТА РАДНЕ И ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ	51
2.1. Масени биланс технолошког система	52
2.2. Енергетски биланс технолошког система	53
2.3. Ексергетски биланс технолошког система	55
2.4. Примери билансирања технолошких система	57
3. ИЗБОР ЕЛЕМЕНАТА ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА И ЗАШТИТА РАДНЕ И ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ	75
3.1. Избор шеме технолошког процеса	76
3.2. Избор технолошке опреме	86
3.3. Избор сировина и помоћних материјала	87
3.4. Избор енергије	89
3.5. Избор локације на којој се одвија технолошки процес	90
3.6. Избор хемијских реакција у производним технолошким системима	92
4. ЗАШТИТА НА РАДУ У ТЕХНОЛОШКИМ СИСТЕМИМА	113
4.1. Опасности и штетности у технолошким системима	116
4.2. Заштита на раду у технолошким система металургије	126
4.3. Заштита на раду у технолошким система металопрерађивачке индустрије	129
4.4. Заштита на раду у технолошким системима хемијске индустрије	134
4.5. Заштита на раду у технолошким процесима производње неорганских малтерних везива	144
4.6. Заштита на раду у технолошким системима прехранбене индустрије	146
5. ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ СИСТЕМИМА	155
5.1. Врсте и узроци пожара у технолошким системима	156
5.2. Категоризација технолошких система према пожарној угрожености	160
5.3. Технолошки процеси са појавом горења чврстих материја	167
5.4. Технолошки процеси са појавом горења течних материја	170
5.5. Технолошки процеси са појавом горења гасовитих материја	172
5.6. Ризик од пожара у технолошким системима	175
5.7. Одређивање зона опасности у технолошким системима	191
5.8. Мере заштите од пожара	196
6. ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ И ЖИВОТНА СРЕДИНА	201
6.1. Загађење и заштита вода из технолошких система	208
6.2. Загађење и заштита ваздуха из технолошких система	214
6.3. Загађење и заштита земљишта из технолошких система	217
6.4. Управљање отпадом из технолошких система	219
6.5. Технолошки системи металургије и животна средина	221
6.6. Технолошки системи металопрерађивачке индустрије и животна средина	226
6.7. Технолошки системи хемијске индустрије и животна средина	230
6.8. Технолошки системи прехранбене индустрије и животна средина	238

ПРЕДГОВОР

*Супротни елементи чине склад.
Од оних елемената који су супротности,
настаје најлепша хармонија.*

Хераклит

Упркос интензивном техничко-технолошком развоју и широкој примени информационих технологија, не постоји технолошки систем који није потенцијално изложен удесним догађајима. Такви догађаји могу довести до угрожавања здравља људи, оштећења материјалних добара и деградације природних вредности. Технолошки системи металургије, хемијске и прехранбене индустрије посебно су праћени емисијом загађујућих материја, као што су штетни гасови, отпадне воде, чврсти отпад и различити облици енергетских губитака. Негативне последице ових процеса могу се испољити како у радној тако и у животној средини, утичући на људе, имовину и природне ресурсе. Стога се у публикацији „Технолошки системи и заштита“ полази од анализе основних елемената технолошких система и идентификације критичних тачака са аспекта заштите на раду, заштите од пожара и заштите животне средине. Анализа је извршена у односу на улазне (сировина, енергије, средства за рад) и излазне (карактеристичних облика отпадне материје и енергије) елементе технолошких процеса, што представља основу процене ризика.

Публикација је првенствено намењена студентима Факултета заштите на раду, као основни уџбеник предмета Технолошки системи и заштита, али се препоручује и студентима других факултета као помоћна литература на којима се разматра предметна материја.

Користим прилику да се захвалим свима који су пружили помоћ и подршку у реализацији овог уџбеника. Велику захвалност дугујем студентима који су својим интересовањем за наставу били снажан подстицај да истрајем у раду на овом пројекту. Такође, посебно се захваљујем својим претходницима на овом предмету, проф. др Браниславу Николићу и проф. др Браниславу Анђелковићу, чији су рад и искуство представљали значајну подршку и инспирацију.

Проф. др Иван Крстић

1.

ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ - РАДНА И ЖИВОТНА СРЕДИНА

TECHNOLOGICAL SYSTEMS - WORKING AND LIVING ENVIRONMENT

Циљ поглавља: Упознавање са појмовима система, технологије и технолошких система, као и са механичким операцијама и топлотним и дифузионим процесима који су саставни део технолошких система и омогућавају њихову реализацију.

Резиме поглавља: У поглављу су приказани појам и карактеристике система, технологије и технолошких система. Обрађене су механичке операције, топлотни и дифузионни процеси, са освртом на њихове принципе и примену у технолошким системима. Разумевање ових операција и процеса омогућава сагледавање начина функционисања технолошких система, њихове ефикасности, потенцијалних ризика по безбедност и здравље на раду, могућност настанка пожара и експлозија, као и утицаја на животну средину. Усвојена знања представљају основу за изучавање сложенијих технолошких процеса и система.

The aim of the chapter: To introduce the concepts of systems, technology, and technological systems, as well as mechanical operations and thermal and diffusion processes that constitute integral components of technological systems and enable their operation.

Summary: This chapter presents the concepts and characteristics of systems, technology, and technological systems. It discusses mechanical operations, thermal processes, and diffusion processes, with an emphasis on their principles and applications in technological systems. Understanding these operations and processes provides a basis for analyzing the functioning and efficiency of technological systems, identifying potential occupational safety and health hazards, recognizing the conditions that may lead to fire and explosions, and assessing their impact on the environment. The knowledge acquired in this chapter provides the foundation for the study of more advanced technological processes and systems.

2.

БИЛАНСИРАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА И ЗАШТИТА РАДНЕ И ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

BALANCING TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND WORKING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Циљ поглавља: Стицање знања о методолошким принципима билансирања масених, енергетских и ексергетских токова којима се поставља основ анализе ризика технолошких система.

Резиме поглавља: У овом поглављу дати су масени, енергетски и ексергетски биланси, који представљају полазну основу анализе енергетских, економских и еколошких карактеристика технолошких система. На карактеристичним примерима објашњени су поступци билансирања, уз посебан нагласак да се минимизирањем масених, енергетских и ексергетских губитака смањује ризика угрожавања и утицаја на промене стања радне и животне средине.

The aim of the chapter: To acquire knowledge about the methodological principles of balancing mass, energy and exergy flows which are the basis for the risk analysis in technological systems.

Summary: This chapter provides an overview of mass, energy and exergy balances, which are the starting point for analyzing energy, economic and ecological properties of technological systems. The given examples describe the balancing procedures, emphasizing the fact that the minimization of mass, energy and exergy losses can reduce the risk of hazards and the impact on the changes in the working and living environment.

3.

ИЗБОР ЕЛЕМЕНАТА ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА И ЗАШТИТА РАДНЕ И ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

THE CHOICE OF THE ELEMENTS OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS SIGNIFICANT AND WORKING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Циљ поглавља: Стицање знања о улазним и излазним елементима технолошких система у циљу процене ризика на промене у систему радне и животне средине.

Резиме поглавља: У овом поглављу разматран је избор шеме технолошког процеса, технолошке опреме, сировина, помоћних материјала, енергије и локације на којој се одвија технолошки процес, као улазних и добијања готових и настајање споредних производа, као излазних елемената технолошких система. Извршен је избор хемијских реакција у производним технолошким системима (оксидација, редукција, неутрализација, хидролиза, електролиза, полимеризација, ферментација и др.), у циљу представљања и анализе функционисања технолошких система и утицаја на радну и животну средину.

The aim of the chapter: To acquire knowledge about input and output elements of technological systems in order to assess the risks which occur as a result of changes in the working and living environment system.

Summary: This chapter discusses the selection of the technology process flow diagram, technological equipment, raw materials, auxiliary materials, energy and location where a technological process takes place, as well as the inputs, the production of finished products and by-products, and the outputs of technological systems. A selection of chemical reactions in manufacturing technology systems (oxidation, reduction, neutralization, hydrolysis, electrolysis, polymerization, fermentation, etc.) was made in order to present and analyze the functioning of technological systems and their impact on the working and living environment.

4.

ЗАШТИТА НА РАДУ У ТЕХНОЛОШКИМ СИСТЕМИМА

OCCUPATIONAL SAFETY IN TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Циљ поглавља: Стицање знања о основним елементима система безбедности и здравља на раду у технолошким системима.

Резиме поглавља: У овом поглављу дефинисани су основни елементи система заштите на раду у технолошким системима, а након тога за специфичне технолошке процесе металургије, хемијске, металопрерађивачке и прехранбене индустрије утврђене опасности и штетности на радном месту и у радној средини, као основ за анализу и процену професионалног ризика.

The aim of the chapter: To acquire knowledge about the fundamentals of occupational safety and health system in technological systems.

Summary: This chapter defines the essential elements of occupational safety and health system in technological systems, and continues by illustrating specific workplace hazards and threats in the working environment related to technological processes in metallurgical, metalworking, chemical and food industry, which is a basis for professional risk analysis and assessment.

5.

ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ СИСТЕМИМА

FIRE PROTECTION IN TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Циљ поглавља: Стицање знања о врстама и узроцима пожара, категоризација пожара према пожарној угрожености, као и мерама заштите од пожара у технолошким системима.

Резиме поглавља: У овом поглављу извршена је анализа ризика настанка пожара и експлозија у технолошким системима код којих најчешће долази до акцидентних ситуација. Посебна пажња је дата одређивању зона опасности и категоризацији технолошких система према пожарној угрожености, као и мерама заштите у циљу смањења ризика од пожара.

The aim of the chapter: To acquire knowledge about the types and causes of fire, fire classification depending on fire hazards, as well as about the fire protection measures in technological systems.

Summary: This chapter analyzes the risk of fires and explosions in technological systems which are most frequent causes of accidents. Particular attention has been given to the determination of danger zones and categorization of technological systems depending on fire risk, as well as to safety measures for reducing the risk of fire.

6.

ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ И ЖИВОТНА СРЕДИНА

TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND LIVING ENVIRONMENT

Циљ поглавља: Стицање знања о основним последицама и утицају технолошких система на животну средину.

Резиме поглавља: У овом поглављу извршена је анализа и одређивање критичних места одређених технолошких процеса металургије, металоправаљачке индустрије, хемијске индустрије и прехранбене индустрије с обзиром на минимизацију отпадних материја и ослобођене енергије, односно спречавања деградације и угрожавања животне средине.

The aim of the chapter: To acquire knowledge about the basic consequences and the impact of technological systems on the environment.

Summary: This chapter analyzes and determines the critical locations of certain technological processes in metallurgical, metalworking, chemical and food industry with regards to the minimization of waste materials and released energy, i.e. the prevention of environmental degradation and damage.

Биографија



Иван М. Крстић је рођен 1972. године у Нишу. Технолошки факултет у Лесковцу, смер Хемијско и биохемијско инжењерство, завршио је 1997. године. Магистрирао је 2003. године на Факултету заштите на раду у Нишу, где је и докторирао 2010. године (назив докторске дисертације: „Модели за системску анализу ризика технолошких система“). У звање редовни професор, за ужу научну област Безбедност и ризик система, изабран је 2020.

године. Био је продекан за квалитет и издавачку делатност Факултета заштите на раду у Нишу у два мандата и члан Комисије за обезбеђење квалитета Универзитета у Нишу. Члан је радне групе за припрему Стратегије безбедности и здравља на раду у Републици Србији и акционог плана за спровођење Стратегије безбедности и здравља на раду у Републици Србији и члан радне групе за израду Закона о безбедности и здравља на раду. Ангажован је од стране акционарског друштва „КВАЛИТЕТ“ Ниш као водећи проверавач система управљања квалитетом, заштитом животне средине и заштитом здравља и безбедношћу на раду. Поседује сертификат *International Environmental and Occupational Health Management Systems - Michigan State University*; сертификат ERCA за QMS водеће провераваче према ISO 9001:2015; сертификат ERCA за EMS водеће провераваче према ISO 14001:2015; сертификат ERCA за ОН&S водеће провераваче према ISO 45001:2018; сертификат SIQ-a за водеће провераваче система управљања заштитом здравља и безбедношћу на раду према BS OHSAS 18001; сертификат ERCA за интерног проверавача за компетентност лабораторија за испитивање и лабораторија за еталонирање према ISO/IEC 17025; Уверење о положеном испиту за саветника за хемикалије; Уверење о положеном стручном испиту из области заштите од пожара. Учесник је више пројеката Министарства науке и заштита животне средине за истраживања у области технолошког развоја и енергетске ефикасности. Усавршавао се у Републици Словенији на Институту Јожеф Стефан из области професионалног ризика, ризика технолошких система и заштите животне средине. Написао је више од 200 научних и стручних радова и учествовао у изради више елабората из области инжењерства заштите на раду, заштите животне средине и заштите од пожара. Више пута је био председник и члан програмских и организационих одбора научних и стручних скупова, редакцијских одбора, као и Секретар Првог конгреса медицине рада и заштите на раду Србије и Црне Горе. Оснивач је часописа *Safety Engineering*. Члан је председништва Европске асоцијације заштите на раду. Члан је редакцијског колегијума часописа Заштита у пракси. Добио је захвалницу у знак признања за изузетне резултате и заслуге у остваривању циљева и задатака Савеза инжењера и техничара Србије. Отац је троје деце.