



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
UNIVERSITY OF NIŠ

ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY



ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ ПРОЦЕСИМА

Бранислав Анђелковић

Иван Крстић

Ана Стојковић

Ниш, 2026. године

Заштита од пожара у технолошким процесима

Прво издање

Др Бранислав Анђелковић, ред. проф. у пензији

Др Иван Крстић, ред. проф.

Др Ана Стојковић, доцент

Издавач:

Факултет заштите на раду у Нишу

Рецензенти:

Проф. др Татјана Голубовић, Факултет заштите на раду у Нишу

Проф. др Дарко Зигар, Факултет заштите на раду у Нишу

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

614.84(075.8)

АНЂЕЛКОВИЋ, Бранислав, 1950-

Заштита од пожара у технолошким процесима /
Бранислав Анђелковић, Иван Крстић, Ана Стојковић.

- 1. изд. - Ниш : Факултет заштите на раду, 2026
(Ниш : Графика Галеб). - 231 стр. : илустр. ; 24 cm

На врху насл. стр.: Универзитет у Нишу. - Сlike
аутора. - Тираж 100. -

Биографија аутора: стр. [238]. - Библиографија: стр.
229-231. - Регистар.

ISBN 978-86-6093-133-9

1. Крстић, Иван М., 1972- [autor] 2. Стојковић, Ана,
1989- [autor]

а) Заштита од пожара

COBISS.SR-ID 196920073

1. Основни појмови - технолошки процеси, пожари и експлозије	1
1.1. Појам технолошког процеса	1
1.2. Појам горења и пожара	12
1.3. Категоризација технолошких система угрожености од пожара	25
2. Технолошки процеси - горење материја у зависности од агрегатног стања	45
2.1. Технолошки процеси са појавом горења чврстих материја	45
2.2. Технолошки процеси са појавом горења течних материја	52
2.3. Технолошки процеси са појавом горења гасовитих материја	58
3. Заштита од пожара у технолошким процесима производње и прераде угља и металургије	65
3.1. Заштита од пожара у технолошком процесу производње и прераде угља	65
3.2. Заштита од пожара у технолошком процесу металургије	73
3.2.1. Заштита од пожара при експлоатацији руда метала	75
3.2.2. Заштита од пожара при складиштењу руда метала	81
3.2.3. Заштита од пожара при уситњавању руда	84
3.2.4. Заштита од пожара при агломерацији руда	89
3.2.5. Заштита од пожара при флотацији	95
3.2.6. Заштита од пожара при пржењу руда	97
3.2.7. Заштита од пожара при добијању метала	99
3.2.8. Заштита од пожара при рафинацији метала	101
3.2.9. Заштита од пожара при ливењу	102
4. Заштита од пожара у технолошким процесима металопрерађивачке индустрије	105
4.1. Заштита од пожара при механичкој обради и заваривању метала	105
4.2. Заштита од пожара при термичкој и термохемијској обради метала	114
4.3. Заштита од пожара при процесу одмашћивања	120
4.4. Заштита од пожара при процесу нагризања	127
4.5. Заштита од пожара при процесу галванизације	128
4.6. Заштита од пожара при наношењу премазних средстава	130
5. Заштита од пожара у технолошким процесима хемијске индустрије	141
5.1. Заштита од пожара у технолошким процесима неорганске хемијске индустрије	141
5.1.1. Заштита од пожара у технолошком процесу производње кисеоника	142
5.1.2. Заштита од пожара у технолошком процесу производње водоника	145
5.1.3. Заштита од пожара у технолошком процесу производње азота	148
5.1.4. Заштита од пожара у технолошком процесу производње угљендиоксида	149

5.1.5. Заштита од пожара у технолошком процесу производње амонијака	150
5.1.6. Заштита од пожара у технолошким процесима производње киселина . . .	151
5.1.7. Заштита од пожара у технолошком процесу производње вештачких ђубрива	152
5.2. Заштита од пожара у технолошким процесима органске хемијске индустрије	154
5.2.1. Заштита од пожара у технолошком процесу производње боје и лакова . .	154
5.2.2. Заштита од пожара у технолошком процесу производње гуме	159
5.2.3. Заштита од пожара у технолошком процесу производње пластичних маса	163
5.3. Заштита од пожара у технолошком процесу прераде нафте и нафтних деривата	167
5.3.1. Заштита од пожара у технолошким процесима петрохемијске индустрије	170
5.3.2. Заштита од пожара у технолошком процесу производње ТНГ-а	175
5.4. Заштита од пожара у технолошком процесу фармацеутске индустрије	178
6. Заштита од пожара у технолошким процесима осталих индустрија	181
6.1. Заштита од пожара у дрвно-прерађивачкој индустрији	181
6.2. Заштита од пожара у технолошком процесу производње целулозе и папира	185
6.3. Заштита од пожара у текстилној индустрији	190
6.4. Заштита од пожара у прехрамбеној индустрији	194
6.4.1. Заштита од пожара у технолошком процесу производње хлеба	194
6.4.2. Заштита од пожара у технолошком процесу производње масти и уља . . .	196
6.4.3. Заштита од пожара у технолошком процесу производње шећера.	197
6.4.4. Заштита од пожара у технолошком процесу производње алкохолних напитака	198
6.4.5. Заштита од пожара у технолошком процесу производње дувана	199
7. Одређивање зона опасности у технолошким процесима	201
7.1. Извори опасности	203
7.2. Параметри који утичу на настајање угроженог простора	208
7.3. Одређивање зона опасности запаљивих гасова и пара на примеру течног нафтног гаса	216
7.4. Одређивање зона опасности запаљивих прашина на примеру силоса	223
Литература	229

ПРЕДГОВОР

Уџбеник „Заштита од пожара у технолошким процесима“ намењен је студентима мастер академских студија на студијском програму Инжењерство заштите од пожара, са циљем да унапреди и продуби њихова знања о међусобној повезаности технолошких процеса и ризика од настанка пожара и експлозија.

Савремени индустријски системи одликују се великом сложености, високим енергетским потенцијалом и употребом запаљивих и реактивних материја, што захтева интегрисан инжењерски приступ идентификацији опасности, анализи пожарних ризика и примени мера заштите. У уџбенику су систематски обрађени аспекти технолошких процеса са становишта заштите од пожара, укључујући основе и класификацију технолошких процеса, анализу опасности у различитим фазама производње, карактеристике горивих материја и механизме сагоревања, као и системе активне и пасивне заштите. Посебна пажња посвећена је законодавном и нормативном оквиру, примени инжењерских метода и примерима добре праксе у управљању пожарним ризицима.

Циљ уџбеника је да студентима омогући развој аналитичког и критичког приступа, као и да их оспособи за самосталну примену стечених знања у пракси кроз пројектовање и унапређење система заштите од пожара у сложеним технолошким процесима.

Изражавамо захвалност свима који су допринели настанку овог уџбеника, а посебно студентима чије су интересовање и посвећеност представљали снажан подстицај за његову реализацију.

Уџбеник посвећујемо проф. др Браниславу Николићу, у знак сећања на његов немерљив допринос развоју струке и образовању инжењера заштите од пожара.

проф. др Бранислав Анђелковић

проф. др Иван Крстић

др Ана Стојковић, доцент

1.

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ - ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕСИ, ПОЖАРИ И ЕКСПЛОЗИЈЕ

FUNDAMENTAL CONCEPTS - TECHNOLOGICAL PROCESSES, FIRES AND EXPLOSIONS

Циљ поглавља: Стицање знања о основним појмовима технолошких процеса, механизма горења и настанка пожара, као и принципа категоризације технолошких система према степену угрожености од пожара.

Резиме поглавља: У овом поглављу се обрађују основни појмови технолошких процеса, механизма горења и настанка пожара, као и критеријуми за процену угрожености технолошких система. Посебан акценат стављен је на разјашњавању међусобне повезаности процесних параметара и услова који доводе до настанка пожара и експлозија. Сечена знања представљају основу за даљу анализу пожарних ризика и дефинисање мера заштите од пожара у сложеним технолошким процесима.

The aim of the chapter: Acquiring knowledge of the fundamental concepts of technological processes, the mechanisms of combustion and fire development, as well as the principles of categorization of technological systems according to the level of fire risk.

Summary: This chapter addresses the fundamental concepts of technological processes, combustion mechanisms and fire development, as well as the criteria for assessing the fire vulnerability of technological systems. Particular emphasis is placed on understanding the interrelationship between process parameters and the conditions that lead to the occurrence of fires and explosions. The acquired knowledge provides a foundation for further analysis of fire risks and the definition of fire protection measures in complex technological processes and the impact on the changes in the working and living environment.

2.

ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕСИ - ГОРЕЊЕ МАТЕРИЈА У ЗАВИСНОСТИ ОД АГРЕГАТНОГ СТАЊА

TECHNOLOGICAL PROCESSES - COMBUSTION OF MATERIALS ACCORDING TO THEIR PHYSICAL STATE

Циљ поглавља: Стицање знања о специфичностима технолошких процеса у којима долази до горења чврстих, течних и гасовитих материја, као и разлика у механизмима настанка и развоја пожара у зависности од агрегатног стања запаљиве материје.

Резиме поглавља: У оквиру овог поглавља анализирају се технолошки процеси у којима се јавља горење чврстих, течних и гасовитих материја, указујући на карактеристичне механизме паљења, развоја и ширења пожара за сваку групу материја. Посебна пажња посвећена је физичко-хемијским својствима материја и процесним условима који утичу на динамику горења. Разумевање ових разлика представља основу за адекватну процену пожарних ризика и избор одговарајућих мера заштите од пожара у различитим технолошким системима.

The aim of the chapter: Acquiring knowledge of the specific characteristics of technological processes in which the combustion of solid, liquid, and gaseous substances occurs, as well as the differences in the mechanisms of fire initiation and development depending on the physical state of the combustible material.

Summary: This chapter analyzes technological processes in which the combustion of solid, liquid, and gaseous materials occurs, highlighting the characteristic mechanisms of ignition, fire development, and fire spread for each group of materials. Particular attention is given to the physicochemical properties of materials and the process conditions that influence combustion dynamics. Understanding these differences provides a basis for an adequate assessment of fire risks and the selection of appropriate fire protection measures in various technological systems.

3.

ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ ПРОЦЕСИМА ПРОИЗВОДЊЕ И ПРЕРАДЕ УГЉА И МЕТАЛУРГИЈЕ

FIRE PROTECTION IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF COAL PRODUCTION, COAL PROCESSING, AND METALLURGY

Циљ поглавља: С тицање знања о карактеристикама пожарних и експлозивних ризика у технолошким процесима производње и прераде угља и у појединачним фазама металуршке производње, као и примену адекватних техничких и организационих мера заштите од пожара у овим високоризичним индустријским системима.

Резиме поглавља: У поглављу се анализирају опасности и мере заштите од пожара у технолошким процесима производње и прераде угља, као и у различитим фазама металуршке индустрије - од експлоатације и складиштења руда, преко њихове припреме и термичке обраде, до добијања, рафинације и ливења метала. Анализирају се карактеристични извори опасности, процесни параметри и услови који доприносе настанку пожара и експлозија, уз посебан осврт на специфичности рада са запаљивим прашинама и гасовима (посебно метаном), високим температурама и реактивним материјама запаљивом.

The aim of the chapter: Acquiring knowledge of the characteristics of fire and explosion risks in technological processes involving coal production and processing, as well as in specific stages of metallurgical production, and the application of appropriate technical and organizational fire protection measures in these high-risk industrial systems.

Summary: This chapter analyzes fire hazards and fire protection measures in technological processes of coal production and processing, as well as in various phases of the metallurgical industry-from ore extraction and storage, through preparation and thermal treatment, to metal production, refining, and casting. It examines characteristic sources of hazards, process parameters, and conditions that contribute to the occurrence of fires and explosions, with particular emphasis on the specific risks associated with combustible dust and methane, high temperatures, and reactive materials.

4.

ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ ПРОЦЕСИМА МЕТАЛОПРЕРАЂИВАЧКЕ ИНДУСТРИЈЕ

FIRE PROTECTION IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE METALWORKING INDUSTRY

Циљ поглавља: Стицање знања о пожарни ризицима у технолошким процесима металопредајивачке индустрије, као и примена адекватних мера заштите у процесима механичке и термичке обраде метала и наношења премазних средстава.

Резиме поглавља: У оквиру овог поглавља обрађују се специфичности заштите од пожара у металопредајивачкој индустрији, са посебним освртом на механичку обраду и заваривање, термичке и термохемијске поступке, као и процесе одмашћивања, нагризања, галванизације и наношења премазних средстава. Анализирају се карактеристични извори паљења, присуство запаљивих материја, опасности од варница, високих температура и испарења, као и услови који могу довести до пожара и експлозија. Сечена знања омогућавају дефинисање ефикасних мера заштите у сложеним производним условима металопредајивачких погона.

The aim of the chapter: Acquiring knowledge of fire risks in technological processes within the metal-processing industry, as well as the application of appropriate protective measures in mechanical and thermal metal treatment processes and in coating application procedures.

Summary: This chapter addresses the specific features of fire protection in the metalworking industry, with particular emphasis on mechanical processing and welding, thermal and thermochemical treatments, as well as degreasing, pickling, galvanizing, and coating application processes. It analyzes characteristic ignition sources, the presence of flammable materials, hazards related to sparks, high temperatures, and vapors, as well as the conditions that may lead to fires and explosions. The acquired knowledge enables the definition of effective protection measures in complex production environments of metalworking facilities.

5.

ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ ПРОЦЕСИМА ХЕМИЈСКЕ ИНДУСТРИЈЕ

FIRE PROTECTION IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE CHEMICAL INDUSTRY

Циљ поглавља: Стицање знања о ризицима од пожара и експлозија у технолошким процесима хемијске индустрије, укључујући неорганску и органску производњу, прераду нафте и фармацеутску индустрију, као и примена системских техничких и организационих мера заштите у условима повећане опасности од пожара и експлозија.

Резиме поглавља: У овом поглављу анализирају се специфичности заштите од пожара у технолошким процесима неорганске и органске хемијске индустрије, са посебним освртом на производњу индустријских гасова, амонијака, киселина и ђубрива, као и производњу боја, лакова, гуме и пластичних маса. Посебна пажња посвећена је процесима прераде нафте и нафтних деривата, петрохемијској производњи, ТНГ систему и фармацеутској индустрији, где су присутни запаљиви гасови, испарења, реактивне и нестабилне материје. Анализирају се карактеристични извори паљења, процесни параметри, услови за формирање експлозивних атмосфера и специфични индустријски сценарији удеса, чиме се поставља основа за интегрално управљање пожарним ризицима.

The aim of the chapter: Acquiring knowledge of fire and explosion risks in technological processes within the chemical industry, including inorganic and organic production, petroleum refining, and the pharmaceutical industry, as well as the application of systematic technical and organizational protection measures under conditions of increased fire and explosion hazards.

Summary: This chapter analyzes the specific features of fire protection in technological processes of the inorganic and organic chemical industries, with particular emphasis on the production of industrial gases, ammonia, acids, and fertilizers, as well as the manufacture of paints, varnishes, rubber, and plastics. Special attention is given to petroleum refining processes, petrochemical production, LPG systems, and the pharmaceutical industry, where flammable gases, vapors, reactive, and unstable substances are present. The chapter examines characteristic ignition sources, process parameters, conditions for the formation of explosive atmospheres, and specific industrial accident scenarios, thereby establishing a foundation for integrated fire risk management in chemical plants.

6.

ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА У ТЕХНОЛОШКИМ ПРОЦЕСИМА ОСТАЛИХ ИНДУСТРИЈА

FIRE PROTECTION IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF OTHER INDUSTRIES

Циљ поглавља: Стицање знања о карактеристикама специфичних пожарних и експлозивних ризика у технолошким процесима дрвно-прерађивачке, текстилне, прехранбене индустрије и индустрије целулозе и папира, као и примену адекватних мера заштите у условима присуства запаљивих прашина, гасова и органских материја.

Резиме поглавља: У оквиру поглавља анализирају се карактеристични извори опасности и мере заштите од пожара и експлозија у технолошким процесима више индустријских сектора. Посебна пажња посвећена је ризицима од експлозије прашине у дрвној, текстилној и прехранбеној индустрији, као и специфичностима процеса производње целулозе, папира, хлеба, масти и уља, шећера, алкохолних напитака и дувана. Разматрају се услови за формирање запаљивих и експлозивних смеша, карактеристични извори паљења и техничко-организационе мере превенције, чиме се омогућава интегрални приступ управљању пожарним ризицима у различитим производним системима.

The aim of the chapter: Acquiring knowledge of the characteristics of specific fire and explosion risks in technological processes within the wood-processing, textile, food, and pulp and paper industries, as well as the application of appropriate protective measures in conditions involving the presence of combustible dusts, gases, and organic materials.

Summary: This chapter analyzes characteristic hazard sources and fire and explosion protection measures in technological processes across several industrial sectors. Particular attention is given to the risks of dust explosions in the wood, textile, and food industries, as well as to the specific features of cellulose and paper production, and the manufacturing of bread, fats and oils, sugar, alcoholic beverages, and tobacco. The chapter examines the conditions for the formation of flammable and explosive mixtures, typical ignition sources, and technical and organizational preventive measures, thereby enabling an integrated approach to fire risk management in various production systems.

7.

ОДРЕЂИВАЊЕ ЗОНА ОПАСНОСТИ У ТЕХНОЛОШКИМ ПРОЦЕСИМА

CLASSIFICATION AND DETERMINATION OF HAZARDOUS ZONES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

Циљ поглавља: Стицање знања и вештина неопходних за идентификацију извора и одређивање зона опасности у технолошким процесима, на основу анализе процесних параметара, физичко-хемијских својстава материја и услова који утичу на формирање експлозивних атмосфера.

Резиме поглавља: У поглављу се разматра методологија одређивања зона опасности у технолошким процесима, са посебним освртом на изворе опасности и параметре који утичу на формирање угроженог простора. Анализирају се критеријуми за класификацију зона присуства запаљивих гасова, пара и прашина, уз практичне примере одређивања зона опасности у систему течног нафтног гаса и у силосима са запаљивом прашином. Посебан акценат стављен је на примени нормативних и техничких захтева у дефинисању граница зона опасности.

The aim of the chapter: Acquiring the knowledge and skills necessary for the identification of hazard sources and the determination of hazardous zones in technological processes, based on the analysis of process parameters, the physicochemical properties of substances, and the conditions influencing the formation of explosive atmospheres.

Summary: This chapter examines the methodology for determining hazardous zones in technological processes, with particular emphasis on hazard sources and the parameters affecting the formation of hazardous areas. It analyzes the criteria for classifying zones where flammable gases, vapors, and dusts may be present, supported by practical examples of hazardous zone determination in liquefied petroleum gas (LPG) systems and in silos containing combustible dust. Special emphasis is placed on the application of regulatory and technical requirements in defining the boundaries of hazardous zones.

БИОГРАФИЈА АУТОРА



Бранислав М. Анђелковић је рођен 1950. године у Грабовници код Куршумлије. Факултет заштите на раду у Нишу завршио је 1974. године. Магистрирао је 1981. године на Факултету заштите на раду у Нишу, где је и докторирао 1990. године (назив докторске дисертације: „Комплексна оцена у технолошким системима као основа за пројектовање оптималне заштите радне средине“). У звање редовног професора за ужу научну област Безбедност и ризик система изабран је 2002. године. Био је председник Југословенског савеза инжењера и техничара заштите на раду, заштите од пожара и заштите животне средине, члан главног одбора Савеза инжењера и техничара Југославије и Србије. Написао је велики број стручних и научних радова из области заштите од пожара.



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: „Модел 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. Добио је захвалницу у знак признања за изузетне резултате и заслуге у остваривању циљева и задатака Савеза инжењера и техничара Србије.



Ана С. Стојковић је рођена 1989. године у Нишу. Факултет заштите на раду у Нишу, смер Инжењерство заштите радне и животне средине, завршила је 2013. године. Мастер академске студије смер Инжењерство заштите на раду завршила је 2015. године на Факултету заштите на раду у Нишу, где је и докторирала 2024. године (назив докторске дисертације: „Развој поступка стабилизације токсичних метала из технолошког процеса галванизације“). У звање доцент, за ужу научну област Безбедност и ризик система, изабрана је 2024. године. Поседује Лиценцу за обављање послова саветника за безбедност и здравље на раду, Уверење о положеном стручном испиту из области заштите од пожара и Лиценцу за израду процене ризика од катастрофа и плана заштите и спасавања.